

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İZMİR İÇMESUYU ANA DAĞITIM SİSTEMİNİ**  
**BESLEYEN KUYULARIN HİDROLİK VE**  
**HİDROLOJİK ÖZELLİKLERİ BAKIMINDAN**  
**İNCELENMESİ**

**Yeter ERTEN**

**Ekim, 2011**  
**İZMİR**

**İZMİR İÇMESUYU ANA DAĞITIM SİSTEMİNİ  
BESLEYEN KUYULARIN HİDROLİK VE  
HİDROLOJİK ÖZELLİKLERİ BAKIMINDAN  
İNCELENMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

**İnşaat Mühendisliği Bölümü**

**Hidrolik - Hidroloji ve Su Kaynakları Ana Bilim Dalı**

**Yeter ERTEN**

**Ekim, 2011**

**İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Yeter ERTEN, tarafından Yrd. Doç. Dr. Ahmet ALKAN yönetiminde hazırlanan “İZMİR İÇMESUYU DAĞITIM SİSTEMİNİ BESLEYEN KUYULARIN HİDROLİK VE HİDROLOJİK ÖZELLİKLERİ BAKIMINDAN İNCELENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.




Yrd. Doç. Dr. Ahmet ALKAN

Yönetici



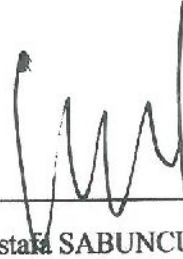
Doç. Dr. Birol KAYA

Jüri Üyesi



Doç. Dr. Celalettin ŞİMŞEK

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Bu tezin tasarlanıp hazırlanmasında, değerli fikirleri ve yönlendirmeleri ile bilgi tecrübe ve desteklerini benden esirgemeyen proje yöneticim sayın Yrd. Doç. Ahmet ALKAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ders ve tez aşamam boyunca bilgi ve tecrübeleriyle yüksek lisans öğrenimime katkı sağlayan çok değerli Dokuz Eylül İnşaat Mühendisliği Bölümü hocalarıma şükranlarımı sunarım.

Yüksek lisans öğrenimine teşvik ve desteklerinden dolayı kurumum İZSU'nun Genel Müdürü Dr. Ahmet Hamdi ALPASLAN'a, araştırma ve çalışmalarım da bana destek veren kurumumun İZSU İşletme ve Genel Müdürlükteki değerli yöneticilerine teşekkürü borç bilirim.

Hidrolojik veri ve yapılmış çalışmalara ilişkin raporları sağlamamda her türlü kolaylığı sağlayan DSİ II. Bölge Müdürlüğü yönetici ve çalışanlarına çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında bilgi ve tecrübelerini, yardımlarını ve desteklerini benden esirgemeyen değerli mesai arkadaşlarım Enes KARA, Gülgün K. KOCAMIŞ, Emel SÖYLEMEZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm yaşantım boyunca beni destekleyip teşvik eden babam Aydın ERTEN'e, kardeşim Dr. Yasemin ERTEN KAYA'ya ve tüm aile fertlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamı, çok değerli aileme ve özellikle annem merhum Gülten ERTEN'e atfediyorum.

Yeter ERTEN

# İZMİR İÇMESUYU ANA DAĞITIM SİSTEMİNİ BESLEYEN KUYULARIN HİDROLİK VE HİDROLOJİK ÖZELLİKLERİ BAKIMINDAN İNCELENMESİ

## ÖZ

İzmir Kentine temin edilen su yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarından oluşmaktadır. Ana dağıtım sistemini besleyen dört ana yeraltısuyu kaynakları; Manisa İli Akhisar İlçesi yakınlarındaki Sarıkız, Manisa İli Muradiye kasabası yakınlarındaki Göksu, İzmir Menemen İlçesindeki Menemen-Çavuşköy ve kent merkezinde bulunan Halkapınar-Çamdibi bölgelerinde açılmış kuyulardır.

Bu kaynakların geniş bir alana yayılmış olması, farklı jeolojik, hidrojeolojik özellikleri nedeniyle kaynakların emniyetli verimlerinin dikkate alınarak işletilmesini gerektirmektedir. Kente temin edilen suyun % 60'ının yeraltı kaynaklarından sağlandığı düşünüldüğünde günümüzde ortaya çıkan küresel ısınmada bu kaynakların önemi bir kat daha arttırmıştır

Çalışma alanı içerisinde Devlet Meteoroloji İşleri'ne (DMİ) ait yağış değerlerine göre ortalama yağıştan eklenik sapma grafikleri hazırlanarak yağış dönemleri belirlenmiştir. Yıllara göre yağış-yeraltı su seviyeleri ve üretim değerleri birbirleriyle kıyaslanarak aralarındaki ilişki araştırılmıştır. Akiferlerin özelliklerine göre yağışların yeraltına süzülme miktarı ve üretim değerleri dikkate alınarak yıllık işletme rezerv miktarları hesaplanmıştır. Su bilançosu ve buharlaşma değerleri Thornthwaite yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Sarıkız ve Göksu kaynaklarına ait daha düzenli kuyu rasatları elde edilebildiğinden boşalım katsayıları hesaplanarak akifer tipi tespit edilmiştir. Sarıkız kaynaklarının transmisibilite ve depolama katsayısı değerleri belirlenerek Theis metoduna göre yıllık düşüm miktarları hesaplanmış ve etki yarıçapları bulunmuştur.

**Anahtar sözcükler:** Akifer, kuyu logu, boşalım katsayısı, kuyu rasatları, su bilançosu, depolama katsayısı.

# THE ASSESMENT OF HYDRAULIC AND HYDROLOGIC CHARACTERISTICS OF WELLS IZMIR MAIN WATER DISTRIBUTION SYSTEM

## ABSTRACT

The water supplied to the city of Izmir is composed of the source of ground and surface water. Four main sources of ground water that feeds the main distribution system are the drilled wells; Sarıkız near the town of Akhisar in the city of Manisa, Göksu near the town of Muradiye in the city of Manisa, Menemen-Çavuşköy near the town of Menemen in the city of Izmir and Halkapınar-Çamdibi in Izmir.

These sources have to operated with taking safely yield into account because of the different geological, hydrogeological characteristics of sources to be spread over a wide area. Today, the importance of water sources has increased still more in global warming when considering the 60 % of the water supplied to the city obtained from ground water.

The period of rainfall have been determined by the preparation of the graphs of cumulative deviation from average rainfall calculated from the values of the rainfall belongs to the State Meteorological Station (DMI). The relation between the water level of rainfall-ground water and production values according to the years have been investigated. The amount of annual operating reserve have been calculated regarding to the amount of rainfall infiltration into the ground and the values of production according to the properties of the aquifers. The values of water budget and the evaporation were calculated by Thornthwaite method. Since more regular well observations belongs to Sarıkız and Göksu sources are available, the type of the aquifer have been determined by calculating discharge coefficient. The amount of annual flow and impact radii were determined according to the Theis method by determining the transmissibilite and storage coefficients of Sarıkız sources.

**Keywords:** Aquifer, well log, discharge coefficient, well observation, water budget, storage coefficient.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ .....	iv
ABSTRACT .....	v
<b>BÖLÜM BİR GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Genel .....	1
1.2 Amaç ve Kapsam.....	2
<b>BÖLÜM İKİ İZMİR YER ALTI SUYU KAYNAKLARI TARİHÇESİ VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>3</b>
2.1 İzmir Kenti Yeraltı Suyu Kaynaklarının Tarihi Gelişimi.....	3
2.2 Önceki Çalışmalar .....	9
<b>BÖLÜM ÜÇ MATERYAL .....</b>	<b>12</b>
3.1 Çalışma Alanı ve Özellikleri .....	12
3.2 Sarıkız Kaynak Grubu .....	14
3.2.1 Coğrafi Konumu .....	14
3.2.2 İklim ve Meteorolojisi.....	15
3.2.3 Jeolojisi .....	19
3.2.4 Hidrojeolojisi .....	21
3.2.5 Mevcut Kuyuların Öznitelikleri.....	22
3.3 Göksu Kuyuları .....	26
3.3.1 Coğrafi Konumu .....	26
3.3.2 İklim ve Meteorolojisi.....	27
3.3.3 Jeolojisi .....	30
3.3.4 Hidrojeolojisi .....	32

3.3.5 Mevcut Kuyuların Öznitelikleri .....	33
3.4 Halkapınar -Çamdibi Kuyuları .....	34
3.4.1 Coğrafi Konumu .....	34
3.4.2 İklim ve Meteorolojisi.....	34
3.4.3 Jeolojisi .....	36
3.4.4 Hidrojeolojisi .....	38
3.4.5 Mevcut Kuyuların Öznitelikleri.....	39
3.5 Menemen – Çavuşköy Kuyuları.....	41
3.5.1 Coğrafi Konumu .....	41
3.5.2 İklim ve Meteorolojisi.....	41
3.5.3 Jeolojisi .....	43
3.5.4 Hidrojeolojisi .....	46
3.5.5 Mevcut Kuyuların Öznitelikleri.....	47
<b>BÖLÜM DÖRT YÖNTEM.....</b>	<b>51</b>
4.1 Hidrolojik Bilanço Elemanlarının Değerlendirilmesi .....	51
4.1.1 Yağış.....	51
4.1.1.1 Ortalama Yıllık Yağış Verilerin Değerlendirilmesi ve Yorumlanması.....	51
4.1.1.2 Yağış- Yeraltı Suyu Seviyesi İlişkisi .....	53
4.1.2 Buharlaşma ve Terleme .....	53
4.1.2.1 Thornthwaite Yöntemi .....	54
4.1.3 İnfiltrasyon veya Süzülme .....	55
4.1.4 Su Bilançosu .....	56
4.1.4.1 Yeraltı Suyu İşletme Rezervi .....	57
4.2 Kuyu Hidroliği .....	58
4.2.1 Sondaj Kuyusu Tanımları .....	58
4.2.2 Akifer ve Parametreleri.....	60
4.2.2.1 Akifer ve Tipleri .....	60
4.2.2.2 Akiferlerin Hidrolojik Parametreleri.....	62
4.2.3 Uzaklık-Düşüm İlişkisi.....	69



4.2.3.1 Theis Metodu .....	69
<b>BÖLÜM BEŞ UYGULAMA .....</b>	<b>73</b>
5.1 Sarıkız Kaynak Grubu .....	73
5.1.1 Yağış .....	73
5.1.2 Yeraltı Suyu Dinamiği .....	76
5.1.2.1 Yeraltı Suyu Seviye Değişimleri .....	76
5.1.2.2 Yeraltı Suyu Üretim Debileri .....	77
5.1.3 Su Bilançosu .....	79
5.1.3.1 Yeraltı Suyu İşletme Rezervi .....	79
5.1.3.2 Thornthwaite Yöntemiyle Su Bilançosu .....	82
5.1.4 Akiferlerin Hidrolojik Parametreleri .....	84
5.1.4.1 Boşalım Katsayısı .....	84
5.1.4.2 İletimlilik Katsayısı (Transmisibilite) .....	92
5.1.4.3 Depolama Katsayısı .....	96
5.1.5 Uzaklık-Düşüm İlişkisi .....	97
5.1.6 Etki Yarıçapı .....	102
5.2 Göksu Kuyuları .....	103
5.2.1 Yağış .....	103
5.2.2 Yeraltı Suyu Dinamiği .....	105
5.2.2.1 Yeraltı Suyu Seviye Değişimleri .....	105
5.2.2.2 Yeraltı Suyu Üretim Debileri .....	106
5.2.3 Su Bilançosu .....	108
5.2.3.1 Yeraltı Suyu İşletme Rezervi .....	108
5.2.3.2 Thornthwaite Yöntemiyle Su Bilançosu .....	111
5.2.4 Akiferlerin Hidrolojik Parametreleri .....	113
5.2.4.1 Boşalım Katsayısı .....	113
5.3 Halkapınar –Çamdibi Kuyuları .....	117
5.3.1 Yağış .....	117
5.3.2 Yeraltı Suyu Dinamiği .....	119
5.3.2.1 Yeraltı Suyu Seviye Değişimleri .....	119

5.3.2.2 Yeraltı Suyu Üretim Debileri.....	122
5.3.3 Su Bilançosu .....	123
5.3.3.1 Yeraltı Suyu İşletme Rezervi .....	123
5.3.3.2 Thornthwaite Yöntemiyle Su Bilançosu.....	126
5.4 Menemen-Çavuşköy Kuyuları .....	128
5.4.1 Yağış.....	128
5.4.2 Yeraltı Suyu Dinamiği.....	130
5.4.2.1 Yeraltı Suyu Seviye Değişimleri .....	130
5.4.2.2 Yeraltı Suyu Üretim Debileri.....	132
5.4.3 Su Bilançosu .....	134
5.4.3.1 Yeraltı Suyu İşletme Rezervi .....	134
5.4.3.2 Thornthwaite Yöntemiyle Su Bilançosu.....	138
<b>BÖLÜM ALTI SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>141</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>147</b>

## BÖLÜM BİR

### GİRİŞ

#### 1.1 Genel

Dünyanın % 70'inin (1,4 milyar km<sup>3</sup>) sularla kaplı olmasına rağmen su rezervlerinin % 97,5'i okyanus ve denizlerde yer almaktadır. Toplam suyun % 2,5'i (35 milyon km<sup>3</sup>) kullanılabilir nitelikteki tatlı sulardır. Dünyadaki tatlı su rezervleri açısından bakacak olursak, yeraltı suları dünyamızdaki tatlı su kaynaklarının dörtte üçünü oluşturmaktadır.

İzmir Kentinin ana su kaynakları yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarından oluşmaktadır. Yeraltı suyu kaynakları; Sarıkız, Göksu, Halkapınar-Çamdibi, Menemen-Çavuşköy, Pınarbaşı ve Buca su kuyularından oluşmaktadır. Yüzeysel su kaynakları; Tahtalı, Güzelhisar, Balçova ve Gördes Barajıdır.

Yeraltı sularının yeryüzündeki su kaynakları içinde daha az orana sahip olması, ancak insanlığın yaşamsal faaliyetlerindeki en önemli gereksinimlerden biri olması, önemi ve korunması konusunda daha çok özen göstermeyi gerektirmektedir. Nüfus artışıyla birlikte içme ve kullanma suyunun yanı sıra endüstriyel ve tarım alanlarındaki su kullanımı da artmaktadır.

Yüzeysel suyun yeterli miktarda olmadığı bölgelerde yeraltı suyu rezervlerinin uzun süreli aşırı ve bilinçsiz kullanımı akiferin su dengesini bozması sonucu su sıkıntısına sebep olmaktadır. Ayrıca iklim değişikliklerinin olumsuz etkileri, kirlilik faktörleri de sınırlı ama o derecede önemli yeraltı suyu kaynaklarımızı tehdit etmektedir. Bu nedenle yeraltı suyu kaynak sistemlerimizi iyi tanıyıp doğru bir şekilde yönetebilmek daha sürdürülebilir kaynaklara sahip olmamızı sağlayacaktır.

Kentin içme ve kullanma suyunun yaklaşık % 60'ı yeraltı suyu kaynaklarından karşılanmaktadır. İklim koşullarından yüzeysel suların kapasitesi daha kısa süre içinde etkilendiğinden yeraltı suyunun beslenmesi ve korunmasının önemini artmaktadır.

## 1.2 Amaç ve Kapsam

İzmir kentine yeraltı suyunun büyük oranda temin edildiği dört ana kaynağın (Sarıkız, Göksu, Halkapınar-Çamdibi, Menemen-Çavuşköy) bulunduğu havzalarda yağışların nisbeten azalması ve kontrolsüz kullanımı akiferlerin yetersiz beslenmesine dolayısıyla da yeraltı suyu rezervlerinin azalmasına neden olmaktadır.

Su kaynaklarında bulunan kuyular Devlet Su İşleri (DSİ) ve İzmir Su ve Kanalizasyon İşleri (İZSU) tarafından değişik tarihlerde açılmış ve İZSU tarafından işletilmektedir.

Çalışma kapsamındaki dört ana yeraltı su kaynağında bulunan kuyuların işletilmesi ile hidrolojik sistemi etkileyen süreçler arasındaki ilişkilerin doğru ve bir bütün olarak ortaya konması planlanmıştır. Kuyulara ait kayıt altına alınmış bilgiler ve elde edilen hidrolik ve hidrolojik özellikler doğrultusunda sürekli bir izleme altlığının oluşturulması hedeflenmiştir.

Bu çalışma da İzmir kentine su sağlayan yeraltı suyu kaynaklarının etkin, verimli ve sürdürülebilir bir şekilde işletilmesi amacıyla günümüz koşulları altındaki kapasiteleri, emniyetli olarak kullanım olanakları ve olası risklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemler ile kaynakların bulunduğu havzaların jeolojik, hidrojeolojik ve meteorolojik şartlar altında durumları, çekim yapılabilecek yeraltı su miktarları ve şartları belirlenerek değerlendirilmiştir.

Tez kapsamında çalışılan, yöntem ve elde edilen uygulama sonuçları, İzmir kentine yeraltı sularından temin edilen miktarın sürdürülebilir olabilmesi için havza için yapılan yöntemlerin günün şartları doğrultusunda güncellenerek daha verimli bir şekilde işletilmesi ve olası olumsuzluklara tedbir alınması yönünde katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

## BÖLÜM İKİ

### İZMİR YER ALTI SUYU KAYNAKLARI TARİHÇESİ VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

#### 2.1 İzmir Kenti Yeraltı Suyu Kaynaklarının Tarihi Gelişimi

İ.Ö. 3000 yıllarında Bayraklı yakınlarında kurulan İzmir'e ait ilk kalıntıların bulunduğu Tepekule'de içme suyu sağlanmasına yönelik tek kalıntı olarak bir çeşme bulunmuştur. Daha sonra İ.Ö. 4. yüzyılda Kadifekale eteklerinde yeniden kurulan ve gelişen şehrin artan su ihtiyaçları, önce yakın çevrede yer alan Halkapınar kaynaklarından Agora'ya su iletimi ve daha sonraki dönemlerde de Buca civarındaki pınar sularını İzmir'e taşıyan ve üzerinde Şirinyer ve Vezirağa su kemerlerinin olduğu sistemler ile karşılanmaya çalışılmıştır.

İzmir şehrine su getirilmesi ve işletilmesi 1886 yılında yapılan bir anlaşma ile Osmanlı Su Şirketi adı altında kurulan bu şirket Halkapınar'da bulunan, "Diana Hamamları" olarak mitolojide adlandırılan, hamamları besleyen kaynaklardan faydalanmıştır. Hamam sökülerek göl meydana gelecek şekilde etrafı çevrilmiştir. Şirket tesislerini burada kurmuş ve şehre su buradan verilmiştir. 1944-1970 yılları arasında sadece mevcut şebekenin uzatılması ve eski tesislerin yenilenmesi çalışmaları yapılmıştır. Halkapınar kaynakları birkaç metre kalınlıkta alüvyon ile kaplı kireçtaşı formasyonlarından çıkar ve Halkapınar gölünde toplanırdı. Pınar sularının gölden ve doğrudan kireçtaşı formasyonundan derlendiği kapalı kaptaj galeri içinde alüvyal örtünün bulunmadığı kesimlerde pınar sularının kireçtaşıdaki erime boşluklarından çıkışı izlenebilmekteydi.

Su ihtiyacının yüksek olduğu dönemlerde su derleme sisteminin bir parçası olarak kullanılan Halkapınar gölünün 1970 yılındaki ortalama yüz ölçümü 14 000 m<sup>2</sup> idi. Göl düzgün bir şekle sahip değildi. Gölün maksimum uzunluğu yaklaşık 160 m, maksimum genişliği 100 m, en derin yeri 3,4 m idi. Gölün tabanında, pınar suyunun kireçtaşı çatlaklarından çıktığı yerler, gözle görülebiliyordu. Halkapınar çayına açılan, kapaklı bir deşarj ağız ve terk edilmiş iki çıkış vardı. Gölde toplanan su, bir su alma yapısı aracılığıyla ve yer çekimi ile dağıtım pompa istasyonunun emme

havuzuna gelirdi. İhtiyacın fazla olduğu zamanlarda, yer çekimi ile çalışan su alma yapısı yetersiz kaldığı için alçak terfi kapasiteli pompaların bulunduğu bir yardımcı su alma yapısı da kullanılırdı. Gölün çevresinden Halkapınar çayına sızan suları yardımcı pompalar, yaklaşık 150 m uzunluğunda 450 mm çapında borularla dağıtım pompa istasyonunun emme havuzuna verirlerdi. Halkapınar kaynaklarının 1970 yılındaki ortalama verimi 1,2 m<sup>3</sup>/s, ve yıllık toplam su potansiyeli 38 milyon m<sup>3</sup>'tü. Pınarlardan gelen su ılıktır, ortalama sıcaklık 24 °C olup, fazla bir değişim göstermemektedir. O tarihlerde pınarların çıktığı yerde varlığını sürdürmekte olan Halkapınar gölünde su canlıları da vardı, fakat bunlar tarihi su derleme yapısının içinde gözlenmemiştir (DSİ, 1971).

Su derleme sistemi, dağıtım pompa istasyonu, su deposu, bağlantı kanalları, borular ve diğer yardımcı yapılarla birlikte, Halkapınar tesisleri 1897 yılından 1973 yılına kadar 76 yıl süre ile kullanılmış, bu tarihten sonra açılan yeni kuyular nedeniyle önce pınarların doğal boşalımları sonra da bu pınarlar sayesinde var olan Halkapınar gölü ortadan kalkmış, yeni pompa ve su tesisleri devreye girmiş ve tarihi su derleme yapısı devre dışı kalmıştır (Şekil 2.1, 2.2).

İzmir kenti 1970'li yıllara geldiğinde içmesuyu kaynağı olarak Halkapınar, Vezir Osmanağa ve Yamanlar pınarları ile dokuz kuyu vardı. Çevre belediyelerde ise 5 derin kuyu, 3 sığ kuyu ve 8 pınar kolektör sisteminden yararlanmaktaydı.

Vezir Osmanağa Pınarları Buca civarında olup Şirinyer demiryolu İstasyonu yakınında 2 kaptaj tesisi, yeraltındaki kalker formasyonlarından kaynaklanan dört pınarın suyu kargir yer altı galerileri vasıtasıyla toplanmaktaydı.

Yamanlar Pınarları Yamanlar dağının Sancaklıköy sırtlarında ortalama deniz seviyesinden 400-830 m. yükseklikte andezit formasyonlarından kaynamaktaydı.

Aynı zamanda İzmir Belediyesi şehir suyu sisteminde, aralıklarla işletilen Çimentaş, Manavkuyu ve Kültürpark kuyuları işletme sahası vardı. Bunun yanı sıra Buca, Bornova, Çamdibi, Narlıdere, Altındağ, Büyük Çiğli, Gaziemir Belediyeleriyle, Doğanlar ve Işıklar Köyleri kendi bölgelerinde açılan kuyularla su ihtiyacını karşılamaktaydı(DSİ, 1971).

Nüfus artışı ve sanayileşmenin getirdiği su sıkıntısını giderme çalışmaları yeni kaynak arayışlarını gündeme getirmiştir. İzmir Büyükşehir alanındaki evsel ve endüstriyel su ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla DSİ tarafından 1971 yılında Camp-Harris-Mesara firma grubuna “İzmir İçme Suyu Projesi Master Plan ve Fizibilite Raporu” hazırlanmıştır. Bu rapora göre İzmir’in kuzeydoğusunda yer alan üç grup daimi pınarlardan Göksu, Göldeğirmeni ve Sarıkız Pınarlarından şehre su temini sağlanması söz konusu olmuştur. Öncelikle şehre en yakın (yaklaşık 30 km) uzaklıkta olan Göksu Pınarları ile 44 km uzaklıkta ve Göksu pınarlarının kuzeydoğusunda yer alan Göldeğirmeni pınarlarının geliştirilmesi öngörülmüştür.

İlk planlamada Göksu kaynağından 35 hm<sup>3</sup>/yıl, Göldeğirmeni kaynağından da 19 hm<sup>3</sup>/yıl, Çullu kaynağında 3 hm<sup>3</sup>/yıl su çekilmesi öngörülmüştür. Göksu kuyuları açılıp kaynakların birbirine yakın etkisi görüldüğünde, tüm işletmenin Göksu kuyularıyla yapılmasına karar verilmiştir. Göksu ve Sarıkız Pınarlarının geliştirilmesi ve İzmir kentine iletimi, İzmir İçmesuyu Projesinin 1. Merhalesini oluşturmuştur. İnşaatı 1988 yılında tamamlanan Göksu kaynaklarında o yıllarda 63 hm<sup>3</sup>/yıl su temin edilmiştir.

Manisa İli Muradiye beldesinin 4 km kuzeydoğusunda yer alan Göksu pınarlarının bulunduğu yerde 1974-95 yılları arasında farklı tarihlerde DSİ ve İZSU tarafından 22 adet derin kuyu açılarak alınan su önce 3 km. bir boru hattı ile 2008 yılında İZSU tarafından yapımı tamamlanan Göksu-Sarıkız içme suyu arsenik arıtma tesisine iletilmektedir. Tesiste arsenikten temizlenen su Çullutepe deposuna gelir. Buradan alınan su Gediz nehrinin sağ sahilinden bir boru hattı ile Emiralem regülatörüne kadar gelir. Burada Gediz nehrini regülatör üzerinden geçen boru hattı sol sahilinden devam ederek Menemen yakınlarındaki Yahşelli pompa istasyonuna ulaşır. Burada yükseltilen su Yahşelli deposundan itibaren Menemen-İzmir yolunun doğusunda Yamanlar dağı yamaçlarını izleyerek önce Cumhuriyet sonra da Halkapınar depolarına ulaşır. Ø2200 mm çapındaki ön gerilmeli betonarme borudan oluşan hattın tümü 45 km uzunluğunda olup, maksimum kapasitesi 5,5 m<sup>3</sup>/s dir. Boru hattı üzerinde Çiğli, Cumhuriyet, Yamanlar ve Bayraklı tünelleri olmak üzere dört tünel bulunmaktadır.

Manisa İli Saruhanlı ilçesine bağlı Nuriye beldesinin hemen yakınında bulunan Sarıkız kaynakları memba kaynağı, değirmen ve arpalı olmak üzere üç gruptan oluşmaktadır. 1971 “İzmir Projesi Su Temini Master Plan ve Fizibilite Raporu”nda suların kaptaj sistemiyle toplanması önerilmiştir. Ancak daha sonra 1973 yılında DSİ tarafından yapılan çalışmalar neticesinde suların derin kuyularla temin edilip şehre iletilmesine karar verilmiştir. Sarıkız pınarlarının kente bağlanması inşaatı işi DSİ’ce 1990 yılında tamamlanmıştır. O yıllarda 43 hm<sup>3</sup>/yıl su temin edilmiştir.

Günümüze kadar Sarıkız Pınarlarından 1977-95 yılları arası farklı tarihlerde DSİ ve İZSU Genel Müdürlüğü’nce açılan işletme halindeki 30 adet derinkuyu ile 2008 yılında kuraklık nedeniyle artan su sıkıntısı nedeniyle ilave olarak düşünülen 8 tane yedek derin kuyu açılmıştır. Pompajla temin edilen su 38 km uzunluğunda ve 2200 mm çapında ön gerilmeli betonarme boru hattı ile Göksu kuyuları yakınındaki Göksu-Sarıkız arsenik arıtma tesisine iletilmektedir. Tesiste Göksu kuyularından alınan yeraltı suyu ile karışan ve arsenikten temizlenen su Çullutepe deposuna iletilmektedir. Depo çıkışından itibaren yukarıda belirtilen güzergahı izleyerek su kente iletilmektedir.

Halkapınar kuyularının ve İzmir içindeki yakın çevrede yer alan pınar ve yeraltı suyu kuyularının İzmir kenti içme suyu ihtiyacını karşılayamaz duruma gelmesi üzerine 70’li yılların başında kent merkezinin yaklaşık 20 km kuzeyinde Gediz Nehrinin mansap kesiminde yer alan Menemen yeraltı suyunun kullanımı gündeme gelmiştir. Aslında Menemen Ovasında ilk araştırma DSİ tarafından 1962 yılında 7 adet kuyu açılarak başlatılmıştır. Daha sonra 1973 yılında Aliağa Rafinerisi kullanma suyu amacıyla 8 adet, 1974 yılında İzmir Acil İçmesuyu Projesine su sağlama amacıyla 14 adet sondaj kuyusu açılmıştır. İller Bankası Genel Müdürlüğüne de, Menemen’in içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla 3 adet sondaj kuyusu açılmıştır.

Günümüzde Menemen’de 22 ve Çavuşköy’de 9 adet işletme kuyusu ve 2008 de İZSU tarafından barajlardaki su azlığını yeraltı suları ile takviye etmek ve kente yeni su kaynakları kazandırmak için açılan 3 adet Menemende 7 adet Çavuşköyde toplam 10 adet yedek kuyu mevcuttur. Temin edilen su 2008 yılında İZSU tarafından inşa edilen Menemen içme suyu arsenik arıtma tesisine iletilmektedir. Burada arsenikten

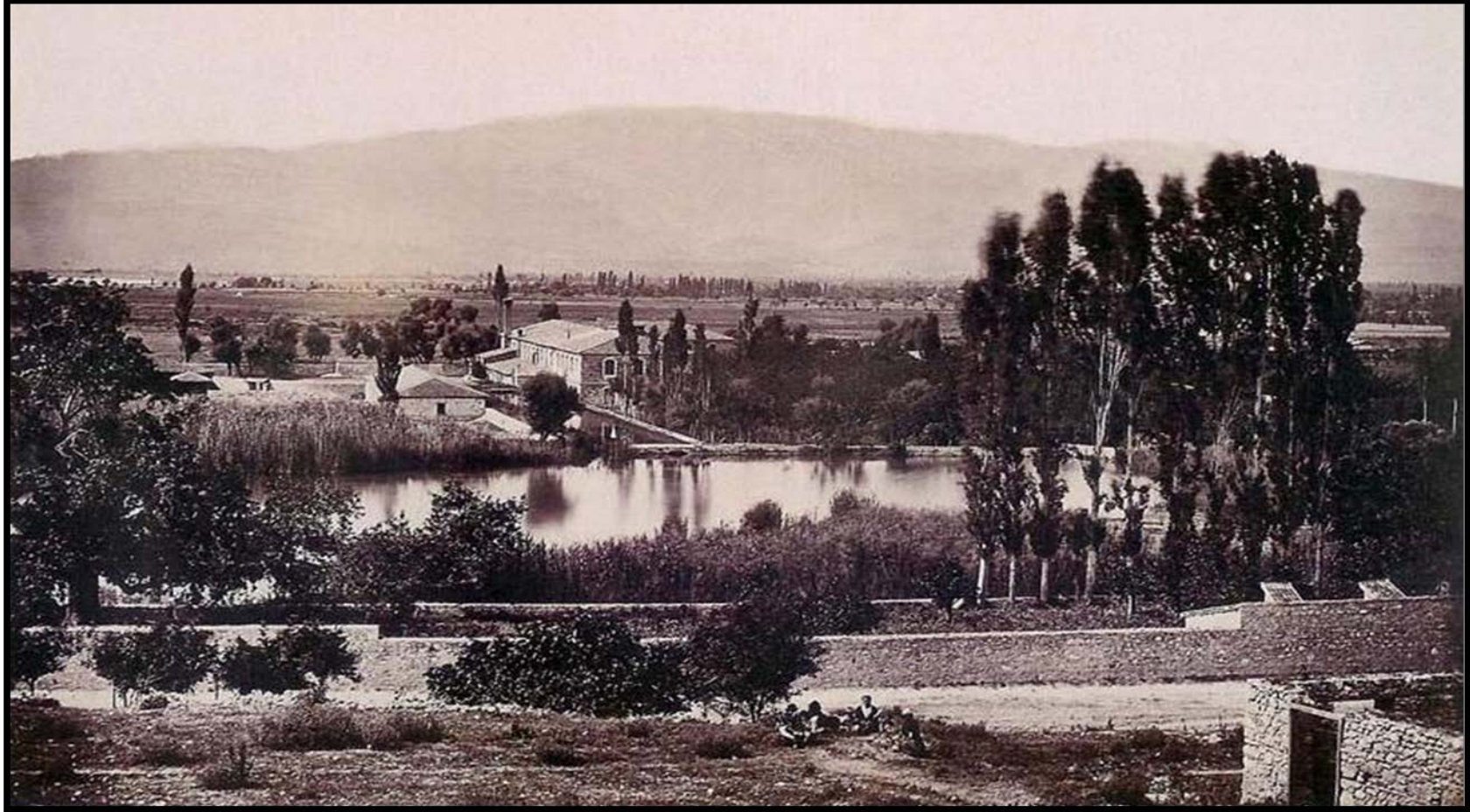


arıtılan su 1976 yılında DSİ'ce inşaa edilmiş olan yaklaşık 32 km uzunluğunda Ø1000 mm çaplı çelik borudan oluşan “Acil İçmesuyu Projesi” kapsamındaki pompa istasyonundan Menemen-İzmir karayoluna paralel bir güzergah ile Çiğli'deki Cumhuriyet su deposuna iletilmektedir.

İzmir su kaynaklarının çok geniş bir alana yayılı olması ve mevcut pompa ve depoların kontrol altına alınması için 1998 yılında uzaktan kontrol ve kumanda sistemi (SCADA) kurulmuştur. Böylece Sarıkız, Göksu, Halkapınar-Çamdibi ve Menemen-Çavuşköy bölgelerinde bulunan kuyular uzaktan durdurulup çalıştırabilmektedir.



Şekil 2.1 Halkapınar tarihi su pompa istasyonu binası (Atış, 2010)



Şekil 2.2 Halkapınar göl alanından bir görünüş (Rubellin, 1880)

## 2.2. Önceki Çalışmalar

DSİ, 1971; “İzmir Projesi Su temini Master Plan ve Fizibilite Raporu”nda mevcut kaynakların yeniden tahsisi, birinci kademe Göksu, Göldeğirmeni ve Sarıkız pınarlarının geliştirilmesi ve su kalitesi açısından da sadece klorlamanın yeterli olacağı belirtilmiştir. Kaynakların geliştirilmesi için ise kaptaj tesisleri yapılması önerilmiştir. O yıllarda tahmini olarak Sarıkız Kaynakları için emniyetli verim 1,2 m<sup>3</sup>/s (37,8 hm<sup>3</sup>/yıl), ortalama akım 1,6 m<sup>3</sup>/s, ve azami akım 1,9 m<sup>3</sup>/s; Göldeğirmeni için emniyetli verim 0,55 m<sup>3</sup>/s (17,3 hm<sup>3</sup>/yıl), ortalama akım 0,6 m<sup>3</sup>/s, azami akım 0,7 m<sup>3</sup>/s; Göksu için emniyetli verim 1,0 m<sup>3</sup>/s (31,5 hm<sup>3</sup>/yıl), 1,3 m<sup>3</sup>/s azami akım tahminlerinde bulunulmuş ve kaptaj sistemi projelendirmesinin bu verimlere göre yapılması planlanmıştır. Bornova ovasının güneydoğusunda bulunan birçok pınar ve Bornova, Pınarbaşı kaynaklarından o yıllarda verimi toplam 50 hm<sup>3</sup>/yıl olduğu ve büyük çoğunluğunun Kretase kalkerlerinden çıktığı belirlenmiştir. Ancak Bornova ovası için emniyetli verim olarak 20 hm<sup>3</sup>/yıl değeri belirlenmiştir.

DSİ, 1973; “Menemen Ovası Hidrojeolojik Etüd Raporu”nda ovanın toplam besleniminin 39 hm<sup>3</sup>/yıl olduğunu, yıllık emniyetli verimin 31,2 hm<sup>3</sup>/yıl olabileceği, kuyu derinliklerinin 100 – 200 metre, kuyu verimlerinin de 30 – 70 lt/s arasında olabileceği belirtilmektedir.

DSİ, 1980; “Manisa–Sarıkız Kaynakları Beslenme Sahasının Belirlenmesi ve Hidrojeolojik İncelenmesi” adlı raporda, Sarıkız Kaynak grubuna ait hidrojeolojik ve jeofizik bilgiler verilmiştir. Kaynakların kuzey doğusunda yer alan alüvyonların yayılım alanı 178 km<sup>2</sup>, 10-60 m kalınlığında; Kuzeybatısında mostra veren kumlu çakıllı seviyelerde yayılım alanı 85 km<sup>2</sup>, kaynakların çıktığı pliyosen kireçtaşları yayılım alanı 41 km<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Kaynaklarda açılan kuyuların iletimlilik katsayısı (T:Transmisibilite) T=25280-144200 m<sup>3</sup>/gün/m, özgül debileri ise 23,26-141,73 lt/s/m arasında değiştiği belirtilmektedir. Memba Kaynağı için T=12373 m<sup>3</sup>/gün/m, depolama katsayısı S= 7,5x10<sup>-2</sup>; Göcek Değirmeni için T=30000 m<sup>3</sup>/gün/m, S=17,9x10<sup>-2</sup>; Arpalı Kaynağı için T=8800 m<sup>3</sup>/gün/m, S=5,3x10<sup>-2</sup> olarak hesaplanmıştır.

Memba Kaynağı, Göçek Değirmeni Kaynağının 1973-1975 ile 1977-1979 yılları Arpalı kaynağından 1973-1979 yılları arasında ölçülen aylık akım değerlerinden yararlanılarak boşalım miktarları hesaplanmıştır. Kaynak beslenimi 27,60 hm<sup>3</sup>/yıl boşalımı ise 37 hm<sup>3</sup>/yıl bulunmuştur. Beslenme ile boşalım arasında 9,4 hm<sup>3</sup>/yıl su açığının Kumçayı ve Akhisar ovasından karşılanılacağı öngörülmüştür (DSİ, 1980).

DSİ, 1982; “Göksu Kaynak Grubunun (Göksu-Göldeğirmeni-Çullu) Derleme Raporu”nda 1968-1974 yılları arası yapılmış olan kaynak akım ölçümlerine göre Göksu kaynağının 1100 lt/s Göldeğirmeni Kaynağının 600 lt/s verime sahip olduğu belirtilmektedir. Göksu’daki işletme kuyuları artezyen olarak aktığı zaman Göksu, Göldeğirmeni ve Çullu Kaynaklarının suyunun azaldığı, birbirleriyle irtibatlı olduğu ve kaynakların kontrol altına alınabilmesi için derin kuyu tulumbasıyla çalıştırılması gerektiği belirtilmektedir. Bu derin kuyuların yapılması halinde yaklaşık 2000 lt/s su alınabileceği belirtilmektedir.

DSİ, 1983; “İzmir-İçmesuyu Temini 1.Merhale Kapsamında Bulunan Sarıkız Kaynakları Pompaj Tesisleri Fizibilite Raporu”nda Sarıkız Kaynak akımlarının kuyular vasıtasıyla elde edilebilecek su miktarı yıllık emniyetli verimleri aşmamak koşuluyla, alt emniyet sınır için 1500 lt/s, üst emniyetli sınır için ise 1800 lt/s olarak belirlenmiştir. Olağanüstü hallerde 2000 lt/s alınabilir denilmektedir. Toplamda 30 kuyunun açılarak işletmeye alınması önerilmektedir.

DSİ, 1986; “İzmir Şehri İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temin ve Dağıtım Kat’i Proje Revizyonu Raporu”nda Halkapınar Kaynağının yıllık potansiyelinin ortalama 48,39 hm<sup>3</sup>/yıl (1536 lt/s) olarak hesaplanmıştır. Bu potansiyelin yıllık yağışla doğrudan ilintili olduğu ve yağışlı dönemlerde etkili beslenme nedeniyle su seviyesinin hızla yükseldiği; yıllık çekimin beslenmeden az olduğu dönemlerde su seviyesinin sıfır kotu üzerine çıktığı ve Halkapınar gölünde su biriktirdiği belirtilmiştir.

Göksu, Göldeğirmeni ve Çullu Kaynaklarından yıllık doğal boşalımın (35+19+3)  $\text{hm}^3/\text{yıl}$  mertebesinde ve hazne kaya durumundaki kireçtaşı akiferi, boşalma bölgesinde basınçlı bir sistem durumunda olduğu belirtilmiştir. Sistemde yapılacak işletme sonucunda tüm kaynaklar kurutulduğu takdirde, doğal akımın % 30 fazlasıyla yaklaşık  $75 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  ( $2400 \text{ lt/s}$ ) su çekilebileceği tahmin edilmiştir (DSİ, 1986).

Sarıkız Kaynakları için ortalama  $1750 \text{ lt/s}$  bir verimle çalışacak işletmenin  $100 \text{ lt/s}$  verimli 25 adet kuyu ile projelendirilmesi uygun görülmüştür. Kuyuların kaynaklara göre dağılımı memba kaynağı 4 adet; Değirmen Kaynağı 13 adet, Arpalı Kaynağı 8 adet olmak üzere toplam 25 adet kuyu önerilmiştir (DSİ, 1986).

Menemen Ovasında mevcut  $1 \text{ m}^3/\text{sn}$  kapasiteli yeraltı suyu işletmesine ek olarak, Menemen sedde içi veya Emiralem bağları bölgelerinde açılacak derin kuyular ile, Gediz Nehrinden süzdürmek suretiyle  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $60 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ ) kapasiteli ek yeraltı suyu işletme alanı olasılığı belirlenmiştir (DSİ, 1986).

DSİ, 1992; “Manisa-Saruhanlı-Sarıkız Kaynakları Değerlendirme Raporu”nda, Göksu Kaynaklarından  $2000 \text{ lt/s}$ , Sarıkız Kaynak grubundan  $1450 \text{ lt/s}$ 'nin üzerinde su çekilmemesi ve kuyuların belli sıraya göre çalıştırılması önerilmektedir. Seviye düşümlerinin en çok Haziran ve Temmuz aylarında olduğu belirtilerek 1991 yılında % 15, 1992 yılında % 60 az olduğu saptanmıştır. Gördes çayına kısa sürede yapılacak suni beslenme yapısıyla Sarıkız Kaynaklarının suni beslenebileceği belirtilmektedir.’

## BÖLÜM ÜÇ

### MATERYAL

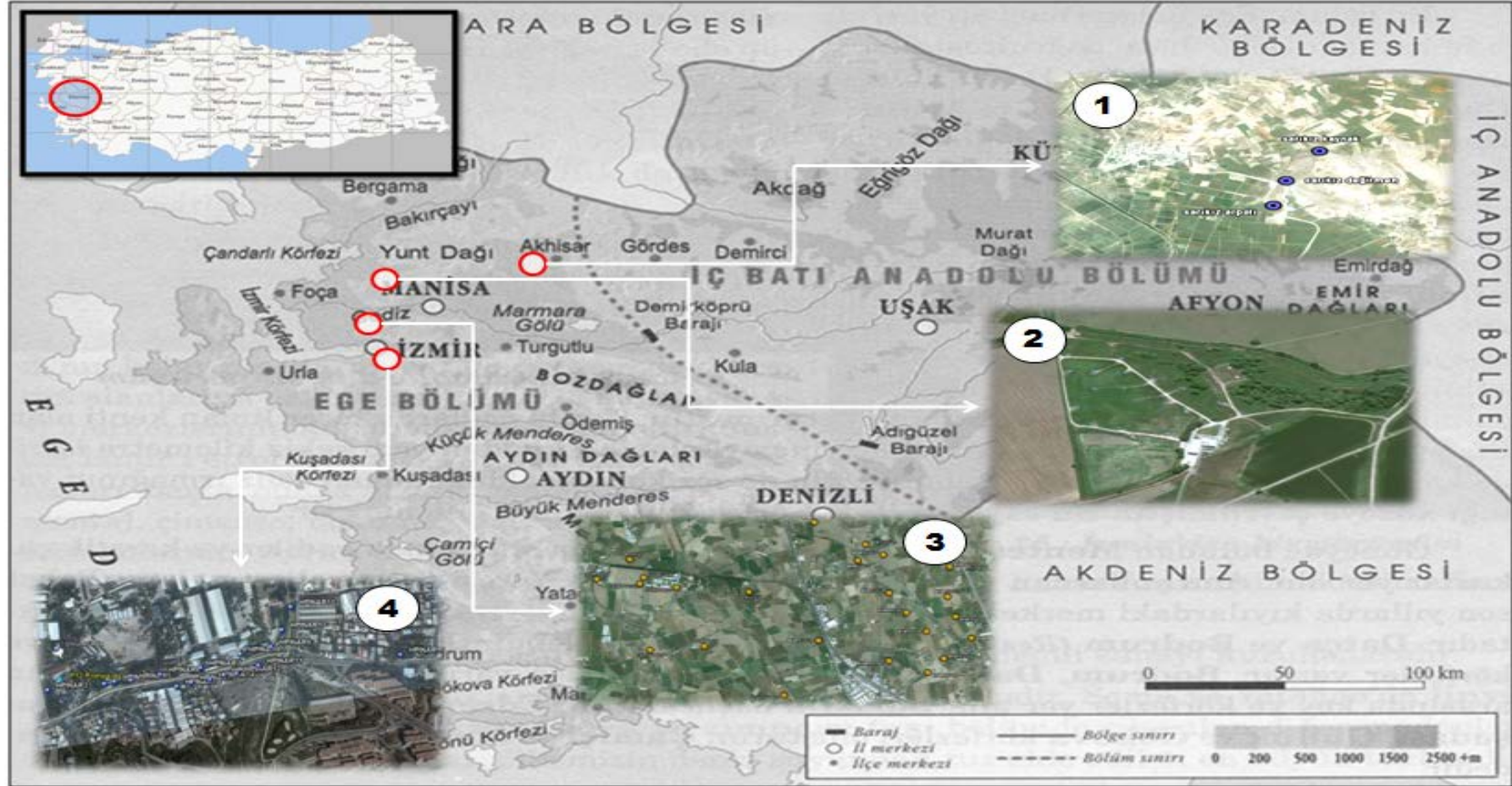
#### 3.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri

3 milyon 796 bin kişi nüfusu ve binde 15 nüfus artış oranı ile İzmir Batı Anadolu'nun en hızlı büyüyen kenti durumundadır. Bu hızlı büyüme ile birlikte içme suyu ihtiyaçları da büyük bir hızla artmış ve merkezde yer alan nüfusun 2010 yılındaki günlük ortalama toplam su tüketimi 517.258 m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir.

İzmir'e su sağlayan kaynakların 2010 yılı verilerine göre % 60'ı yeraltı suyu kaynaklarıdır. Bu kaynaklar içinde, kentsel alan içinde yer alan ve 1897 yılından beri 114 yıldır kente su sağlayan Halkapınar Kaynakları, kent içinde olması ve 45 milyon m<sup>3</sup>/yıl su potansiyeli alınabilmiş en önemli kaynak niteliğindedir.

Potansiyeli daha yüksek olan ancak Manisa İli Muradiye beldesinde yer alan Göksu 63 milyon m<sup>3</sup>/yıl, yine Manisa ilinde Saruhanlı ilçesi Nuriye beldesinde bulunan Sarıkız da 45 milyon m<sup>3</sup>/yıl potansiyelleri ile İzmir'in önemli ölçüde su ihtiyacını karşılamış yeraltı suyu kaynaklarıdır. Göksu Kaynakları 1988, Sarıkız kaynakları da 1990 yılında sisteme dahil edilmiştir.

Menemen İlçe merkezi ve Çavuşköy'deki kuyular 1976 yılında İzmir'e bağlanmış olup, toplam 25 milyon m<sup>3</sup>/yıl su potansiyeli su sağlanarak kaynaklar içinde önemli bir paya sahip olmuştur. Şekil 3.1'de ana kaynakların konumları gösterilmektedir.



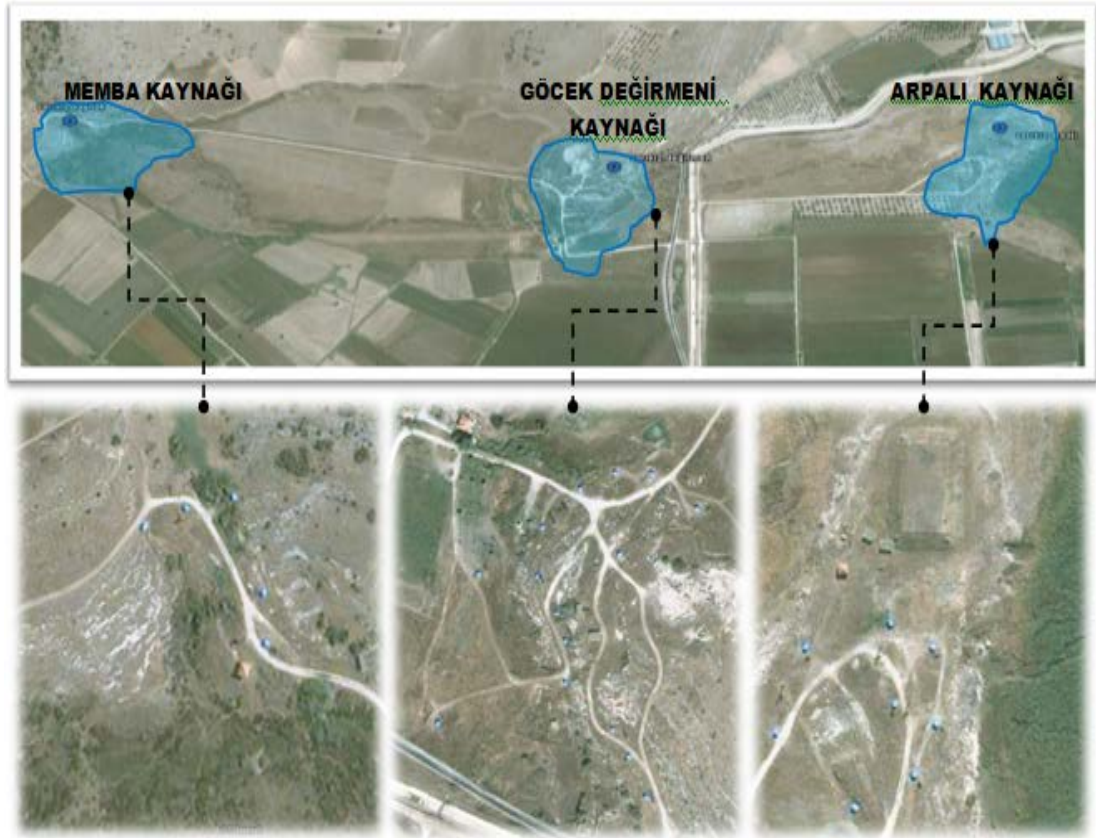
Şekil 3.1 Sarıkız, Göksu, Halkapınar-Çamdibi, Menemen-Çavuşköy kaynaklarının konumları: 1. Sarıkız kuyuları (üç kuyu grubundan oluşmaktadır: Memba-G. Değirmeni-Arpalı) 2. Göksu kuyuları 3. Menemen-Çavuşköy kuyuları 4. Halkapınar-Çamdibi kuyuları

## 3.2 Sarıkız Kaynak Grubu

### 3.2.1 Coğrafi Konumu

Sarıkız Kaynakları Ege Bölgesi Manisa Akhisar İlçesi sınırları içinde  $38^{\circ} 45'$  ve  $39^{\circ} 00'$  kuzey enlemi ile  $27^{\circ} 30'$  ve  $28^{\circ} 00'$  doğu boylamları arasında kalır.

Sarıkız Kaynakları, Gediz Havzası Manisa Saruhanlı İlçesi Lütfiye ve Nuriye köyleri arasında üç ayrı grup halinde boşalmaktadır. Söz konusu alan  $1462 \text{ km}^2$  kaynakların drenaj alanı  $360 \text{ km}^2$ 'dir. Memba Kaynağı olan ilk grup, en kuzeyde 61,5 m. kotlarında çıkmaktadır. İkinci grup Göcek Değirmeni Kaynağı daha güneyde yaklaşık 48,5 m kotunda ve daha da güneyde 3. Grup Arpalı kaynağı 46 m kotlarından çıkmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Sarıkız kuyularının uydu görüntüsü (üç ayrı kuyu grubundan oluşmaktadır: 1-Memba, 2-Göcek Değirmeni, 3- Arpalı)



### 3.2.2 İklim ve Meteorolojisi

Sarıköz Kaynaklarının bulunduğu sahada Akdeniz iklimi etkindir. Bölgede sulu ziraat yapılmakta olup pamuk, buğdaygiller, patates, baklagiller sebze, tütün yetiştirilmektedir. Bitki örtüsünü genellikle orman (çam, meşe, çınar) ve bağlar teşkil etmektedir. Sarıköz üçlü kaynak grubunun beslenme alanı içinde yer alan Akhisar Meteoroloji İstasyonunda yağış, buharlaşma ve sıcaklık ölçümü yapılmaktadır. Akhisar Meteoroloji İstasyonuna ait yağış gözlemleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Akhisar Meteoroloji İstasyonunun (17184) 1929-2009 dönemi yağış gözlemleri (mm/ay)

YIL	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Toplam mm
1929	185.	92.3	154.	80.4	59.0	4.5	-	-	23.5	33.2	35.3	76.1	743.8
1930	50.5	69.6	44.6	16.2	42.1	15.	-	-	-	143.	10.9	108.	501.3
1931	115.	38.4	116.	102.	20.1	16.	-	-	37.8	9.5	89.2	64.6	610.4
1932	52.5	75.9	90.1	36.4	7.2	8.3	-	-	-	44.7	75.4	5.4	395.9
1933	72.3	121.	36.2	60.6	102.	38.	4.8	-	2.4	10.7	52.5	107.	608.8
1934	112.	75.0	11.5	-	36.3	15.	22.	-	-	12.0	37.6	25.9	348.7
1935	123.	61.5	82.0	37.0	19.5	1.7	-	-	45.8	-	-	-	371.0
1936	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.7	62.3	37.8	120.8
1937	52.0	93.9	20.4	62.9	21.5	-	1.5	7.2	-	74.3	162.	121.	617.3
1938	62.0	105.	49.7	50.6	35.8	-	0.0	-	20.9	52.8	25.0	131.	533.0
1939	55.2	32.1	183.	0.0	15.4	45.	8.3	9.4	50.7	22.0	54.6	302.	779.4
1940	128.	56.0	54.4	131.	59.5	31.	1.0	-	3.0	16.5	64.2	346.	892.8
1941	81.5	114.	29.8	52.3	15.5	0.4	6.4	-	4.9	56.7	37.3	90.6	489.4
1942	149.	75.7	16.8	18.0	5.8	-	5.8	31.	1.0	45.8	185.	11.3	545.8
1943	146.	20.6	11.8	60.7	62.7	7.2	3.5	0.6	17.7	23.4	44.5	112.	512.0
1944	78.5	232.	151.	26.8	30.7	-	-	49.	-	129.	61.3	87.7	847.7
1945	310.	28.0	52.9	29.7	-	-	-	17.	4.0	37.3	69.8	146.	695.5
1946	32.0	109.	85.5	21.9	30.3	21.	-	0.2	-	54.3	108.	186.	649.7
1947	111.	93.1	27.8	6.0	7.9	11.	0.6	3.8	22.4	104.	102.	162.	653.3
1948	192.	148.	46.3	79.1	41.6	34.	-	-	3.4	-	16.9	17.0	580.5
1949	39.3	48.7	113.	47.1	16.0	4.8	6.2	7.4	7.5	0.7	82.6	62.5	436.7
1950	92.0	24.8	32.4	54.0	63.2	7.7	-	-	1.0	13.9	89.4	173.	552.1
1951	116.	76.8	132.	38.9	85.2	-	-	3.4	0.6	90.7	85.2	42.2	671.1
1952	114.	250.	46.7	0.7	69.6	4.8	0.4	-	9.0	92.5	235.	38.7	863.2
1953	177.	83.6	51.5	24.8	51.1	98.	0.2	-	8.9	24.6	13.7	61.1	595.2
1954	110.	89.3	63.2	57.6	62.2	-	3.1	-	13.7	33.6	83.0	157.	674.0
1955	92.4	57.6	36.7	94.1	38.5	0.0	0.3	1.0	0.1	55.0	226.	91.5	693.3
1956	82.4	149.	94.2	23.6	34.5	14.	0.3	0.3	0.0	11.5	22.3	58.9	491.2
1957	75.0	28.9	34.5	11.1	73.9	1.5	22.	0.1	4.4	1.6	70.4	58.8	382.4
1958	145.	47.9	107.	40.0	15.0	7.3	4.5	-	16.1	48.4	47.4	99.9	579.4
1959	186.	4.7	32.1	18.8	20.4	26.	57.	1.1	2.0	41.8	43.1	150.	584.3
1960	142.	54.3	50.7	43.2	97.6	9.0	0.7	-	6.4	5.8	62.3	221.	694.0
1961	85.4	76.8	13.6	60.9	19.6	56.	-	0.7	6.2	32.9	38.6	143.	535.0
1962	87.3	97.1	135.	92.5	18.1	8.9	15.	-	10.5	22.6	115.	234.	838.3
1963	192.	101.	20.4	53.5	43.6	0.6	0.2	-	-	63.4	14.1	50.5	540.2
1964	20.8	64.7	136.	0.2	22.7	34.	0.3	-	55.4	-	44.5	192.	571.7
1965	54.1	272.	47.0	166.	70.2	-	-	0.4	-	18.7	117.	155.	902.4
1966	146.	43.5	71.9	30.5	20.6	10.	-	8.9	14.1	3.7	54.3	162.	567.0
1967	74.6	34.8	23.2	89.6	37.1	5.2	-	-	8.2	16.3	14.5	105.	409.2
1968	228.	94.7	77.1	10.7	31.9	20.	-	18.	25.2	6.9	39.1	126.	680.0

Tablo 3.1'in (devamı)

YIL	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Toplam mm
1969	92.6	87.9	40.0	32.2	15.2	13.1	8.6	-	0.2	0.1	24.8	200.4	515.1
1970	63.9	135.1	112.9	25.7	10.7	16.8	6.7	-	0.2	54.5	68.3	113.6	608.4
1971	77.0	120.7	117.4	30.3	15.5	23.6	3.2	14.4	17.9	31.7	86.1	89.8	627.6
1972	25.9	64.6	27.8	53.9	22.4	5.7	10.9	46.1	5.0	92.6	22.6	-	377.5
1973	35.6	134.5	47.8	67.9	24.3	15.0	1.0	6.8	3.1	20.6	64.9	87.5	509.0
1974	11.7	167.4	112.2	37.8	23.7	23.0	2.6	8.7	22.6	21.7	133.6	100.7	665.7
1975	95.8	48.2	50.1	28.8	50.7	28.1	0.1	4.0	0.9	36.6	127.9	85.1	556.3
1976	46.9	40.3	16.1	98.3	46.4	20.8	13.6	10.7	2.8	152.9	44.1	122.6	615.5
1977	69.1	68.9	39.7	53.3	4.6	2.9	0.4	0.6	34.4	82.4	69.3	70.3	495.9
1978	163.0	127.8	119.5	84.9	18.5	6.1	-	-	120.0	72.9	41.8	39.4	793.9
1979	172.6	65.7	33.1	37.1	59.1	19.3	1.4	-	2.0	13.4	104.9	113.4	622.0
1980	134.3	15.7	110.3	31.9	76.2	39.9	-	-	1.0	4.8	105.1	137.6	656.8
1981	226.0	45.8	58.4	15.8	30.1	0.1	4.9	-	0.1	32.5	101.7	351.2	866.6
1982	55.5	47.6	67.7	116.8	48.8	1.8	7.9	-	0.0	89.8	18.3	109.5	563.7
1983	80.0	58.0	5.8	52.4	24.4	12.8	12.5	-	3.5	17.9	171.1	67.1	505.5
1984	125.8	73.4	87.1	91.4	4.5	1.1	1.6	2.8	0.1	0.0	53.1	23.3	464.2
1985	117.9	39.2	49.0	16.4	28.0	7.6	-	14.0	-	21.7	96.6	44.2	434.6
1986	175.8	131.0	25.4	37.6	0.3	15.0	-	-	21.0	18.3	19.8	153.6	597.8
1987	172.0	55.6	45.0	74.9	23.7	12.2	0.2	-	0.3	1.3	96.7	88.0	569.9
1988	23.9	44.9	124.0	19.9	22.5	19.3	-	-	3.1	29.3	122.4	84.1	493.4
1989	8.3	6.3	56.6	7.3	41.5	8.2	0.2	-	4.0	34.8	111.9	142.6	421.7
1990	3.1	61.0	18.2	75.8	13.4	7.0	-	4.8	12.9	29.2	18.9	207.5	451.8
1991	40.6	40.4	12.8	52.7	110.6	3.0	18.8	2.2	0.7	22.3	28.9	71.9	404.9
1992	-	16.7	70.4	42.7	4.5	19.6	21.8	0.1	-	19.4	76.5	108.4	380.1
1993	41.0	68.0	89.6	61.0	40.1	0.7	15.6	-	1.5	6.0	71.7	115.6	510.8
1994	62.9	64.8	39.9	22.3	37.6	1.8	0.3	0.0	53.1	46.9	52.4	61.8	443.8
1995	152.9	33.3	143.3	60.9	8.4	1.2	-	11.6	61.1	18.4	156.0	74.4	721.5
1996	16.3	126.9	34.9	79.8	15.9	-	29.0	3.4	68.9	20.8	56.0	69.8	521.7
1997	60.7	8.7	131.0	112.7	9.9	5.5	2.5	24.0	-	116.3	50.9	163.1	685.3
1998	104.2	64.5	69.1	20.3	236.6	1.0	3.3	-	8.0	47.5	153.3	85.1	792.9
1999	76.8	192.7	80.5	16.9	1.6	3.2	4.8	-	2.6	37.5	59.0	91.1	566.7
2000	63.0	106.6	79.8	66.5	5.0	-	-	-	-	19.1	39.0	21.3	400.3
2001	18.8	93.9	23.2	90.6	71.7	2.1	0.7	6.1	22.4	3.8	187.1	217.1	737.5
2002	41.0	21.5	92.2	78.6	6.6	-	5.1	1.6	41.8	50.8	135.2	90.5	564.9
2003	74.8	138.5	23.1	85.1	19.8	-	-	-	36.8	84.3	35.0	93.9	591.3
2004	207.5	39.7	41.0	34.9	18.6	32.1	-	1.2	-	18.0	50.4	30.0	473.4
2005	68.9	150.9	80.4	27.5	58.5	41.7	5.2	6.8	11.5	20.1	132.6	66.5	670.6
2006	60.5	87.8	105.1	10.8	8.8	1.0	1.6	-	72.2	54.4	32.0	5.9	440.1
2007	41.4	34.8	20.2	16.8	36.4	1.7	-	-	3.2	98.0	85.4	87.8	425.7
2008	28.0	4.7	39.7	38.0	21.0	2.4	-	3.8	20.9	26.0	56.1	68.4	309.0
2009	136.8	144.4	110.0	44.6	30.5	5.4	4.2	-	48.4	35.6	88.0	115.6	763.59

Akhisar Meteoroloji İstasyonunda ölçülen aylık ortalama sıcaklık değerleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Akhisar Meteoroloji İstasyonunun (17184) 1937-2005 dönemi aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C)

YIL	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Toplam mm
1937	4.5	9.1	13.3	14.7	20.2	24.1	28.6	27.1	25.4	17.8	12.7	9.6	17.3
1938	5.9	6.0	8.4	13.2	19.7	24.5	28.5	28.5	22.0	17.4	10.6	9.3	16.2
1939	8.5	6.3	9.0	16.2	20.7	23.6	27.8	26.6	22.6	19.2	11.2	8.7	16.7
1940	4.9	8.0	9.3	14.1	18.0	23.4	27.3	24.8	21.3	18.3	12.9	7.6	15.8
1941	8.1	10.4	9.5	16.1	20.6	24.4	26.5	26.5	19.8	15.3	9.4	3.9	15.9
1942	3.3	8.3	8.9	14.4	20.8	26.5	25.7	24.9	22.4	16.5	10.6	5.5	15.7
1943	4.3	5.6	6.5	13.2	18.1	23.0	25.8	26.4	22.8	18.7	14.4	7.9	15.6
1944	5.2	7.7	9.0	14.8	17.3	25.0	26.1	24.4	22.1	17.5	11.5	8.0	15.7
1945	6.1	4.3	7.7	13.4	22.3	23.8	26.8	27.8	23.1	14.6	12.5	6.6	15.8
1946	6.2	6.9	9.1	15.0	20.1	25.3	27.8	28.0	25.2	14.9	13.6	8.9	16.8
1947	4.2	9.4	13.1	16.0	20.2	25.4	27.1	26.2	21.7	14.9	11.9	10.3	16.7
1948	10.0	6.0	6.3	13.6	19.6	22.8	25.9	26.6	21.8	16.5	9.3	2.8	15.1
1949	4.5	3.9	7.8	12.4	21.5	23.6	24.7	23.7	19.5	16.1	13.5	8.8	15.0
1950	2.8	6.4	9.5	17.5	19.1	24.3	27.1	26.0	23.7	14.8	10.7	9.6	16.0
1951	7.9	9.3	11.8	15.4	20.5	23.7	26.2	26.6	22.4	13.8	11.4	6.0	16.3
1952	7.7	7.7	9.4	15.6	18.3	23.0	25.6	27.5	24.5	17.1	13.4	11.3	16.8
1953	8.0	8.0	6.0	14.6	18.3	23.8	26.8	25.8	21.2	16.5	8.4	4.7	15.2
1954	3.2	5.4	10.6	12.1	18.7	26.0	27.8	27.3	23.0	17.7	11.7	7.9	16.0
1955	9.8	12.3	11.3	12.1	20.6	25.1	27.2	25.6	22.6	18.7	11.6	8.1	17.1
1956	7.6	6.9	6.4	15.6	19.1	23.9	27.0	27.4	21.4	15.5	11.3	5.8	15.7
1957	5.3	9.4	9.6	14.7	18.5	25.4	27.5	27.9	23.4	18.9	12.0	7.4	16.7
1958	7.1	9.8	10.8	14.1	21.5	24.4	26.9	26.7	20.2	16.2	11.8	9.3	16.6
1959	6.5	3.9	9.4	13.9	19.1	22.8	26.7	26.3	19.6	14.0	10.9	9.4	15.2
1960	8.6	7.8	9.5	13.8	19.8	23.2	26.2	26.4	21.7	19.1	13.1	11.2	16.7
1961	6.1	6.3	10.0	16.8	19.9	24.0	26.4	26.4	20.9	16.0	12.7	8.4	16.2

Tablo 3.2'in (Devamı)

YIL	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Toplam mm
1962	7.2	6.2	11.8	13.6	21.2	24.5	26.5	27.6	22.5	17.6	15.0	9.2	16.9
1963	7.0	10.1	8.7	13.6	19.0	25.0	27.5	27.9	23.6	17.5	12.4	8.9	16.8
1964	2.5	5.9	9.7	14.3	18.7	24.1	25.7	24.9	20.5	17.1	10.8	9.1	15.3
1965	6.6	5.3	10.2	13.2	18.6	24.9	26.2	24.6	23.1	14.7	12.0	9.7	15.8
1966	7.7	10.2	9.8	15.6	18.7	23.5	27.2	27.3	21.7	19.7	14.7	8.4	17.0
1967	5.2	3.9	8.9	14.2	19.2	23.0	26.6	27.0	22.1	14.7	10.3	8.5	15.3
1968	5.1	8.0	9.1	16.3	22.4	24.1	26.9	24.9	21.5	16.3	11.5	8.5	16.2
1969	5.2	9.0	9.4	12.1	21.5	25.2	24.4	26.3	23.7	17.0	11.3	9.4	16.2
1970	7.5	9.3	10.6	15.6	17.6	23.9	26.9	26.2	21.9	15.1	11.0	6.7	16.0
1971	9.0	6.2	9.7	13.0	19.7	23.4	25.0	26.3	22.2	14.9	11.3	6.3	15.6
1972	4.7	6.6	9.8	16.5	20.0	24.6	27.3	26.0	22.4	14.6	10.8	5.4	15.7
1973	5.4	9.2	8.8	13.2	19.9	22.9	27.2	24.6	23.0	16.4	8.8	7.8	15.6
1974	2.4	7.6	10.5	13.0	18.8	24.1	25.9	24.9	21.5	19.1	11.0	6.4	15.4
1975	4.8	5.3	11.7	15.8	19.5	23.4	26.6	25.8	22.7	16.4	10.7	5.1	15.7
1976	5.0	4.8	8.5	13.8	18.9	22.7	25.2	22.9	20.2	16.9	11.3	7.3	14.8
1977	6.3	9.9	9.2	13.6	20.3	24.9	26.8	26.3	21.0	13.5	13.0	6.2	15.9
1978	5.9	9.5	10.6	13.8	19.3	24.5	26.3	24.7	19.5	16.0	9.2	7.7	15.6
1979	7.6	8.2	11.5	13.3	19.2	25.0	25.7	25.9	22.8	16.7	11.1	7.4	16.2
1980	4.7	5.8	8.7	12.7	18.3	22.9	26.8	25.9	20.6	17.3	12.3	8.2	15.4
1981	6.0	6.1	11.5	14.7	17.5	25.6	25.4	25.7	22.5	18.9	8.8	11.5	16.2
1982	6.9	5.0	8.1	13.4	18.6	24.3	24.5	25.6	23.7	16.2	9.5	8.0	15.3
1983	4.1	4.9	9.8	16.0	19.7	22.8	26.1	24.5	21.6	15.4	10.9	8.4	15.4
1984	7.0	8.0	9.4	12.3	20.7	23.7	25.3	24.0	23.2	17.9	11.8	5.8	15.8
1985	8.7	3.2	9.4	15.8	21.7	24.3	25.8	26.8	22.5	14.7	12.8	7.8	16.1
1986	8.6	8.6	9.3	16.9	19.0	24.7	27.3	28.2	23.5	15.9	8.7	6.4	16.4
1987	7.3	8.1	5.8	12.5	18.5	24.3	28.3	25.9	23.7	15.9	10.7	7.0	15.7
1988	7.1	7.2	9.2	14.0	20.4	25.0	28.8	27.5	22.7	16.1	8.5	7.6	16.2
1989	4.0	7.4	11.7	18.6	19.0	23.9	26.6	27.4	22.7	15.6	10.0	6.6	16.1
1990	3.9	7.4	11.3	14.9	19.2	24.3	27.4	26.5	21.5	17.5	13.4	8.8	16.3
1991	5.4	6.8	11.4	14.2	17.7	24.7	26.7	27.0	22.1	17.3	11.4	4.2	15.7
1992	3.2	3.8	8.8	14.5	18.8	24.6	25.7	28.1	21.7	20.1	9.9	4.7	15.3
1993	4.1	4.5	8.8	13.8	18.5	24.8	26.6	27.1	22.8	19.2	10.1	9.4	15.8
1994	7.9	7.2	9.9	16.7	21.0	24.2	27.7	28.1	26.4	20.2	10.0	6.1	17.1
1995	7.8	8.9	10.1	13.1	20.1	27.5	27.6	26.8	23.2	15.5	8.2	8.7	16.5
1996	4.8	8.1	7.4	12.8	22.3	24.8	27.3	26.9	21.0	15.3	12.4	11.1	16.2
1997	7.1	6.2	7.9	10.7	21.3	25.5	27.7	24.6	20.7	16.4	11.9	8.2	15.7
1998	6.1	8.5	7.9	16.2	18.9	24.9	28.2	28.3	22.6	18.1	13.0	8.0	16.7
1999	7.4	7.7	10.6	15.7	21.3	25.9	28.8	28.2	24.1	18.6	12.3	9.7	17.5
2000	3.6	6.4	9.5	16.7	20.3	25.3	29.3	27.3	23.4	17.1	13.3	8.2	16.7
2001	8.3	8.8	14.9	15.1	19.6	25.6	29.3	28.6	23.4	18.5	10.9	6.3	17.4
2002	4.8	10.0	11.6	14.1	20.3	25.8	28.8	27.3	22.3	17.0	11.3	5.9	16.6
2003	9.6	3.7	7.2	12.2	22.2	26.5	27.9	28.0	21.8	18.2	10.6	7.2	16.3
2004	5.8	6.8	10.7	15.0	19.6	25.5	27.5	27.0	23.4	19.3	11.6	8.1	16.7
2005	7.5	7.1	10.5	15.5	20.5	23.9	28.4	28.3	23.5	15.9	10.9	8.9	16.7

### 3.2.3 Jeolojisi

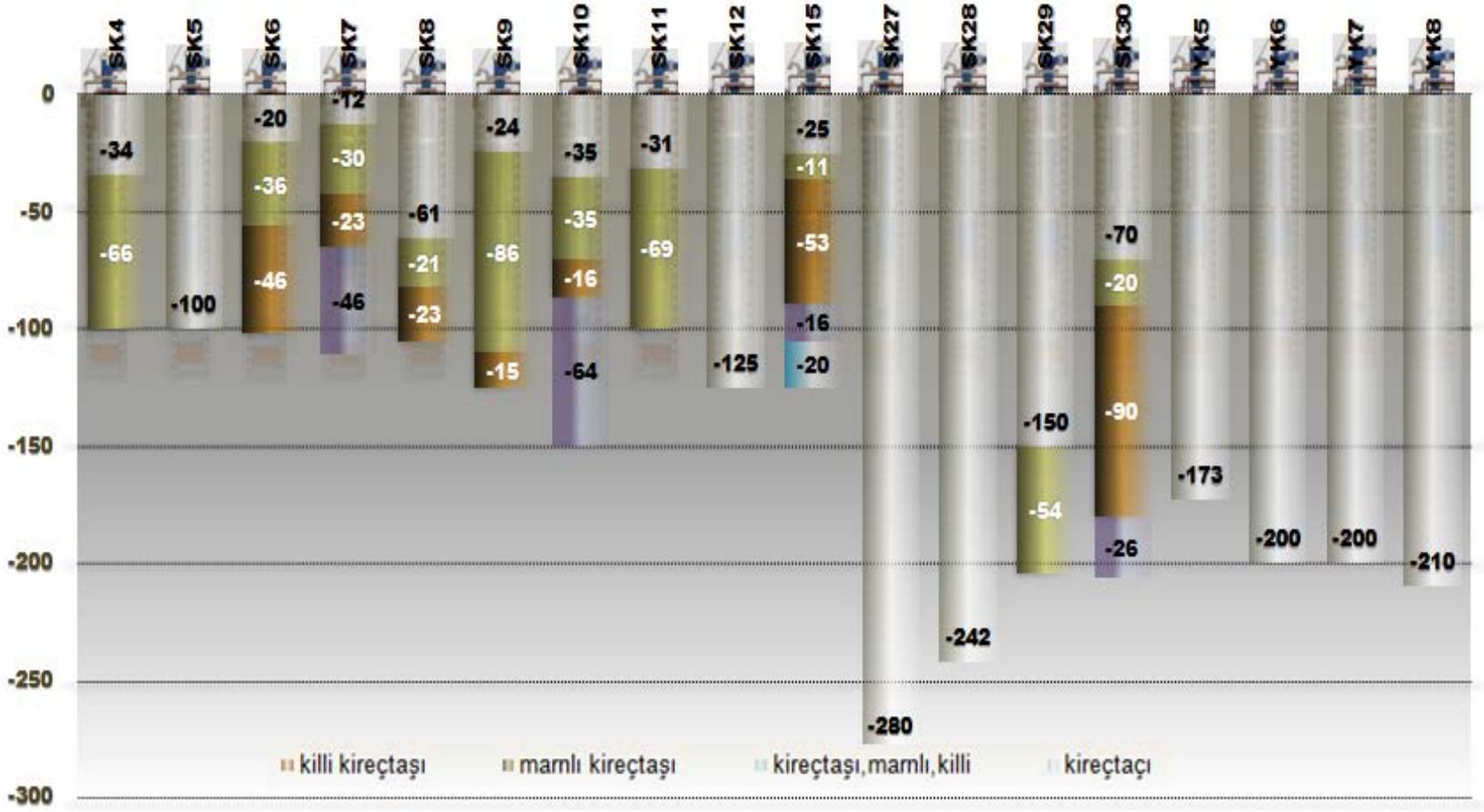
Kaynakların bulunduğu kısmın en yaşlı formasyonları Mesozoyik serilerdir. Mesozoyik serilerin üzerine Pliyosen seriler aşınmadan dolayı diskordan olarak gelmiştir. Mesozoyikte başlayan tektonik hareketler Neojen de de devam etmiş olup günümüzde de devam etmektedir. Tektonik hareketler sonucu KB-GD doğrultulu faylar oluşmuştur (DSİ, 1980).

Kaynaklar, Kumçayı doğusunda kalan, Nuriye ve Lütfiye köyleri dolayında yaygın mostra veren Neojen yaşlı genç kireçtaşlarından boşalmaktadır. Triyas, Jura, Üst Kretase yaşlı formasyonlar görülmektedir. Tabanda kaynakların güney doğusunda ve kuzeybatısında masif açık gri renkli üst kretase yaşlı kireçtaşlar mostra vermişlerdir. Bol kırık ve çatlaklı olup karstik bir yapıya sahiptir.

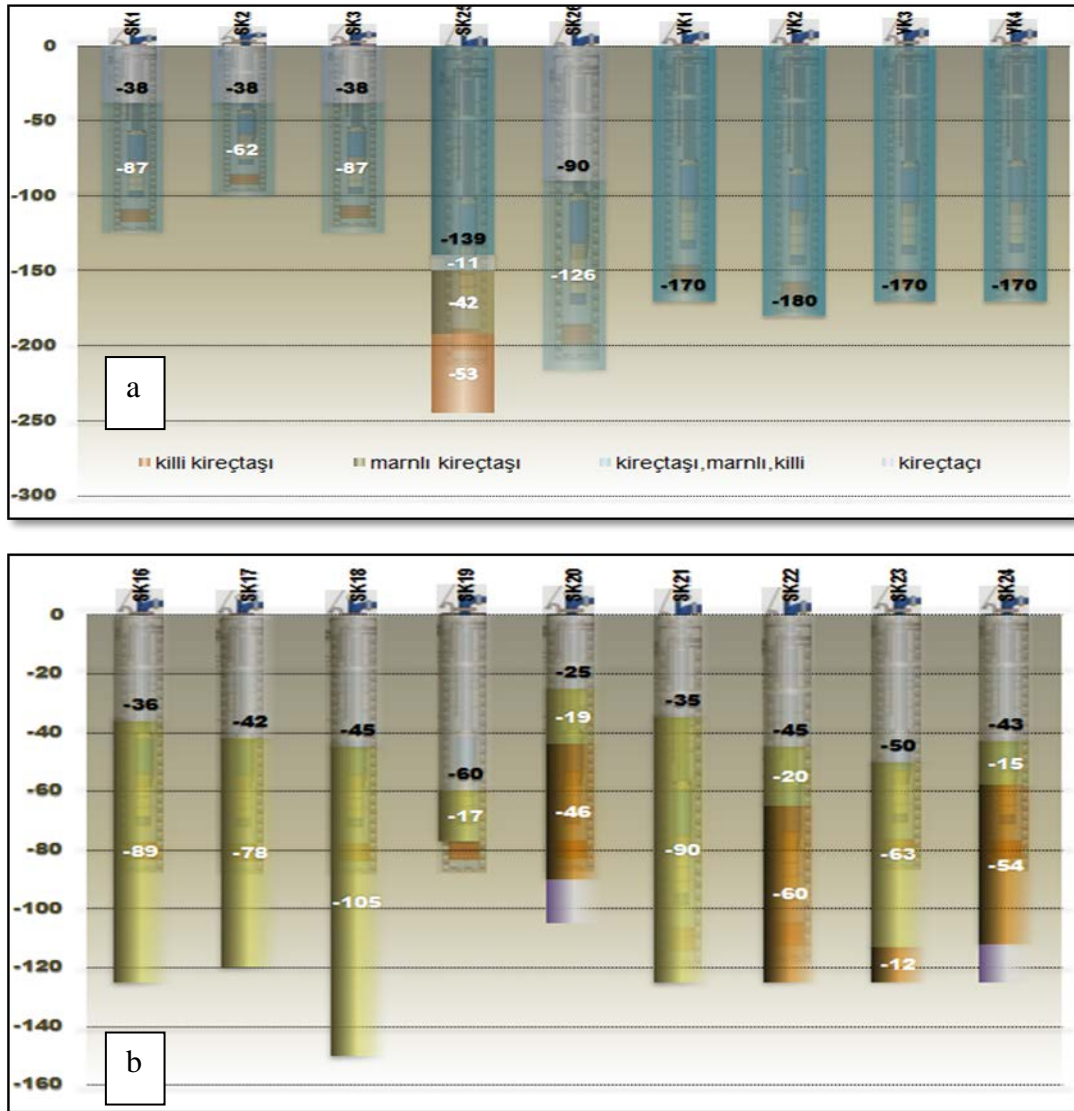
Kireçtaşları üzerine Lütfiye köyü doğusunda mostra veren üst kretase yaşlı kırmızı renkli fliş bulunur. Kumtaşı, konglomera, kiltası olarak görülür. Göl marmara doğusunda mostra vermektedir. Pliyosen serileri tabandan üste doğru kil-marn, kireçtaşı-marn, kireçtaşı olmak üzere üç grup olarak mostra vermiştir. Bu üç seviye birbirleriyle yan al geçişlidir.

Kil-marn birimi, kaynakların kuzeybatısında ve kuzeyinde Kemiklidere, Tirkeş köyü kuzeyinde mostra verir. Kireçtaşı-marn seviyeleride kil-marn seviyelerinin üstünde görülür. Kireçtaşları ise kaynaklar çevresinde mostra verirler. Krem renkli, sert boşluklu ve kırıklıdır. Sarıkız kaynakları bu kireçtaşlarından çıkmaktadır. Kaynaklar civarında açılan kuyuların loglarında bu kireçtaşları içinde kil-marn seviyesi geçildiği görülmüştür (DSİ, 1980).

Sarı kız Kaynağındaki kuyulara ait jeolojik kesitler Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3 Sarıkız Göcek Değirmeni kuyularının jeolojik kesiti



Şekil 3.4 Sarıkız kuyularının jeolojik kesiti (a) Memba Kaynağı (b) Arpalı Kaynağı

### 3.2.4 Hidrojeolojisi

Neojen yaşlı karstik kireçtaşlarından boşalan, Sarıkız Kaynaklarının beslenme bölgesi, kuzey kuzeydoğu doğrultusunda geniş alanlar kaplar. Hazne kaya özelliğindeki Neojen kireçtaşları ve bu kireçtaşlarının doğudan ilintili olduğu, yüksek topografyayı oluşturan Kretase yaşlı kristalize kireçtaşları ve kumlu çakıllı seviyelerin hakim olduğu kum çayı alüvyonları, bu boşalımların beslenme alanını oluşturmaktadır.

Yıllık yağış ve kaynak verim değerleri karşılaştırıldığında, yıllık ortalama kaynak akımının yağışlarla ilintili olduğu görülmektedir. Ancak özellikle kumçayı alüvyonları yağış ile birlikte, Kumçayı akımlarından da önemli miktarda beslenmektedir.

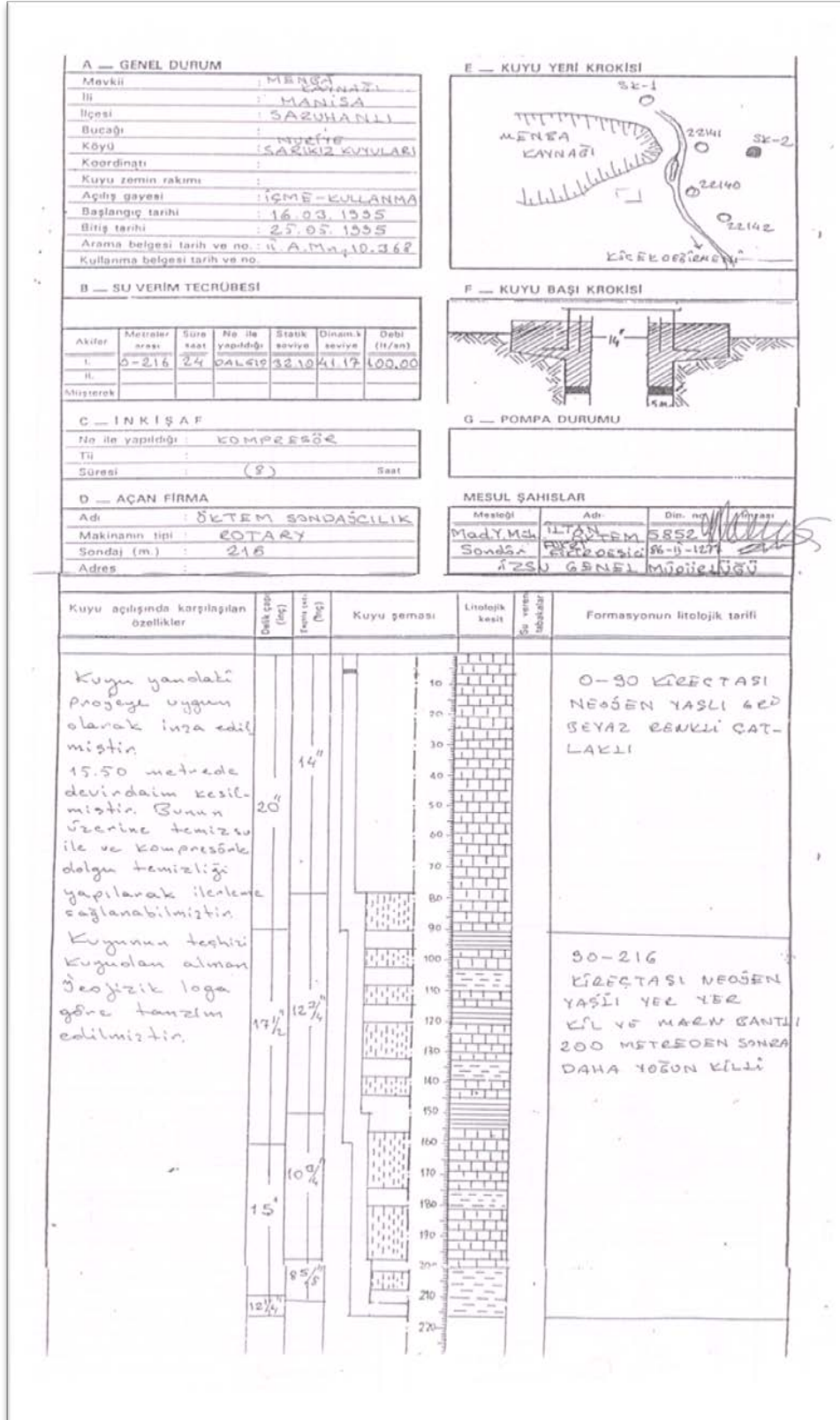
### ***3.2.5 Mevcut Kuyuların Öznelikleri***

Sarıköz Kaynak grubu çevresinde DSİ tarafından 1964-1979 yılları arasında 5 adet araştırma sondaj kuyusu, 3 adet işletme kuyusu, 3 adet içmesuyu karşılanması amacıyla sondaj kuyusu açılmıştır. Beyoba'da 1972-1973 yıllarında 24 adet işletme sondaj kuyusu açılmıştır. Sazoba'da 1977 yılında 10 adet işletme sondaj kuyusu açılmıştır (DSİ, 1980). Şu an Sarıköz kaynaklarında İZSU tarafından içmesuyu temininde kullanılan toplam 30 adet işletme kuyusu ve 8 adet yedek kuyu mevcuttur.

Sarıköz Memba Kaynağında İZSU tarafından mevcut içmesuyu temininde kullanılan İZSU kuyu no'ları SK1, SK2, SK3, SK25, SK26 ve YK1, YK2, YK3, YK4 olmak üzere 5'i işletme halinde 9 kuyu mevcuttur. 1995'de Memba Kaynağında açılan kuyu logu Şekil 3.5'de gösterilmektedir.

Kuraklık nedeniyle 2008 yılında açılan 4 adet YK1, YK2, YK3, YK4 yedek işletme kuyusunun kuyu loglarındaki debileri 50 lt/s civarında; derinlikleri 170-180 m; statik seviyeleri 50-55 m dir. Beş adet SK1, SK2, SK3, SK25, SK26 işletme kuyusu 1977-85-95 yılları arasında açılmıştır. Açıldığı tarihlerdeki debileri 100-170 lt/s, derinlikleri 100-216 m, statik seviyeleri 3-32 m dir. Kuyu loglarından elde edilen Sarıköz-Memba işletme kuyuların karakteristik parametreleri Tablo 3.3'de verilmiştir.





Şekil 3.5 Sarıkız Memba Kaynağı 1995 yılında açılan SK26 nolu kuyuya ait log bilgisi.

Tablo 3.3 Sarıkız-Memba Kaynağı İZSU işletme kuyularının karakteristik parametreleri

Bölge	Kuyu Adı DSİ / İZSU	Açan Kurum /Açılış Tarihi	Rakım (m)	Kuyu Derinliği (m)	Statik seviye (m)	Dinamik Seviye (m)	Verim (lt/s)
Manisa/Sarıkız-Memba Kaynağı	B45-22141 / SK1	DSİ / 1977	63	125	3,06	4,33	180
	B45-22142 / SK2	DSİ / 1977	62	100	2,66	5,37	170
	B45-35040 / SK3	DSİ / 1986	62,90	125	3,63	6,12	100
	--/ SK25	İZSU / 1995		250	29,55	37,21	100
	--/ SK26	İZSU / 1995		216	32,1	41,17	100
	--/ YK1	İZSU / 2008		180	55	60	51
	--/ YK2	İZSU / 2008		170	55	65	50
	--/ YK3	İZSU / 2008		170	49	68	52
--/ YK4	İZSU / 2008		170	54	71	53	

Göcek Değirmeni Kaynağında mevcut içmesuyu temininde kullanılan İZSU kuyu no'ları SK4, SK5, SK6, SK7, SK8, SK9, SK10, SK11, SK12, SK13, SK14, SK15, SK27, SK28, SK29, SK30 ve YK5, YK6, YK7, YK8 olmak üzere 16'sı işletme halinde 20 kuyu mevcuttur.

İşletme halindeki, 1977-85-95 tarihlerinde açılan, 16 kuyunun kuyu loglarındaki debileri 80-100 lt/sn, derinlikleri 100-242 m., statik seviyeleri 1-47,45 m dir. 2008 yılında İZSU tarafından açılan dört yeni kuyunun debileri 50 lt/s civarında, derinlikleri 173-210 m, statik seviyeleri 35-55 m dir. Kuyu loglarından elde edilen Sarıkız Değirmen Kaynağında işletme kuyuların karakteristik parametreleri Tablo 3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.4 Sarıkız-Göcek Değirmeni kuyularının karakteristik parametreleri

Bölge	Kuyu Adı DSİ / İZSU	Açan Kurum /Açılış Tarihi	Rakım (m)	Kuyu Derinliği (m)	Statik seviye (m)	Dinamik Seviye (m)	Verim (lt/s)
Manisa-Sarıkız / Göcek Değirmeni Kaynağı	B45-22144 / SK4	DSİ / 1977	58	100	8,29	9,11	80
	B45-22145 / SK5	DSİ / 1977		100	2,61	4,51	160
	B45-35039 / SK6	DSİ / 1986	54,2	125	4,85	6,46	100
	B45-33004 / SK7	DSİ / 1986	49	111,30	0,7	2,11	100
	B45-33001 / SK8	DSİ / 1985	52,40	105	4,54	13,05	100
	B45-33000 / SK9	DSİ / 1985	53,00	125	4,80	12,98	100
	B45-33005 / SK10	DSİ / 1986	48,70	150	1,05	4,05	100
	B45-32146 / SK11	DSİ / 1977	54	100	4,75	6,52	90
	B45-35038 / SK12	DSİ / 1986	59,20	125	11,11	14,62	100
	B45-35037 / SK13	DSİ / 1986		125	---		---
	B45-33002 / SK14	DSİ / 1986	60,0	125	11,80	18,80	100
	B45-33003 / SK15	DSİ / 1986	60,50	125	11,20	18,80	100
	--/ SK27	İZSU / 1995		208	46,25	62,80	100
	--/ SK28	İZSU / 1995		242	42,11	57,93	100
	--/ SK29	İZSU / 1995		204	47,15	64,58	100
	--/ SK30	İZSU / 1995		206	47,45	65,15	100
	--/ YK5	İZSU / 2008		210	54	69	50
	--/ YK6	İZSU / 2008		200	54	69	52
--/ YK7	İZSU / 2008		200	35	62	50	
--/ YK8	İZSU / 2008		173	55	67	52	

Arpalı Kaynağında mevcut içmesuyu temininde kullanılan, İZSU kuyu no'ları SK16, SK17, SK18, SK19, SK20, SK21, SK22, SK23, SK24 olmak üzere, 9 adet işletme kuyusu bulunmaktadır.

İşletme halindeki, 1978-85-86 tarihlerinde açılan, 16 kuyunun kuyu loglarındaki debileri 100-270 lt/s, derinlikleri 77,15-150 m statik seviyeleri 2,25-5 m dir. Kuyu loglarından elde edilen Sarıkız-Arpalı işletme kuyularının karakteristik parametreleri Tablo 3.5'de gösterilmiştir.

Tablo 3.5 Sarıkız-Arpalı Kaynağı kuyularının karakteristik parametreleri

Bölge	Kuyu Adı DSİ / İZSU	Açan Kurum /Açılış Tarihi	Rakım (m)	Kuyu Derinliği (m)	Statik seviye (m)	Dinamik Seviye (m)	Verim (lt/s)
Manisa-Sarıkız /Arpalı Kaynağı	B45-33007 / SK16	DSİ / 1986	51,35	125	2,5	8,66	100
	B45-33006 / SK17	DSİ / 1986	52,30	120	3,76	5,36	100
	B45-33010 / SK18	DSİ / 1985	50,35	150	2,25	5,75	100
	B45-22143 / SK19	DSİ / 1978	50	77,15	2,31	4,62	230
	B45-33012 / SK20	DSİ / 1985		105	4,47	7,20	100
	B45-33008 / SK21	DSİ / 1985	52,55	125	4,6	7,58	100
	B45-33013 / SK22	DSİ / 1985	52,30	125	4,81	10,29	100
	B45-33009 / SK23	DSİ / 1985	52,60	125	4,50	6,20	100
	B45-33011 / SK24	DSİ / 1985	60	125	5,00	6,33	100

Her üç kaynağın DSİ ve İZSU Genel Müdürlüğünden elde edilen kuyu loglarından kuyu karakteristikleri incelendiğinde 1977 yılından 2008 yılına kadar açılan kuyuların statik seviyelerinin zeminden olan mesafeleri ile kuyu derinliklerinde geçmişten günümüze artışlar olduğu görülmektedir. Bu da kaynak verimin giderek daha derinlerden temini gerektiğini göstermiştir.

### 3.3 Göksu Kuyuları

#### 3.3.1 Coğrafi Konumu

Göksu Kaynağı Ege Bölgesinde İzmir'in kuzeyinde Gediz Havzasında Manisa sınırları içinde bulunmaktadır. Göksu Kaynak grubu Gediz ovasının kenar bölgelerinden çıkar. Güneyde Manisa Dağı, doğuda Gediz Vadisi, Çal Dağı, kuzeyde Havutlu Dağı, batıda Osmanlıca, Sarınasuhlar köyleri bulunur. Kaynak alanı ovalık alanlar denizden 30-60 km. uzakta olmalarına karşılık denizden yüksekliği 20-80 m arasında değişir. Kaynakların beslenme alanlarını meydana getiren yükseklikler kuzeyde 1000 m. güneyde 1500 m'yi bulan tepelerden meydana gelmektedir (Şekil 3.6).

Göksu Kaynağı; Göksu, Çullu ve Göldeğirmeni olmak üzere üç kaynak grubundan oluşmaktadır. Bu üç kaynağında birbirleriyle irtibatlı olması, aynı hazne kayadan boşalması sebebiyle işletme Göksu kuyularından yapılmaktadır. Göksu Kaynağı; Manisa-Muradiye İlçesinde 4 km. kuzeyinde 22 m kotundan alüvyondan çıkmaktadır. Çullu Kaynağı; Göksu Kaynağının 2,5 km batısında olup Manisa Muradiye İlçesinin 4 km. kuzeyinde Çullu tepenin batı eteklerinden 22,5 m. kotundan alüvyondan çıkmaktadır. Göldeğirmeni Kaynağı; Manisa Saruhanlı İlçesi Tilki Süleymaniye köyünün 1 km kuzey batısından 31 m kotundan çıkmaktadır. Göksu Kuyularının bulunduğu yerin uydu görüntüsü Şekil 3.6'da gösterilmektedir.



Şekil 3.6 Göksu kuyularının uydu görüntüsü.

### 3.3.2 İklim ve Meteorolojisi

Göksu Kaynak bölgesinin Ege kıyılarına nazaran iklimi daha serdirdir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçer. Tarım ürünlerinden üzüm, domates, karpuz, mısır ve buğday başta gelmektedir.

Göksu Kaynağının beslenme alanı içinde yer alan Manisa Meteoroloji İstasyonuna ait yağış gözlemleri Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6 Manisa istasyonunun (17186) 1985-2010 dönemi yağış gözlemleri (mm/ay)

YIL	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Toplam mm
1970	94.9	200.4	131.6	45	24	39.7	20.7	-	3.3	97.8	53.8	111.5	822.7
1971	72	152.6	158.8	23.3	7.4	24.3	4	55.3	6.4	42.6	131.4	135.5	813.6
1972	28.5	75.3	43.5	52.2	43.2	6.1	3.7	1.4	20.7	140.1	41.1	3.7	459.5
1973	59.7	213.7	62.8	84	26.2	27.8	16	-	9	22.1	76.9	148.6	746.8
1974	18.6	178.4	131.2	47.6	24.6	25.2	0.9	11	36.6	39.3	173.2	113.2	799.8
1975	161.4	88.8	69.4	65.9	51.3	38.8	-	1.9	15.8	41.5	107.7	120.3	762.8
1976	72	67.2	44.2	93.2	51.8	20.6	21.1	17.1	0.1	157.7	93	154.2	792.2
1977	77.9	67.4	56	68.3	2.9	10.6	-	0	51.5	101.6	94.1	142.1	672.4
1978	257.1	151	164.4	80.4	34.5	12.1	-	-	87.8	96.8	59.1	51.9	995.1
1979	230.5	87.5	36.1	26.7	47.8	9	2.1	17	-	14.3	126.2	145.8	743
1980	202	28	115.2	52.9	65.4	39.9	-	0.1	1	7.5	137.1	215.3	864.4
1981	298.2	62.7	84.9	20.1	49.3	0.1	-	-	1.7	8.4	134.3	393.8	1053.5
1982	53.4	76.4	105.2	123.7	52.3	-	6.7	-	-	75.5	58.4	132.9	684.5
1983	69	128.9	12.9	60.7	32.8	11.4	23.6	46.3	1	15.4	182.6	100.3	684.9
1984	205.5	93.5	117.3	102.5	1.2	1	22	7.1	0.1	-	51.2	47.5	648.9
1985	162.3	48.2	79.7	18.1	40.5	5.6	-	0.3	-	48.6	143.1	36.8	583.2
1986	215.5	157.2	34.7	50.8	5	50.8	-	-	5.4	37.6	15.1	219.8	791.9
1987	262.5	55.4	61	74.4	13.5	6	-	0.1	-	13.3	152	115.8	754
1988	27.6	123.3	163.9	24.6	10.9	0.6	-	-	2.7	15.7	116.6	110.4	596.3
1989	0.8	12.1	108.3	9.1	45.7	8.8	-	-	7.4	96.1	136.3	180.9	605.5
1990	6.3	59	19.9	55	15	12.6	-	10.7	19.9	21.1	11.6	245	476.1
1991	39.8	40.7	25.2	66.8	124.6	1.7	22.1	0.1	1.2	29.3	25.7	146.7	523.9
1992	0.3	11.9	79.7	46.2	6.4	11.5	48.6	0.2	-	7.9	109.5	112.3	434.5
1993	52.3	130.3	66.6	62.9	61	1.2	-	-	0.2	4.5	121.8	151.9	652.7
1994	73.8	81.4	82.1	67.2	28.5	4.3	-	-	-	53.3	87.3	115.4	593.3
1995	203.4	29.8	180.1	84.1	40.6	0.3	5.2	19.3	19.9	5.7	104.8	82.9	776.1
1996	12.6	163.7	39.7	89	27.7	0.4	-	3.8	39.4	18.3	63.6	110.5	568.7
1997	100.7	26.5	118.4	103.7	28.5	7.8	0.7	1.6	-	112.4	63	204.4	767.7
1998	174.4	88.2	119.8	25	105.9	2.5	1.8	-	37.4	46.6	125.9	139.8	867.3
1999	111.4	317.1	92.3	15.7	0.8	7.6	3.1	0.2	0.2	35	67.4	114.3	765.1
2000	96.4	127.8	102.4	68	4.6	-	-	2.6	-	36.8	94	37.7	570.3
2001	74.6	99.9	24.9	74.1	43.6	2.5	0.1	19.2	37.9	-	270.6	354.8	1002.2
2002	67.6	21.8	117.7	60.5	7.5	0	2.1	0	94.8	41.6	99	110.3	622.9
2003	106.7	203.3	37.4	100.5	11.7	5.2	0.7	0	6.6	78.7	21.6	95.8	668.2
2004	232.5	59.7	17.4	33.7	19.9	11.5	5.3	0	0	1	98.7	46	525.7
2005	43.6	209.6	87.4	28.9	47.8	60.8	12.3	7.4	13.7	8.4	139.1	84.9	743.9
2006	88.6	120	136.6	29.3	3.1	31.2	5.3	0	56.5	89.9	46.9	16.2	623.6
2007	37	32.6	31.4	18.4	37.2	26.6	0	0	0	86.5	96.9	111.6	478.2
2008	30	11.2	80.6	40.8	9.8	15.8	0	0.4	45.4	11.6	78.8	83.4	407.8
2009	207.4	209.2	135.8	68.2	25.6	7.2	0	0	36.2	29.2	119.2	131.6	969.6

Manisa Meteoroloji İstasyonunda ölçülen aylık ortalama sıcaklık değerleri Tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.7 Manisa istasyonu (17186) 1930-2005 dönemi aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C)

YIL	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM mm
1930	7.6	7.3	12.1	15.9	19.3	24.5	28.2	27.7	23.1	17.7	11.8	10.0	17.1
1931	8.2	8.5	11.4	12.9	19.4	24.7	28.5	27.2	22.4	17.4	9.8	6.3	16.4
1932	5.5	3.8	9.5	15.4	20.3	24.8	28.1	27.4	24.7	21.7	12.0	6.9	16.7
1933	5.0	7.9	8.1	12.0	17.2	21.9	25.0	25.9	20.6	16.7	15.7	6.0	15.2
1934	6.6	4.2	13.1	17.0	20.5	25.1	27.5	27.1	23.1	17.8	13.1	8.0	16.9
1935	6.6	8.1	9.2	15.2	21.4	26.3	27.2	27.4	23.4	18.8	11.6	10.9	17.2
1936	9.5	8.9	12.0	16.5	18.4	23.4	27.8	27.0	21.8	17.9	11.3	4.4	16.6
1937	4.9	9.7	14.1	15.6	20.4	25.6	28.9	27.3	25.2	18.0	12.5	10.0	17.7
1938	6.2	6.2	8.9	13.5	19.7	25.1	28.7	28.7	22.1	17.4	10.1	9.2	16.3
1939	8.3	6.6	9.6	16.2	20.6	23.5	28.1	26.9	22.9	19.5	11.4	9.1	16.9
1940	5.2	8.5	10.6	14.5	18.1	23.1	27.3	24.9	21.5	18.7	12.7	8.5	16.1
1941	9.1	11.0	10.1	16.2	20.6	24.6	27.2	27.0	20.0	15.8	10.0	3.8	16.3
1942	3.1	8.4	9.5	14.8	21.6	26.9	27.0	26.2	23.4	16.9	10.9	5.3	16.2
1943	4.6	6.1	7.3	13.8	18.9	23.4	26.7	27.6	23.3	19.0	15.1	7.9	16.1
1944	5.6	8.7	10.0	15.3	17.9	25.7	26.9	25.7	22.9	17.7	12.2	8.8	16.5
1945	7.0	4.9	8.7	14.3	23.5	25.2	27.9	28.9	23.9	15.6	13.2	6.6	16.6
1946	6.9	7.6	10.1	15.6	20.6	26.4	28.8	29.3	26.2	16.0	14.7	9.1	17.6
1947	4.9	10.4	14.1	17.4	21.4	26.3	28.6	27.7	23.3	16.2	13.0	11.1	17.9
1948	10.9	6.8	7.7	14.8	20.4	23.7	27.6	27.9	23.2	18.2	10.6	3.5	16.3
1949	4.7	4.7	8.4	12.8	21.5	24.2	26.0	25.1	20.6	17.2	14.2	9.1	15.7
1950	0.0	7.3	10.5	17.3	19.8	25.4	28.5	27.5	24.8	16.2	11.5	10.1	16.6
1951	8.2	10.2	12.4	16.0	21.1	25.8	27.4	28.2	23.3	14.8	11.9	6.3	17.1
1952	8.8	8.6	10.3	16.4	19.2	24.1	27.2	29.0	25.5	18.2	13.8	11.7	17.7
1953	8.5	8.8	6.7	15.2	18.6	24.5	28.1	27.1	22.3	17.2	9.2	5.0	15.9
1954	4.0	6.2	11.1	12.7	18.7	26.5	28.7	27.9	24.1	18.2	12.2	8.6	16.6
1955	10.2	13.4	12.0	12.9	20.9	25.4	28.0	26.0	23.1	19.5	12.6	9.0	17.8
1956	8.1	7.8	7.3	15.8	19.8	24.8	28.2	28.4	22.7	16.6	12.3	6.0	16.5
1957	6.0	10.2	10.4	15.6	19.0	26.1	27.8	28.6	23.7	20.0	13.0	8.2	17.4
1958	7.6	10.4	11.5	14.7	21.4	24.7	27.4	27.7	21.7	17.0	12.4	9.6	17.2
1959	7.0	4.4	9.9	15.0	19.8	23.7	27.6	27.1	20.8	15.1	11.4	10.0	16.0
1960	8.6	8.8	10.2	14.4	20.6	23.9	27.0	27.4	22.4	20.0	13.8	11.7	17.4
1961	6.5	7.0	11.0	16.9	20.0	24.5	27.2	27.4	21.6	17.0	13.3	8.8	16.8
1962	7.8	6.9	12.7	14.5	21.6	25.5	27.2	28.7	23.5	18.1	15.6	10.2	17.7
1963	7.9	11.3	9.4	14.3	19.1	25.6	28.4	28.9	24.4	18.1	13.3	10.3	17.6
1964	3.1	6.6	10.4	15.2	19.3	25.2	27.2	26.3	21.8	19.3	11.9	9.9	16.4
1965	7.3	6.2	10.8	13.7	18.6	25.8	27.5	25.5	24.3	15.8	13.5	10.5	16.6
1966	8.3	11.2	10.8	16.3	19.5	24.5	28.1	28.1	22.5	20.5	16.0	9.3	17.9
1967	6.4	5.3	9.8	14.9	20.2	24.1	27.7	27.8	22.9	18.0	11.3	9.5	16.5
1968	5.8	8.9	9.8	17.0	23.3	24.6	27.9	25.7	22.3	16.8	12.4	9.4	17.0
1969	5.9	9.7	10.0	12.8	21.8	25.7	25.3	25.3	24.5	17.6	13.5	10.8	16.9
1970	9.0	11.4	12.0	16.8	19.1	25.0	27.8	27.3	22.9	16.2	12.1	7.7	17.3
1971	10.1	7.4	11.0	13.9	21.0	25.1	26.2	27.1	22.8	15.5	12.3	6.9	16.6
1972	5.2	7.5	10.7	17.4	20.6	25.7	27.5	26.7	22.0	15.1	11.9	5.7	16.3
1973	6.3	9.8	9.6	14.5	20.6	24.0	28.3	26.1	24.1	19.0	10.4	8.7	16.8
1974	3.5	8.4	11.3	13.5	19.2	25.1	27.6	26.5	23.0	20.2	11.8	6.7	16.4
1975	5.7	6.1	12.9	16.1	20.0	24.5	28.1	26.5	24.1	17.9	11.9	6.0	16.7
1976	6.0	5.8	9.5	14.2	19.7	23.8	26.1	23.9	21.5	17.7	12.1	8.1	15.7
1977	7.1	11.3	10.1	14.9	21.3	25.9	28.4	27.6	21.9	14.6	14.1	7.1	17.0
1978	6.5	10.5	11.5	14.5	20.2	25.8	28.0	25.9	20.8	16.9	10.7	8.8	16.7
1979	7.9	9.3	12.3	14.5	20.1	26.3	27.4	27.0	23.8	18.0	12.1	8.3	17.3
1980	5.2	6.5	9.2	13.6	18.9	23.9	28.4	27.0	21.9	19.2	13.7	9.0	16.4
1981	6.6	7.1	12.6	15.6	18.6	27.1	26.9	27.0	23.5	20.4	10.1	12.5	17.3
1982	8.1	5.4	9.2	14.3	19.1	25.5	25.9	26.9	24.9	17.7	10.7	8.9	16.4
1983	4.9	6.2	10.4	16.9	20.8	24.0	27.4	25.7	22.5	16.6	12.1	9.0	16.4
1984	7.9	8.6	10.4	13.1	21.8	24.8	26.7	25.3	24.4	19.2	12.6	7.0	16.8
1985	9.9	4.4	10.4	17.0	22.4	25.4	27.3	28.4	23.6	15.6	14.1	8.4	17.2
1986	9.0	9.6	10.2	17.6	20.2	25.7	28.1	28.9	24.5	17.0	9.5	6.9	17.3
1987	8.3	8.4	6.5	13.2	19.2	25.6	29.5	26.9	25.1	16.7	11.3	7.5	16.5
1988	7.6	7.7	10.0	14.7	21.1	26.2	30.1	28.6	23.6	16.8	9.4	8.2	17.0
1989	4.9	8.2	12.5	19.3	19.6	24.6	27.7	28.2	23.6	16.5	10.8	6.7	16.9
1990	4.3	8.4	12.3	15.8	20.4	25.1	28.8	27.6	22.6	18.3	14.6	9.5	17.3
1991	5.6	7.9	12.0	14.6	18.4	25.8	27.6	27.5	23.0	18.1	11.8	4.5	16.4
1992	3.7	4.7	9.7	15.2	19.7	25.4	26.3	29.2	22.8	21.2	10.9	5.3	16.2

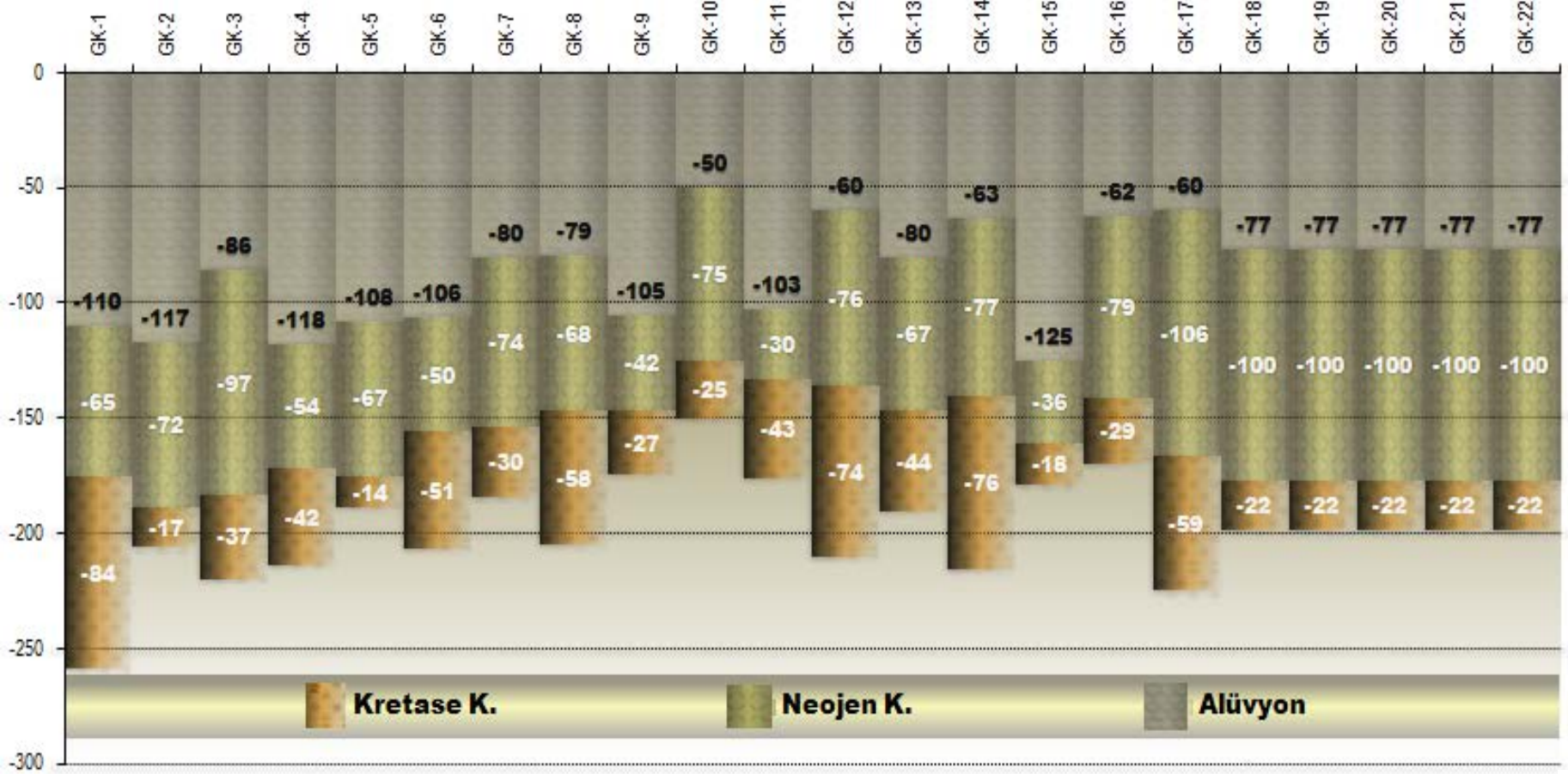
Tablo 3.7'nin (Devamı)

1993	4.8	5.3	10.2	15.0	19.5	25.7	27.9	28.3	23.8	19.9	11.0	10.0	16.8
1994	8.5		10.7	17.2	21.7	25.4	28.9	29.2	27.4	20.3	10.6	6.4	17.8
1995	8.3	9.9	11.1	14.0	20.8	27.8	28.3	27.4	23.7	16.6	8.5	9.6	17.2
1996	5.5	8.7	8.4	13.3	22.5	26.3	28.5	27.8	22.0	16.0	13.1	11.5	17.0
1997	7.5	7.0	8.5	11.1	21.9	26.4	28.4	25.7	21.7	16.9	12.1	8.3	16.3
1998	6.0	8.8	8.2	16.6	19.4	25.9	29.3	29.5	23.2	18.5	13.3	8.2	17.2
1999	7.9	8.0	10.9	16.2	22.1	26.6	29.5	29.1	24.2	18.8	12.5	9.9	18.0
2000	3.6	7.1	9.7	16.6	21.2	26.4	30.4	28.5	23.8	17.3	13.0	8.5	17.2
2001	8.6	8.7	15.5	15.7	20.6	26.4	30.4	29.6	24.0	19.2	11.4	6.6	18.1
2002	4.8	9.4	11.9	14.7	20.9	26.7	29.4	28.1	22.0	17.2	11.7	6.3	16.9
2003	10.1	4.0	7.8	12.6	22.7	27.7	28.7	29.1	22.6	19.4	11.2	7.6	17.0
2004	6.2	7.2	11.8	15.6	20.1	26.0	28.7	27.8	23.9	20.0	12.1	8.3	17.3
2005	7.7	7.3	10.6	15.7	21.2	24.7	29.2	28.7	23.5	16.5	11.2	9.8	17.2

### 3.3.3 Jeolojisi

Göksu kaynak grubunun yer aldığı, Manisa Muradiye Saruhanlı Bölgesinde, temel kayayı oluşturan jeolojik birim Mezozoik yaşlı kireçtaşlarıdır. Bu seri, Akhisar dolayında Soma sivrisi, Kumçayı ovasında Azimli ve Gözlet köyleri yakınındaki alçak tepelerde ve Marmara Gölü kuzeyinde görülen, mikaşist, kuvarsit ve mermerden oluşan kristalen temelin üzerine gelmiştir. Kaynak bölgesi kuzeyinde geniş alanlar kaplamaktadır. Mezozoik yaşlı kireçtaşları genelde açık gri, kirli beyaz, bej renkte şekerimsi yapıda, bol kalsit damarlı kristalize görünüştedir. Karstik özellikte ve bol kırıklı bir yapıya sahip bu kireçtaşlarında, katmanlama belirgin değildir. Karstik oluşumlar kuzeydeki yüzeylenmelerde, en çok Davulga Dağında görülür. Karstik boşluklar genelde açık olup kil veya başka bir malzeme ile sürekli doldurulmamıştır. Bölgede Triyas'tan üst Kretase'ye kadar yeralan kireçtaşı birimleri arasında, geçirimsiz bir seviye yer almaması nedeniyle, hidrojeolojik yönden tek bir birim olarak kabul edilebilir. Kaynak alanı dışında, doğuda Sırçalı ve Çamönü arasında, Lütfiye köyü doğusunda, batıda Sümbüller köyleri civarında yüzeylenen fliş serisi, koyu esmer renkli, killi, şist, mikalı grearkoz, konglomera, radyolarit ve kristalen kireçtaşları ile temsil edilmiştir. Güneyde Manisa Dağında da geniş alanlar kaplayan fliş serisi, hidrojeolojik yönden geçirimsiz örtü özelliği gösterir. Göksu kaynağında açılmış mevcut kuyulara ait kuyu loglarından faydalanılarak oluşturulmuş jeolojik kesit Şekil 3.7'de gösterilmektedir.





Şekil 3.7 Göksu kuyularının jeolojik kesiti

Kaynak bölgesi kuzeyinde geniş alanlar kapsayan Tersiyer yaşlı birimler, Gölsel çökellerle temsil edilmiştir. Bu seride alt birimi oluşturan kiltası ve marn seviyeleri, batıda Avdal köyü dolayında görülür. Kuzeydeki yüksekliklerde, en yaygın birim, gölsel marn sersisi üzerine gelen, volkanik püskürüklerdir. Çoğunlukla andezit, dasit, aglomera ve tuf araldanmasından oluşmuştur. Volkanizma, kuzey güney doğrultulu bloklaşmanın, kırıklarından yükselmiştir. Orpekkaya en belirgin genç volkan bacasıdır.

Volkanik serinin, doğu-güneydoğu kenarında, bir şerit şeklinde uzanan, Boztepe dolayında ve kuzeyde Davulga Dağı ile Karatepe de karstik kireçtaşlarını örten genç seri, başlıca kumtaşı, konglomera, kiltası, marn ve kireçtaşı araldanması şeklindedir. Çullu ve Göksu sondaj kuyularında, sarımsı açık bej renkli marn ve kireçtaşı araldanması şeklinde karstik kireçtaşları üzerine doğrudan gelir. Göl değirmeni kuyusunda, beyaz renkli kumtaşı, marn olarak görülür. Tabanda kumlu killi çakıllı bir seviye kireçtaşları üzerine gelmiştir. Gediz Grabeni oluşturan, doğu batı doğrultulu alçalımı dolduran, genç alüvyonların, 300-400 m kadar kalınlığa ulaşması, bu çöküşün pliosenden bu yana sürekli oluşunu gösterir (DSİ, 1986).

### **3.3.4 Hidrojeolojisi**

Tanımlanan jeolojik birimlerden, yalnız Mezozoik yaşlı kireçtaşı birimi, kırık sistemleri ve karstik yapısı nedeniyle, hazne kaya özelliği gösterir. Örtü seviyesi durumundaki, Neojen yaşlı, marnlı killi seviyeler ile fliş serisi havzanın batı kesiminde geçirimsiz sınır oluşturur. Açılan sondajlarda deniz seviyesinin 250 m. altına kadar gelişmiş olduğu görülen karstik seviyelerin, deniz ile olan ilintisine engel olur.

Kuzeyde karstik birim üzerinde görülen, genç kireçtaşları ve konglomera seviyeleri, geçirimli özellikleri nedeniyle, uygun kotlarda hazne kayanın bir birimi gibi kabul edilebilir. Genç alüvyon serileri, kil kum çakıl karmaşından oluştuklarından, yarı geçirimli bir örtü özelliğindedir (DSİ, 1986).

### 3.3.5 Mevcut Kuyuların Öz nitelikleri

Göksu Kaynaklarında DSİ ve İZSU Genel Müdürlüğü tarafından değişik tarihlerde birçok kuyu açılmıştır. Halihazırda İzmir kentine içmesuyu temin amacıyla 22 adet işletme kuyusu vardır. 1974-75-83-84-95 yıllarında açılan bu kuyuların derinlikleri; 150-259 m açıldığı tarihteki statik seviyeleri 21-24 m ve debileri 50-150 lt/s arasında değişmektedir. Kuyu loglarından elde edilen Göksu işletme kuyularının karakteristik parametreleri Tablo 3.8’de gösterilmiştir.

Tablo 3.8 Göksu Kaynağı kuyularının karakteristik parametreleri

Bölge	Kuyu Adı DSİ / İZSU	Açan Kurum /Açılış Tarihi	Kuyu Derinliği (m)	Statik seviye (m)	Dinamik Seviye (m)	Verim (lt/sn)
Manisa - Göksu Kaynağı	B.45-18887 / GK1	DSİ / 1974	259,5	22	-	100
	B.45-18884 / GK2	DSİ / 1974	206,75	21	-	150
	B.45-18889 / GK3	DSİ / 1974	220,45	23	-	130
	B.45-28842 / GK4	DSİ / 1983	214	23,5	-	150
	B45-18886 / GK5	DSİ / 1974	189,9	22	-	125
	B45-28839 / GK6	DSİ / 1983	207	21,5	-	150
	B45-28844 / GK7	DSİ / 1984	184	23	-	150
	B45-18885 / GK8	DSİ / 1974	205	24	-	150
	B45-18888 / GK9	DSİ / 1974	174	24	-	125
	B45-31892 / GK10	DSİ / 1984	150	24	-	130
	B45-18843 / GK11	DSİ / 1974	176	24	-	100
	B45-31889 / GK12	DSİ / 1984	210	24	-	125
	B45-18882 / GK13	DSİ / 1975	191	23	-	130
	B45-31891 / GK14	DSİ / 1984	216	23	-	125
	B45-18890 / GK15	DSİ / 1974	179,6	23	-	125
	B45-31886 / GK16	DSİ / 1984	170,02	23	-	150
	B45-31888 / GK17	DSİ / 1984	225,5	23	-	150
	B45-31893 / GK18	DSİ / 1984	199,4	23	-	150
	.../ GK19	İZSU / 1995	-	23	-	130
	.../ GK20	İZSU / 1995	-	23	-	50
	.../ GK21	İZSU / 1995	-	23	-	150
	.../ GK22	İZSU / 1995	-	23	-	125

### 3.4 Halkapınar Çamdibi Kuyuları

#### 3.4.1 Coğrafi Konumu

Halkapınar-Çamdibi kuyuları; İzmir kenti doğusunda Bornova Ovası havza alanında şu an şehir içindeki Altındağ semtinde kalmış kuyulardır. İzmir'in en eski su kaynağı olup Bornova-Halkapınar İZSU İşletme sahası içinde ve çevresinde yer almıştır.

Günümüzde gelişen sanayi ve yerleşim alanlarının artması nedeniyle kuyuların bulunduğu bölgenin koruma alanı daralmış, koruma alanı dışında kalan kesimde ise asfalt yollar, sanayi tesisleri, konut ve işyerleri bulunmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Halkapınar kuyularının uydu görüntüsü

### 3.4.2 İklim ve Meteorolojisi

Halkapınar kuyularının bulunduğu alan İzmir'e hakim olan Akdeniz iklimi görülmektedir. Yazlar kurak ve sıcak; kışlar ılık ve yağışlıdır. Kuyuların kent merkezine yakın olması nedeniyle tarımsal alanlar yerini yapılaşmaya bırakmıştır.

Halkapınar-Çamdibi kuyularını temsilen İzmir Meteoroloji İstasyonuna ait yağış gözlemleri Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9 İzmir Meteoroloji İstasyonu (17220) 1970-2010 dönemi yağış gözlemleri (mm/ay)

YIL	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Toplam mm
1970	71.7	184.1	68.7	26	22.5	10.1	0	0	1.5	92.3	61.8	88.5	627.2
1971	80	196	120.6	32.3	3.9	2.9	9.4	18.1	0.4	22.9	107.1	131.7	725.3
1972	25.2	62.1	35.7	41.4	38.1	0.4	0.1	2.6	9.2	85.6	34	4.9	339.3
1973	135.3	186.7	38.6	44.6	9.5	20.7	0	0.2	7.6	29.7	39.7	111.6	624.2
1974	12.7	148.4	127.3	23.1	29.1	0.5	0	1.5	11.8	59.5	118.3	167.8	700
1975	175.1	76	53.4	57.8	16.8	47.5	0	0	5	31.1	128.1	123.2	714
1976	72.2	82.7	63.8	94.1	33.9	9.5	24	4.8	28.2	243.9	74.8	141.8	873.7
1977	73.5	65.4	24.5	37.8	2.1	0.7	0	0	16.8	72.4	71.7	103.1	468
1978	247.7	179.2	123.6	75	40.7	3.5	0	0	51.5	66.1	80.2	28	895.5
1979	238.8	77.7	31	20.6	63.7	9.3	0	0	0	38.8	182.7	126.9	789.5
1980	206.2	41.5	77.8	51.7	33	13.6	0	0	0	8.7	150.4	198	780.9
1981	337.8	52.4	83.7	13	22.7	0	0	0	0	21.1	170.9	354.6	1056.2
1982	63.7	53.4	110.1	98.4	51.8	0	0.7	0	0	77.7	76.2	129.1	661.1
1983	47.4	106.8	9.7	40.3	2.4	12.8	9.8	0.4	0	2.6	158.8	158.4	549.4
1984	242.6	99.5	104.2	71.5	0.2	0	16.4	1.9	0.2	0	89.8	58.8	685.1
1985	145.7	34.6	104	6.1	42.5	1.5	0	0	0	29.8	142	20.6	526.8
1986	282.8	151.6	31.5	44.1	7.2	21.2	0	0	0.7	22.4	22.8	122	706.3
1987	203.8	55.8	114.9	46	5.2	1.5	1.5	0	0	1.5	167.3	149.2	746.7
1988	55.7	103.8	164.2	22	8.1	0	0	0	0	5.4	118.2	150.1	627.5
1989	4.6	11	128.8	1.8	30	38.6	0	0	29.2	44.4	84.7	146.3	519.4
1990	31.4	85.5	21.8	64.9	3.9	2.6	0	2	8.1	19.9	23.6	278.7	542.4
1991	36	57.9	24.9	46.9	100.5	0	28	0.1	0	14.5	32.8	123.7	465.3
1992	0	18	76.4	37.4	9.6	3.9	0	1.7	0	10.2	110.9	93.4	361.5
1993	57	146.6	91.2	48.4	30.8	0.1	0	0	2.8	9.1	108.5	177.8	672.3
1994	70.5	95.2	78.3	49.3	32.5	1.3	0	0.4	0	68.8	85	154.5	635.8
1995	208.6	28.3	185.8	38.9	36.1	-	-	8.9	21	3.9	175.7	82.8	790
1996	30.8	209.6	37.3	90.6	18.2	0.1	-	0.3	112.3	39.9	69.7	195.0	803.8
1997	119.0	20.5	124.2	93.4	13.0	2.0	-	-	-	48.5	84.2	206.6	711.4
1998	171.5	70.4	133.5	34.2	121.9	-	2.7	-	39.6	84.0	271.6	156.7	1086.1
1999	93.6	249.0	77.7	13.9	13.0	0.7	-	-	0.4	28.8	47.9	127.5	652.5
2000	96.3	91.6	77.6	48.1	5.2	-	-	0.1	-	91.6	107.9	35.6	554.0
2001	90.9	108.7	16.0	65.9	18.4	17.1	-	34.9	23.0	-	283.7	269.9	928.5
2002	35.3	34.2	90.7	50.5	10.2	-	2.2	-	66.1	86.5	126.4	148.3	650.4
2003	102.7	201.6	25.3	104.5	10.3	0.1	-	-	0.0	66.5	15.6	116.3	642.9
2004	228.50	27.90	21.30	30.30	11.30	3.70	1.20		0.00	1.70	100.00	77.70	503.60
2005	124.00	287.40	90.50	17.30	35.80	21.00	-	0.20	6.60	22.80	155.90	67.50	829.00
2006	77.5	93.4	180.9	29.4	2.0	10.0	-	0.0	167.2	114.5	63.1	9.1	747.1
2007	33.1	22.6	29.7	19.3	44.1	0.3			0.0	107.7	111.6	112.9	481.3
2008	30.1	9.0	60.0	62.3	4.9	0.4			55.0	12.0	92.6	101.0	427.3
2009	204.1	165.2	175.7	83.8	44.3	9.2	-	-	51.2	26.3	160.3	151.8	1071.9
2010	142.3	301.3	16.1										1016.4

İzmir Meteoroloji İstasyonunda ölçülen aylık ortalama sıcaklık değerleri Tablo 3.10'da verilmiştir.

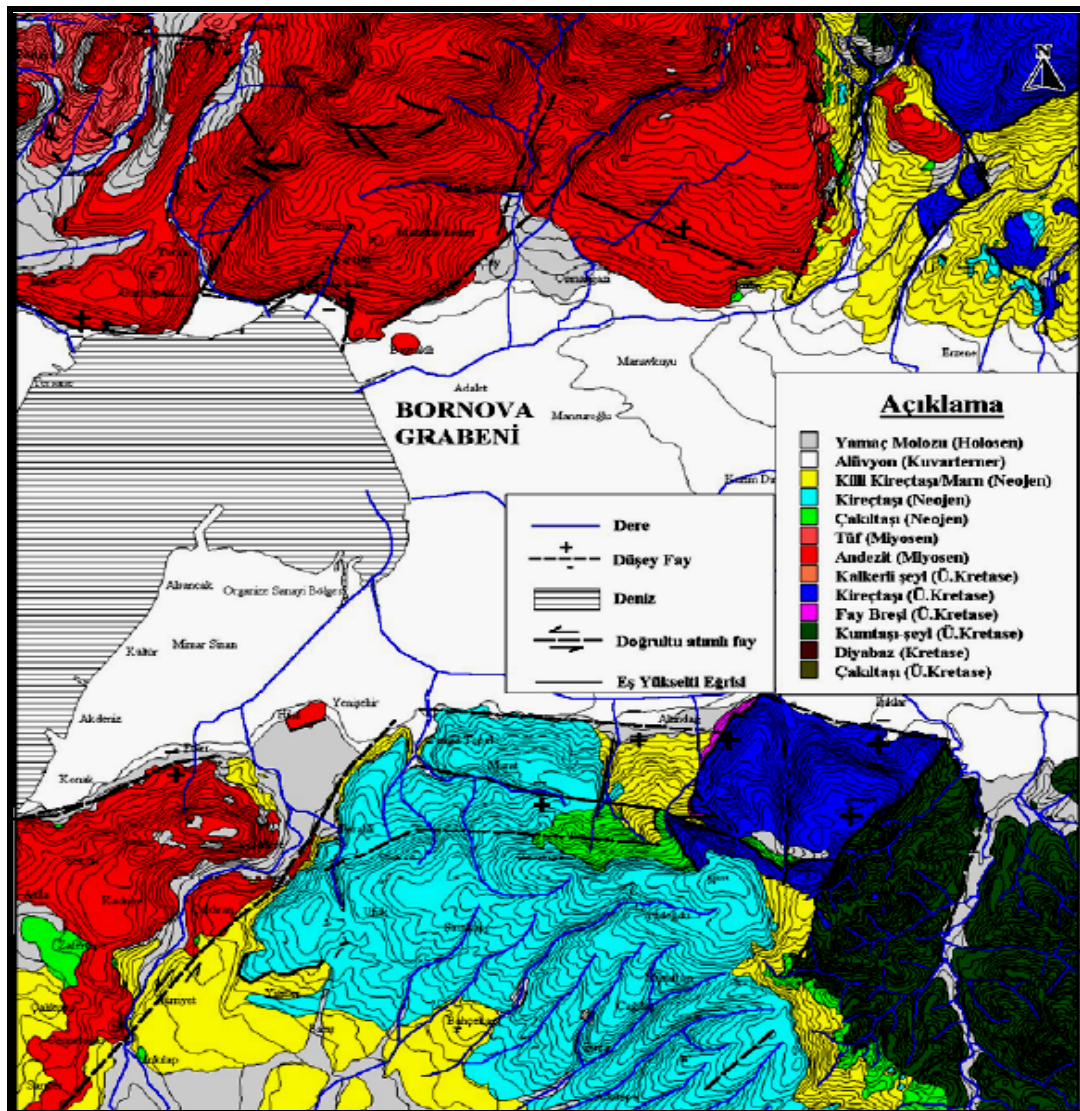
Tablo 3.10 İzmir DMİ (17220) 1970-2006 dönemi aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C)

YIL	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Toplam mm
1970	10.4	11.7	12.7	17.2	19.5	25.3	27.8	27.7	22.7	16.8	13.7	9.7	17.9
1971	11.6	8.6	11.7	14.6	21.3	25.2	26.1	27.5	22.9	16.3	13.8	8.7	17.4
1972	7.4	8.8	11.8	17.5	21	25.8	27	26.9	23.6	16.7	13.2	7.8	17.3
1973	7.7	11	10.5	14.7	21.5	24.5	27.9	26.1	24	19	12.3	11.3	17.5
1974	5.6	10	11.9	14.6	20.2	25.4	28.2	27.1	23.6	20.7	13.3	8.8	17.5
1975	7.4	7.9	13.7	16.6	20.7	24.4	27.7	26.3	24.4	18.6	13.1	8.2	17.4
1976	8.3	7	10.5	14.9	20.5	24.5	26.2	24.4	22	18.7	13.6	9.9	16.7
1977	9.1	12.5	11.5	15.9	21.4	25.5	28	27.7	22.6	15.9	15.9	8.9	17.9
1978	8.7	11.4	12.5	15.1	20.5	25.7	28.1	25.8	21.5	18.2	12.5	11.4	17.6
1979	9.3	10.6	13.3	15.3	20.6	26.5	27.2	26.8	23.7	18.7	13.8	10.9	18.1
1980	7.4	8.3	10.7	14.7	19.8	24.6	27.6	27	22.3	20.1	15.6	10.5	17.4
1981	8	8.2	13.2	16.1	18.9	26.7	26.7	26.8	23.4	21.1	11.7	13.1	17.8
1982	9.6	6.8	9.7	14.8	19.4	25.4	26.2	26.2	24.6	18.6	12.8	10.6	17.1
1983	6.9	7.2	11.3	16.9	21.6	24.1	27.2	25.8	22.4	17.2	13.1	11	17.1
1984	9.6	9.7	11	13.8	21.7	24.5	26.6	25.2	24.3	19.8	14.2	8.9	17.4
1985	10.7	6.1	11.2	17.3	22.5	25.2	27.4	27.9	23.6	16.2	15.5	11	17.9
1986	10.4	10.6	11.5	17.8	20.4	25.6	27.4	28.4	24.5	18	11.2	9.2	17.9
1987	10.1	10.2	7.5	14.3	19.5	25.6	28.9	26.8	25	17.6	13.4	9.9	17.4
1988	9.7	9.3	11	15.4	21.3	25.9	30.1	28.2	24	17.9	10.8	9.9	17.8
1989	6.8	9.4	13.2	19.1	20	24.2	27.6	27.6	23.8	17.4	12.7	10.1	17.7
1990	7	9.7	13.7	16.5	20.6	25.3	28.8	27.4	23.1	19.3	16.6	11.4	18.3
1991	8.3	9.3	12.9	15.6	18.7	25.8	27.3	27.4	23	19	14.2	6.6	17.3
1992	7	6.5	10.7	16	19.6	25.3	26.7	28.6	23.2	22.1	13.3	7.4	17.2
1993	7.5	6.7	11.2	15.6	19.8	25.8	27.8	28.2	23.7	20.6	12.6	12	17.6
1994	10.9	9.6	11.9	17.7	21.9	25.4	28.5	29	26.8	21.2	12.3	9.2	18.7
1995	10.1	11.4	12	14.9	21	27.3	28.3	26.9	24	17.7	10.8	11.2	18
1996	7.6	9.9	9.4	14.1	22.5	26.6	28.3	27.3	22.3	17.3	14.9	12.6	17.7
1997	10.2	8.9	10.2	12	21.8	26.3	28.4	26.2	22.3	18	14.8	11.1	17.5
1998	9.4	10.4	9.7	17.6	20.1	26.5	29.2	29.3	23.6	19.7	15.2	9.9	18.4
1999	10.2	9.6	12.5	17	22.4	26.5	29.2	28.8	24.2	20.2	14.8	13.2	19.1
2000	6.1	9.2	11.1	17.7	21.7	26.6	29.9	28.6	24.4	18.2	15.7	11	18.4
2001	10.9	10.5	16.5	16.8	21.4	26.1	29.6	29.2	24.5	20.2	13.5	8.5	19
2002	7.8	12.5	13.4	15.5	21	27.2	28.9	28	23.2	19.1	14.6	8.8	18.3
2003	12	5.6	9.4	13.6	22.4	27.5	28.5	29	23.4	20.4	14.2	10.3	18
2004	8.3	9.4	12.9	16.6	20.4	26.1	28.6	27.4	24.1	21	14.4	11.1	18.4
2005	9.9	8.7	12.1	16.4	21.5	25	28.8	28.5	24.1	17.9	12.9	11.3	18.1
2006	6.9	9.6	12.2	17.4	21.1	25.7	28.1	29.2	23.8	19.2	12.4	9.7	17.9

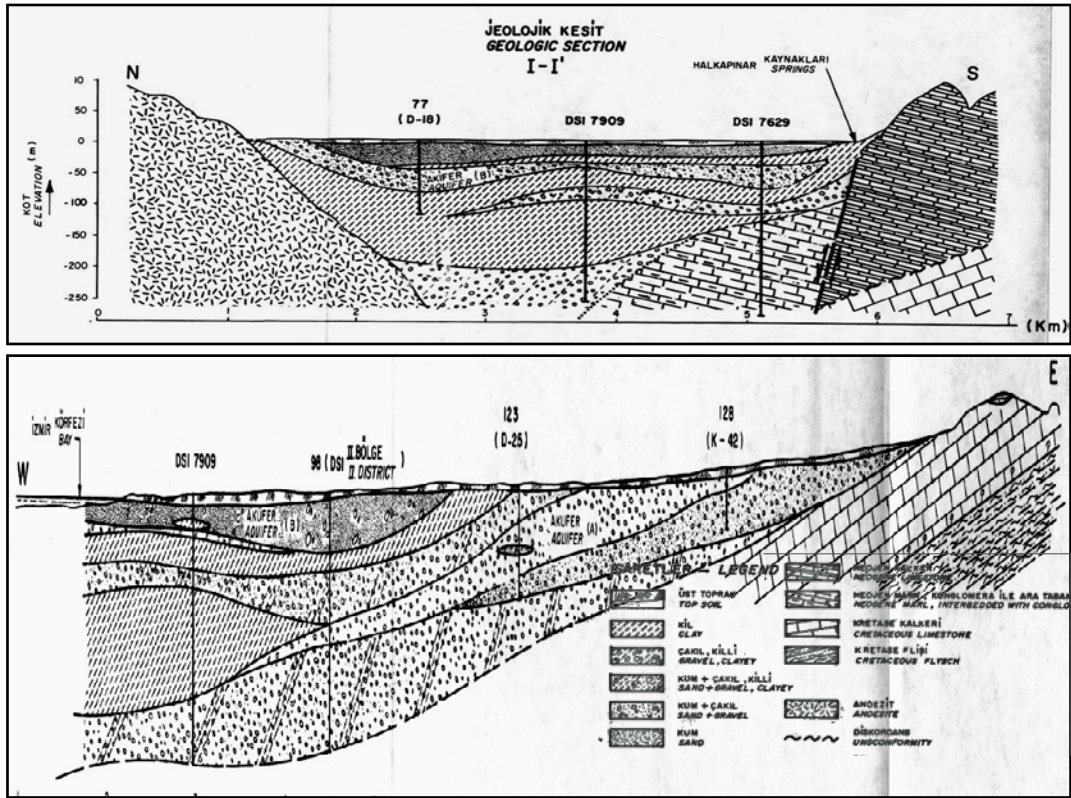
### 3.4.3 Jeolojisi

Halkapınar Kaynağı, Bornova Ovasının güneybatısında, ova alüvyonları ile güneydeki yükseklikleri oluşturan, kiltası, marn ve kireçtaşı'ndan oluşan, Neojen yaşlı istifin ayrımı özelliğindeki doğu-batı doğrultulu fay çizgisi üzerinde bulunmaktadır. Fay güneyindeki yüksekliklerde, 40-50 m kalınlık gösteren, Neojen yaşlı seri, kiltası, kireçtaşı ve marn ardalanmasından oluşan yarı geçirimli bir örtü durumundadır. Pekişmiş kireçtaşı formasyonlarında yeraltı suyu düşey eklemler ve çatlaklar aracılığıyla aşağıya doğru iner, daha sonra da tabakalanma yüzeyleri boyunca yanal olarak eğim doğrultusunda hareket eder.

Kireçtaşı formasyonlarındaki erime boşlukları su akışı için önemli birer kanaldır. Bu seri altında yer alan üst kretase yaşlı kireçtaşları, çatlaklı, karstik boşluklu tam bir hazne kaya özelliğindedir. Kretase kireçtaşları ovanın güneyinde ve güneydoğusunda bulunan Halkapınar, Pınarbaşı ve diğer küçük kaynakların asıl beslenme ortamlarından biridir. Buradaki iki ana kaynak grubu da kretase kireçtaşlarından çıkar. Suyun bir kısmı fay zonlarından yükselir ve ovanın altında uzanan alüvyal akiferi besler (Şekil 3.9). Fay çizgisi kuzeyinde yer alan ova alüvyonları bu kesimde killi seviyelerin çoğunlukla olduğu, geçirimsiz veya az geçirimli bir perde özelliğindedir (DSİ, 1986). Bornova Ovasının genel jeoloji haritası Şekil 3.9'da ve Halkapınar kuyularının jeolojik kesiti Şekil 3.10'da gösterilmektedir.



Şekil 3.9 Bornova Ovası genel jeoloji haritası (Kıncal,2006)



Şekil 3.10 Halkapınar kuyularının jeolojik kesiti (DSİ, 1971)

### 3.4.4 Hidrojeolojisi

Bornova Ovasının güney ve güneydoğusundaki yüksekliklerde, geniş alanlarda yayılan ve Nif Dağı hazne kaya birimini oluşturan karstik kireçtaşlarının, kuzey kesimindeki yeraltı suyu boşalımı, Halkapınar ve Pınarbaşı kaynakları ile olmaktadır. Nif Dağı Birimi, kireçtaşı formasyonu ile birlikte kıvrılmış olan Paleosen yaşlı filiş serisinin geçirimsiz özelliği nedeniyle, kuzeyde iki tali hidrojeolojik havza şeklinde boşalmıştır. Halkapınar çevresinde açılan işletme kuyularında 40-50 m. civarında hazne kayaya ulaşılmıştır.

Kireçtaşlarının mavimsi gri renkli bol çatlaklı bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Genellikle çatlak boyunca erime boşlukları gelişmiş küçük karst şekilleri oluşmuştur. Karstik gelişmenin deniz seviyesinin 130-140 m altına kadar geliştiği saptanmıştır. Fay çizgisi kuzeyinde üst kretase yaşlı kireçtaşının 200 m.'nin altına düştüğü görülür.



Doğal olarak 3-5 m kotlarından boşalan Halkapınar Kaynağı, hazne kayayı kateden fay çizgisinin yüzey topografyayı en düşük kotta kat ettiği yerdedir (DSİ, 1986).

### 3.4.5 Mevcut Kuyuların Öz nitelikleri

Halkapınar-Çamdibi Kuyularından İzmir'e içmesuyu temin amacıyla çeşitli tarihlerde DSİ ve İZSU tarafından açılmış 19 adet işletme kuyusu vardır. Bu kuyuların kuyu logu bilgilerine ulaşılamamıştır.

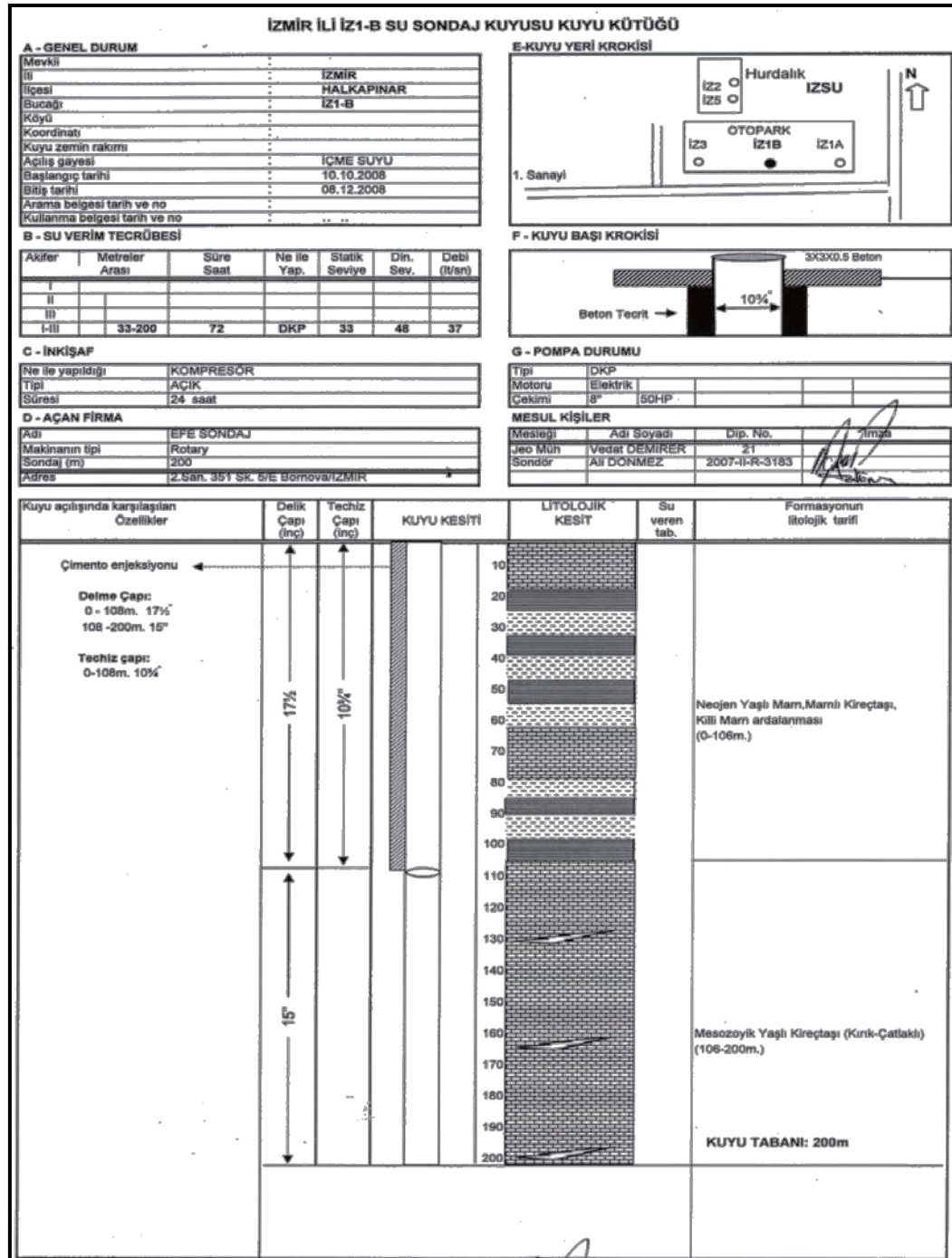
2008 yılında İZSU tarafından 5 adet yedek kuyu daha açılmıştır. Bu kuyuların derinlikleri 200-300 m., statik seviyeleri 29,1-34 m, kuyu debileri 22-70 lt/s arasında değişmektedir.

Kuyu loglarından elde edilen Halkapınar-Çamdibi'ndeki 2008 yılında açılan 5 adet işletme kuyuların karakteristik parametreleri Tablo 3.11'de gösterilmiştir.

Tablo 3.11 Halkapınar-Çamdibi kuyularının karakteristik parametreleri

Bölge	Kuyu Adı DSİ / İZSU	Açan Kurum /Açılış Tarihi	Rakım (m)	Kuyu Derinliği (m)	Statik seviye (m)	Dinamik Seviye (m)	Verim (lt/s)
İzmir - Halkapınar	.../ İZ3	İZSU / 2008	-	252	34	46	22
	.../ İZ2	İZSU / 2008	-	200	29,1	30,25	70
	.../ İZ1-B	İZSU / 2008	-	200	33	48	37
	.../ İZ1-A	İZSU / 2008	-	200	34	49	31
	.../ İZ5	İZSU / 2008	-	300	29,50	30,50	70

Halkapınar'da 2008 yılında İZSU tarafından açılan İZ1-B nolu kuyuya ait kuyu logu Şekil 3.11'de gösterilmiştir.

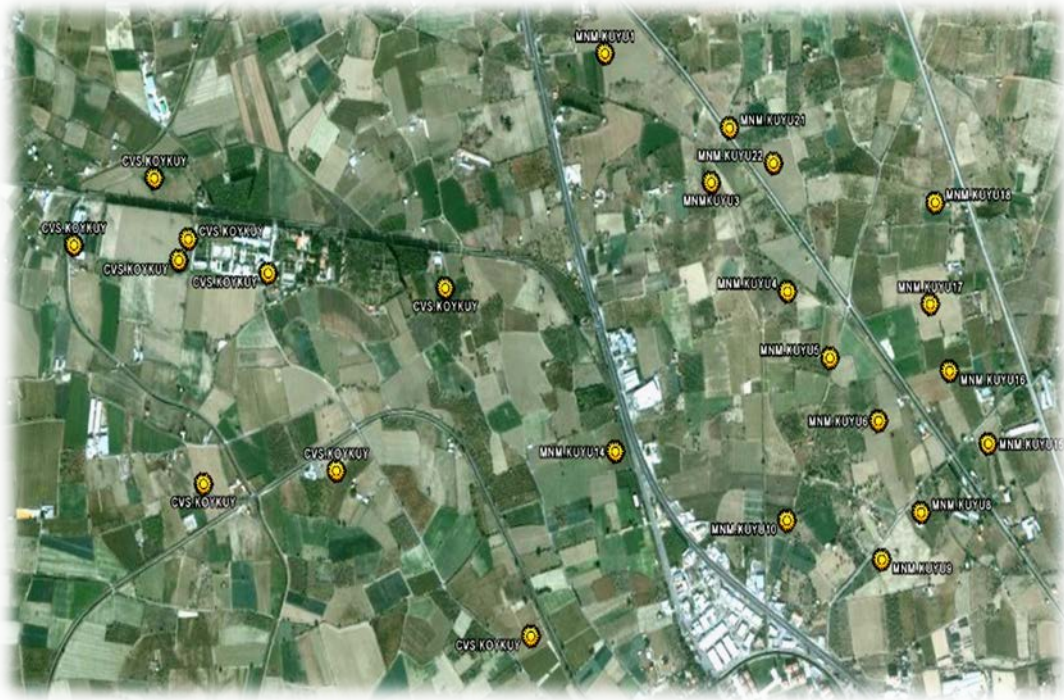


Şekil 3.11 Halkapınarda 2008 yılında açılan İZ1-B kuyu logu

### 3.5 Menemen – Çavuşköy Kuyuları

#### 3.5.1 Coğrafi Konumu

İzmir merkezinin 20 km kuzeyinde Gediz Nehrinin mansap kesiminde yer almaktadır. Doğuda, aşağı Gediz vadisinin en dar bölümü olan, Emiralem Boğazı, güneyde Menemen merkezi, delta ovası, kuzeyde Gediz Nehri yer alır. (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Menemen-Çavuşköy kuyularının uydu görüntüsü

#### 3.5.2 İklim ve Meteorolojisi

Menemen Ovasında Akdeniz iklimi etkindir. Yazlar sıcak ve kurak kışlar ılık ve yağışlıdır. 10-12 m kotlarında uzanan ova yoğun tarım alanlarıyla kaplıdır. Ova Emiralem regülatörüyle sulanmaktadır.

Menemen-Çavuşköy kuyularını temsilen Manisa, Seferihisar ve İzmir Meteoroloji İstasyonları gözlemlerinin aritmetik ortalaması kullanılmıştır. Tablo 3.12'de Seferihisar Meteoroloji İstasyonu yağış gözlemleri verilmiştir.

Tablo 3.12 Seferihisar (17820) Meteoroloji İstasyonu 1970-2010 dönemi yağış gözlemleri (mm/ay)

YIL	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Toplam mm
1970	69.9	199.1	41.9	17	13.9	9.4	4.1	0	1.4	55.9	26.8	106.9	546.3
1971	89.7	173.7	81.4	17	3.4	0	4.4	12.2	0	14.4	54.7	117.7	568.6
1972	21.6	39.9	28.1	28.1	51.4	0.2	8.5	22.4	0.7	92.6	14.4	6.3	314.2
1973	83.8	127.6	56	48.5	6.7	12.9	0	0	15.6	22.4	12.3	184.3	570.1
1974	12.2	98.8	122.1	10.6	17.2	0	0	0	3.1	49.4	112.1	121.5	547
1975	166.8	38.1	42.6	48.7	200.8	36.6	0	0	1.2	26.8	81.9	119.1	762.6
1976	74.8	48.9	77.3	83.5	3	0.1	1.6	1	0.1	200.7	52.5	63.6	607.1
1977	98.5	30.7	12.1	39.3	0	4.4	0	0	13.7	64.8	45	106.1	414.6
1978	232.1	183.5	59.9	58.2	10.1	0.5	0	0	75.3	52.6	27.4	22.5	722.1
1979	146.1	49.4	26.7	18.8	16.3	0.9	0	0	0	33.9	167.2	108.9	568.2
1980	104.4	48.5	76.4	53.4	23	5.2	0	0	0	19.7	54.5	152	537.1
1981	267	50.3	28.9	21.8	5.6	0	0	0	0	18.8	91.5	229.2	713.1
1982	71.3	47.8	85.7	77.1	54.1	0	5.8	0	0	74.4	47.4	109.8	573.4
1983	30.1	111.5	36.7	14.8	1.8	2.6	2.6	0.5	0	6.7	160.9	260.4	628.6
1984	192.4	102.5	123.1	69.2	0	0	0.2	0	0.4	0	93.6	99	680.4
1985	132	27.7	86.9	11.8	58	0	0	0.2	0	22.8	74.6	27.8	441.8
1986	243	109.1	15	21	15.2	19.4	0	0	0.2	30.3	13	81.7	547.9
1987	125.2	96.6	96.1	39.6	3	4.8	0	0	0	0.8	144.4	88.9	599.4
1988	79.3	74.8	143.5	26.4	11.7	0	0	0	0	1.9	125.5	218.3	681.4
1989	18.4	8	112.4	1.5	25.3	5.6	0	0	2.1	73	90.7	137.8	474.8
1990	0.4	61	32.4	40.7	0.4	3.3	0	5.7	5.2	13.5	5.9	282.3	450.8
1991	43.7	97.7	79.3	60	47.2	1.8	0	0	1	27.8	47.3	113.3	519.1
1992	0.2	15.8	81.7	21.7	6.1	4.3	3.5	2.6	0	32.5	82.8	125.7	376.9
1993	68.2	121.9	54.3	38.4	10.6	0	0	0	0	0	131.5	126.6	551.5
1994	69	132.3	50.6	28	37.6	1.1	0	0	0	44.3	86.7	173	622.6
1995	138.2	38.8	152.4	33.9	8.6	0	0	0	6.5	3.3	178.3	65.7	625.7
1996	61.5	182.4	21.7	103.1	24.6	0	0	0	39.9	20	53.2	281.8	788.2
1997	93.4	18.6	89.9	64.4	7.4	3.3	0.6	0	0	22.3	56.8	163.3	520
1998	109.1	45.6	92.3	13.4	90	0	0.2	0	4.2	86.6	149.4	191.8	782.6
1999	56.7	188.4	85.1	75.7	0	0.6	0	0	0.8	15.3	27.4	71.7	521.7
2000	54.8	65.1	53.8	29.4	1.2	0	0	0	0	90.4	94.6	27.9	417.2
2001	114.9	86.7	7.8	130.2	20.9	0.2	0	0	1.2	0	204.9	140	706.8
2002	59.3	34.2	118.1	48.4	15.4	0	0	0	95.9	57.3	151.2	236.3	816.1
2003	99.9	146.2	26.4	70.3	11.9	0	0	0	0	54.4	5.1	174.2	588.4
2004	304.6	53.7	9.9	36.1	7.8	1.6	0	0	1.6	1.7	70.7	124.2	611.9
2005	121.7	211.4	66	21.9	14	3.1	0	10.4	0.7	3.3	143	77.2	672.7
2006	49.5	55.7	172.7	17.7	9.7	2.8	0	0	182.3	58.2	97.3	11.8	657.7
2007	29.6	16.7	25.9	21.0	55.0	0.0				146.3	85.2	94.3	474.0
2008	35.5	15.9	55.9	55.4	3.6	0.2			26	10	59.2	123.5	385.2
2009	248	124.3	144	47.2	3.4	1	0		41.9	27.6	121.2	182.1	940.7
2010	132.4	291.6	14.2	15.8	23.2	24.1	0.0	0.0	1.9	308.7	37.6	128.3	977.8

Menemen-Çavuşköy kuyuları ortalama sıcaklık değerleri için Manisa, Seferihisar ve İzmir Meteoroloji İstasyonları gözlemlerinin aritmetik ortalaması kullanılmıştır.

Seferihisar Meteoroloji İstasyonu aylık ortalama sıcaklık değerleri sıcaklık Tablo 3.13'de verilmiştir.

Tablo 3.13 Seferihisar DMI (17820) 1972-2005 dönemi aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C)

YIL	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Toplam mm
1972	6.9	8.2	10.5	16	19.3	24.1	25.8	25.9	22.5	16.1	12.7	6.7	16.2
1973	7.1	10.7	9.3	13.4	19.2	23.1	26.5	25.2	22.7	17.5	11.7	11	16.5
1974	4.6	9.7	11.2	13.2	18.2	23.5	26.6	25.7	22.3	19.8	13.2	8.4	16.4
1975	7.1	7.5	12.8	14.4	18.8	23	26.3	24.7	23.5	17.6	12.4	7.8	16.3
1976	8.1	6.7	10.1	14.1	18.7	22.9	24.7	23.4	20.2	17.4	13	9.4	15.7
1977	8.7	11.6	10.2	14.1	20	23.9	26.7	26.1	21.1	15.1	15.3	8.5	16.8
1978	8.4	10.8	11.6	14.2	18.9	23.5	26.5	24.5	20	16.8	11	10.8	16.4
1979	9.1	9.8	12	14	19.2	24.5	26.1	25.1	22.2	17.2	13.1	10.3	16.9
1980	7	7.4	9.8	13.1	17.7	22.7	26.2	25.3	20.9	18.3	15.2	10.5	16.2
1981	8	7.9	12.1	14.3	17.3	24.4	25.1	25.7	22.2	19.6	11.2	13	16.7
1982	9.1	5.9	9.1	13.3	17.5	23.2	24.8	25.2	22.9	17.5	12.1	10.3	15.9
1983	6.6	7	10.3	15.1	19.8	22.4	25.9	24.9	21.3	16	12.5	11	16.1
1984	9.7	9.4	10.5	12.6	19.3	22.7	25.1	24.3	22.4	17.9	13.4	8.4	16.3
1985	10.6	5.9	10.5	14.9	20.5	23.5	26	25.8	21.9	15	14.8	10.3	16.6
1986	10.5	10.3	10.5	15.9	18.9	24	26.5	26.4	22.5	17.1	10.2	8.4	16.8
1987	10	9.6	6.9	13.1	17.4	24.3	27.5	25.8	23.6	16.2	12.8	9.3	16.4
1988	8.9	8.4	10.3	13.7	18.7	23.9	28.9	26.3	22.2	16.5	10.2	9.5	16.5
1989	5.8	8.2	11.9	16.8	18.3	22.6	26.5	25.8	22.5	16.4	11.8	9.7	16.4
1990	5.9	8.9	11.7	15.1	19	23.6	27.1	26	21.7	18.2	15.8	11.4	17
1991	7.8	9	12	14.1	17.2	23.4	25.6	26.6	21.9	17.7	13.3	6	16.2
1992	6	5.6	9.5	14.2	18.3	23.8	25.7	26.3	22	20	12.5	6.8	15.9
1993	6.9	6.2	10.3	13.8	18.6	24	25.8	26.1	22.1	18.6	11.8	11.7	16.3
1994	10.1	8.8	10.4	16	20	23.6	26.4	27.5	24.8	19.9	11.5	8.1	17.3
1995	9.1	9.6	10.7	12.6	18	24.5	27.2	25.6	22.4	16	9.2	10.5	16.3
1996	6.3	8.8	8	12	19.6	24.6	26.4	26.2	20.2	16	14	12.6	16.2
1997	9.3	7.9	8.7	11.1	19.3	24.4	26.9	25.2	21.3	16.8	13.4	10.4	16.2
1998	8.3	9.6	8.6	15.5	18.8	25.2	27.6	28.2	22.5	18.3	14.8	9.8	17.3
1999	10	9.6	11.5	15.2	20.5	25.6	27.7	27.3	22.9	18.9	13.9	12.7	18
2000	5.1	8.1	9.7	15.9	19.9	25.1	27.7	27	22.6	17.3	14.2	10.5	16.9
2001	10.4	9.9	15	15.2	19.7	24.4	28.8	28.5	23.4	18.9	13	8.4	18
2002	6.7	11.7	12	14.3	19.4	25.3	28	27.1	22.3	17.7	13.7	8.5	17.2
2003	11.9	5.1	8.4	12.7	20.4	26.5	27.8	27.5	22.1	19.4	13.1	9.8	17.1
2004	8.3	8.6	11.6	14.9	19	24.8	27.3	26.9	23	19.4	13.6	10.3	17.3
2005	9.3	8.2	11.1	14.6	20.1	24.1	27.7	27.2	23	16.8	12.2	11.1	17.1

### 3.5.3 Jeolojisi

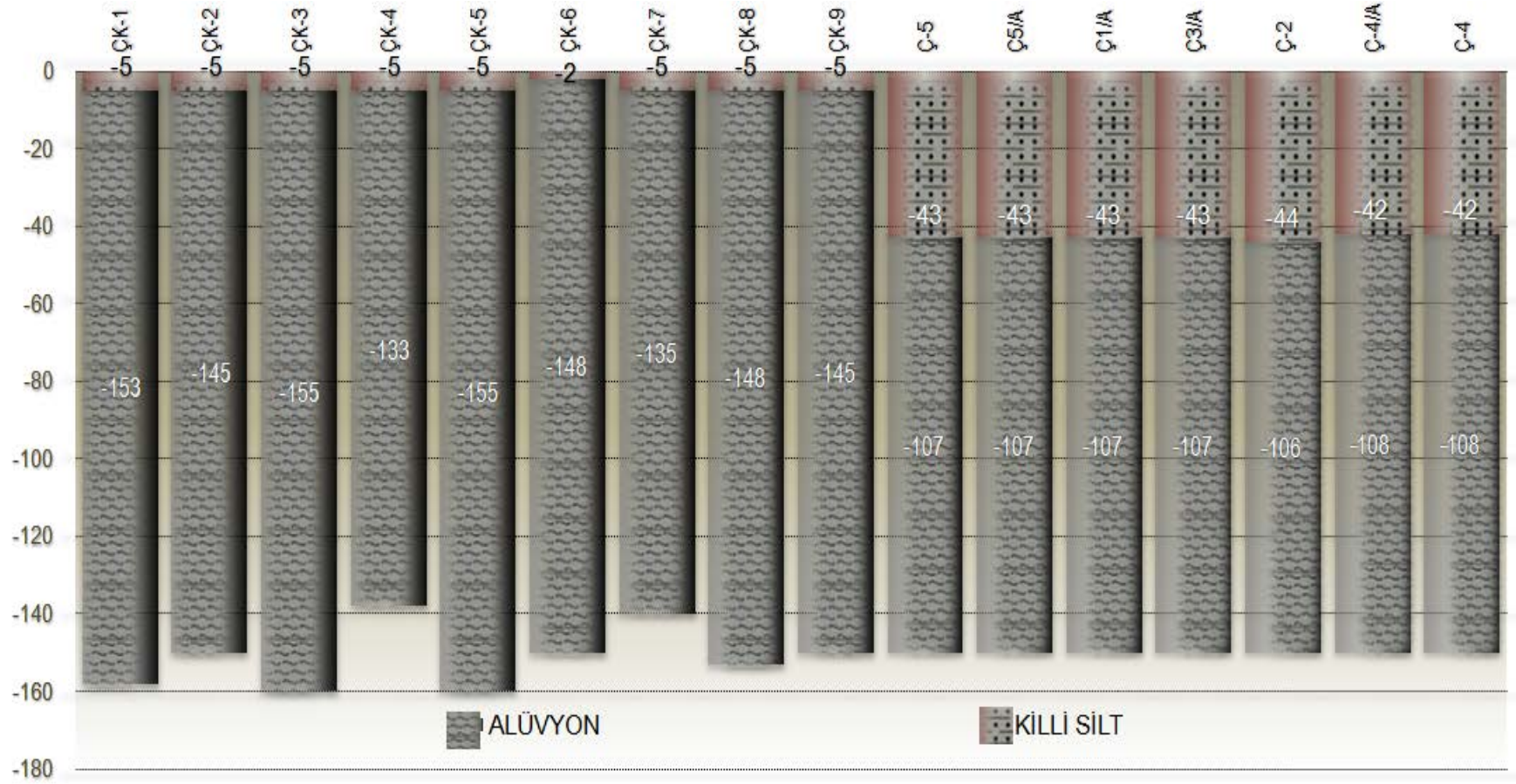
Emiralem boğazından batıya doğru açılan Menemen Ovası tamamen alüvyonlarla kaplıdır. Temelde, alttan üstte doğru; doğuda Asarlık ve Çakal Köyleri ile Yamanlar Tepeleri arasında yükselen, genellikle mavi, gri renkli kompakt kristalize kireçtaşları ile temsil olunan, Permo-Karbonifer yaşlı metamorfik seri, en eski birimi oluşturur.

Bu seri üzerine Menemen ve Harmandalı Köyünün doğu yamaçlarında görülen gri, boz renkli fliş serileri gelir. Kretase yaşlı olarak kabul edilen bu seri, genelde kum taşı, konglomera, killi şist, arkoz, kristalin ve dolomitik kireçtaşları ile temsil edilmişlerdir. Ova çevresinde yaygın alanlar kaplayan, Neojen yaşlı birimler, diğer temel formasyonları örtmüşlerdir.

Koyundere köyü kuzeyinde küçük bir alanda, Emiralem kuzeyinde yaygın olarak görülen krem renkli kireçtaşı marn formasyonları bu birimlerin en alt seviyesini oluşturur. Bu seviye üzerinde kil, marn ve tuf ardalanmasından oluşan seviyeler, en üstte de andezitik lavlardan oluşmuş volkanik yer alır. Bütün bu birimler yüksek topoğrafyayı oluşturmuştur.

Düzlük kısımları kaplayan alüvyonlar, Gediz nehri tarafından taşınmıştır. Ayrıca yan derelerde, küçük alüvyon konileri oluşturmuşlardır. Bölgede yapılan derin sondajlar ve jeofizik rezistivite ölçümleri sonuçlarına göre, alüvyonun 200 m. kalınlığa kadar ulaştığı tespit edilmiştir. Ovada Gediz Nehrinin sık sık yatak değiştirmesi sonucu iri ve ince malzeme dağılımı eski mecralar boyunca farklılıklar gösterir. Emiralem Boğazı çıkışından itibaren eski yataklar boyunca kumlu ve çakıllı iri malzeme, yaygın ve kalın seviyeler oluşturmuştur. Taşkın ovası özelliğindeki kesimlerde ise, siltli killi seviyeler hakim durumdadır. Açılan sondaj kuyularının loglarında görüldüğü gibi, yer yer yüzeyden itibaren 40-50 m kalınlığa ulaşan siltli seviyelerin altında, 100-150 m. kalınlığa ulaşan kumlu çakıllı seviyeler yer almaktadır.

Ovanın güney güneybatı kesiminde, Gediz Nehri eski deltası yer almaktadır. Bu kesimde açılan Kaklıç, Süzbeyli köylerindeki araştırma sondajlarında, üst kısımlardaki 10-20 m. killi, siltli örtünün altında 50-100 m. kalınlığa ulaşan killi seviyelerin yer aldığı, iri nehir alüvyonlarının daha derinlerde kaldığı görülmektedir. Plio-Kuvaterner yaşlı bu kalın alüvyon çökeli, bölgenin sürekli çökmekte olduğunu göstermektedir (DSİ, 1986). Menemen Ovası'nda açılmış kuyu loglarından faydalanarak oluşturulmuş jeolojik kesit Şekil 3.13'de gösterilmektedir.



Şekil 3.13 Çavuşköy kuyularının jeolojik kesiti

### **3.5.4 Hidrojeolojisi**

Doğuda Emiralem Boğazından Menemen Ovasına giren Gediz Nehri, genel olarak doğudan batıya doğru kıvrımlar çizerek, Maltepe köyü batısından denize dökülür. Gediz Nehrinin bu yeni yatağı Menemen Ovası'nın kuzey sınırını oluşturur. 1886 yılında Nehir bugünkü yeni yatağına çevrilmeden, Menemen Ovasını kat ederek güneye kıvrılmakta ve Kaklıç köyü güneyinde, Çamaltı Tuzlası ile Bostanlı arasında, bugün azmak şeklinde kalan, eski yataklarından İzmir Körfezine boşalmakta idi. Bu nedenle, güneydeki Kalıç, Tuzla, Çiğli düzlükleri, tipik delta ovası özelliğinde kil, silt gibi ince elemanlı alüvyal çökellerin yer aldığı ve denizle doğrudan ilintili bir yapı gösterir. Menemen Ovası ise, dar bir boğaz çıkışında (Emiralem Boğazı) yer aldığı için, yakın yan derelerin de etkisiyle, kum çakıl gibi iri alüvyal çökellerin hakim olduğu, daha çok alüvyon konisi özelliğinde bir yapı oluşturmuştur.

Emiralem, Değirmen, Devedüşen, Buruncuk ve Asarlık Dereleri Menemen Ovasında daha iri alüvyal malzemenin çökmesine katkıda bulunan başlıca sel yataklarıdır. Menemen Ovasında temeli oluşturan ve çevredeki topografik yükseklikte de görülen birimler, yarı geçirimli ve geçirimsiz özellikleri ile hidrojeolojik yönden de temel özelliğindedir. Kalın (0-200m) ve yaygın bir ortamda oluşan alüvyonlar ise iri kum ve çakıl seviyeleri ile iyi bir akifer özelliği gösterir. Doğrudan doğruya yağıştan süzülmeyle, sulama alanlarındaki (yaklaşık 16.000ha) süzülmeyle, yandere konilerinden yağış ve akıştan süzülmeyle ve en önemlisi de Gediz Nehri yatağından olan, sürekli süzülmenin kontrolü ile yeraltısuyu dengesi oluşmuştur (DSİ, 1986).



### 3.5.5 Mevcut Kuyuların Öznitelikleri

Menemen Ovası ve çevresinde alüvyon akiferlerde açılmış pek çok sığ kuyu ve sondaj kuyusu bulunmaktadır. Halk tarafından içme kullanma ve sulama amacıyla açılmış olan sığ kuyularının derinlikleri 4-6 m arasında değişmektedir. Ovadaki derin sondaj kuyuları ise kamu kurumları (D.S.İ, İller Bankası, Y.S.E, İZSU) ve halk tarafından açılmış kuyulardan ibarettir. D.S.İ tarafından tüm ovada 1962 yılında araştırma amacıyla 7 adet, 1973 yılında Aliğa Rafinerisi kullanma suyu amacıyla 8 adet, 1974 yılında İzmir Acil İçmesuyu Projesine su sağlamak amacıyla 14 adet su sondaj kuyusu açılmıştır. İller Bankası Genel Müdürlüğünce de Menemen İlçesinin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak üzere 3 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Ayrıca 1994-1995 yıllarında İZSU Genel Müdürlüğünce, İzmir Acil İçmesuyu kuyularından devre dışı kalmış ve ekonomik ömrünü tamamlamış kuyuların yerine yedek olmak ve D.S.İ'ce bölge için belirlenmiş tahsis değerlerini aşmamak kaydıyla, kullanılmak üzere 10 adet yeni sondaj kuyusu açılmıştır (Ateşli, 2002).

İZSU tarafından İzmir içmesuyu temininde kullanılan Menemen – Çavuşköy kuyuları toplam 31 adet derin kuyudan oluşmaktadır. Bu kuyuların debileri 40 – 60 lt/s arasında olup, kısmi olarak çalıştırılmaktadır. Kuyu derinlikleri 100-170 m arasındadır. Kuyuların statik seviyeleri 1974-75 yıllarında açılan kuyuların 5-7 m. arası, 1995-96 yılları arası açılan kuyuların 22-24 m. arasındadır. Menemen-Çavuşköy kuyularından İZSU Genel Müdürlüğü'nce içmesuyu temini için 2000-2009 yılları arası yılda ortalama 15,32 hm<sup>3</sup>/yıl çekim yapılmıştır.

Ayrıca 2008 yılında artan su ihtiyacını karşılamak amacıyla İZSU Genel Müdürlüğü tarafından 3 adet Menemen'de, 8 adet Çavuşköy'de yeni işletme kuyusu açılmıştır. Bu kuyuların kuyu loglarındaki bilgilere göre debisi 30 lt/s, derinlikleri ortalama 150m, statik seviyeleri 30 m civarındadır. Toplamda 31 adet işletme kuyusu 11 adet yeni kuyu mevcuttur. Kuyu loglarından elde edilen Menemen – Çavuşköy işletme kuyuların karakteristik parametreleri Tablo 3.14 ve 3.15'de gösterilmiştir.

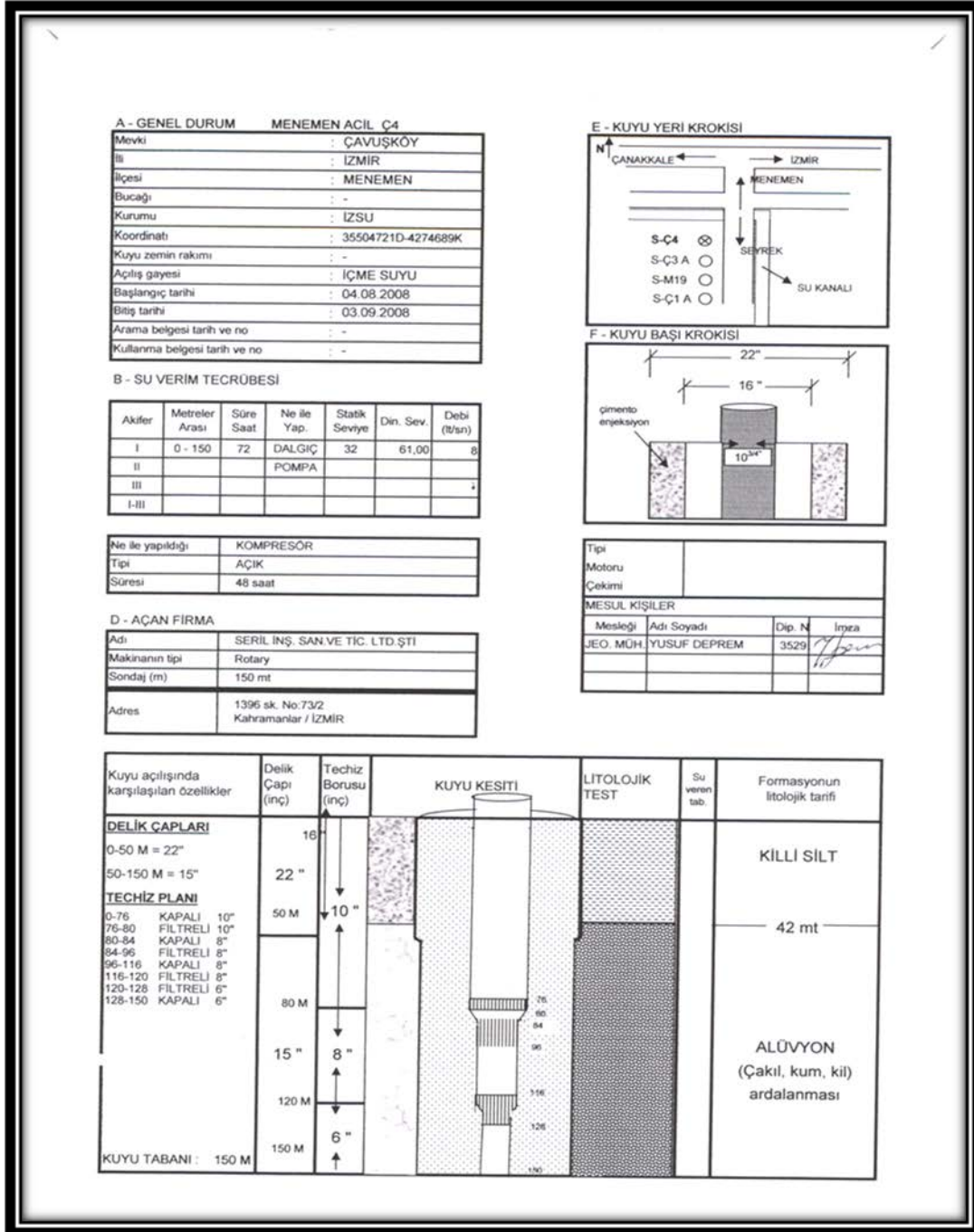
Tablo 3.14 Menemen kuyularının karakteristik parametreleri

Bölge	Kuyu Adı DSİ / İZSU	Açan Kurum /Açılış Tarihi	Kuyu Derinliği (m)	Statik seviye (m)	Dinamik Seviye (m)	Verim (lt/s)
İzmir- Menemen / Gediz Ovası	B35-19026 / MK1	DSİ / 1974	92,3	5,55	8,44	61
	B35-19022 / MK2	DSİ / 1974	170	5,2	7,43	61
	B35-19023 / MK3	DSİ / 1974	105	6,28	7,76	62
	B35-19021 / MK4	DSİ / 1974	103	6,1	7,57	61
	B35-19024 / MK5	DSİ / 1974	163,40	7,01	8,73	61
	B35-19020 / MK6	DSİ / 1974	179,5	7,0	8,07	50
	B35-19025 / MK7	DSİ / 1974	91	5,8	12,32	58
	B35-19013 / MK8	DSİ / 1974	122,7	6,28	9,35	60
	B35-19014 / MK9	DSİ / 1974	159	6,22	8,74	60
	B35-19018 / MK10	DSİ / 1974	147	5,45	7,47	58
	B35-19016 / MK11	DSİ / 1974	57	4,85	8,85	60
	B35-19015 / MK12	DSİ / 1974	153	5,78	8,67	59
	B35-17324 / MK13	DSİ / 1973	149	5,18	7,54	63
	B35-19017 / MK14	DSİ / 1974	100	4,9	6,39	60
	.../ MK15	İZSU / 1996	150	22,65	25,18	45
	.../ MK16	İZSU / 1996	144	-	-	-
	.../ MK17	İZSU / 1996	128	21,5	23,32	45
	.../ MK18	İZSU / 1996	142	21,7	23,75	45
	.../ MK19	İZSU / 1995	160	23,85	27,25	45
	.../ MK20	İZSU / 1996	142	22,8	24,02	45
	.../ MK21	İZSU / 1996	154	23,60	27,15	45
	.../ MK22	İZSU / 1996	146	23	25,70	45
.../ M2	İZSU / 2008	170	29,50	30,50	30	
.../ M7	İZSU / 2008	150	31	32,75	30	
.../ M19	İZSU / 2008	150	29	32,75	30	

Tablo 3.15 Çavuşköy kuyularının karakteristik parametreleri

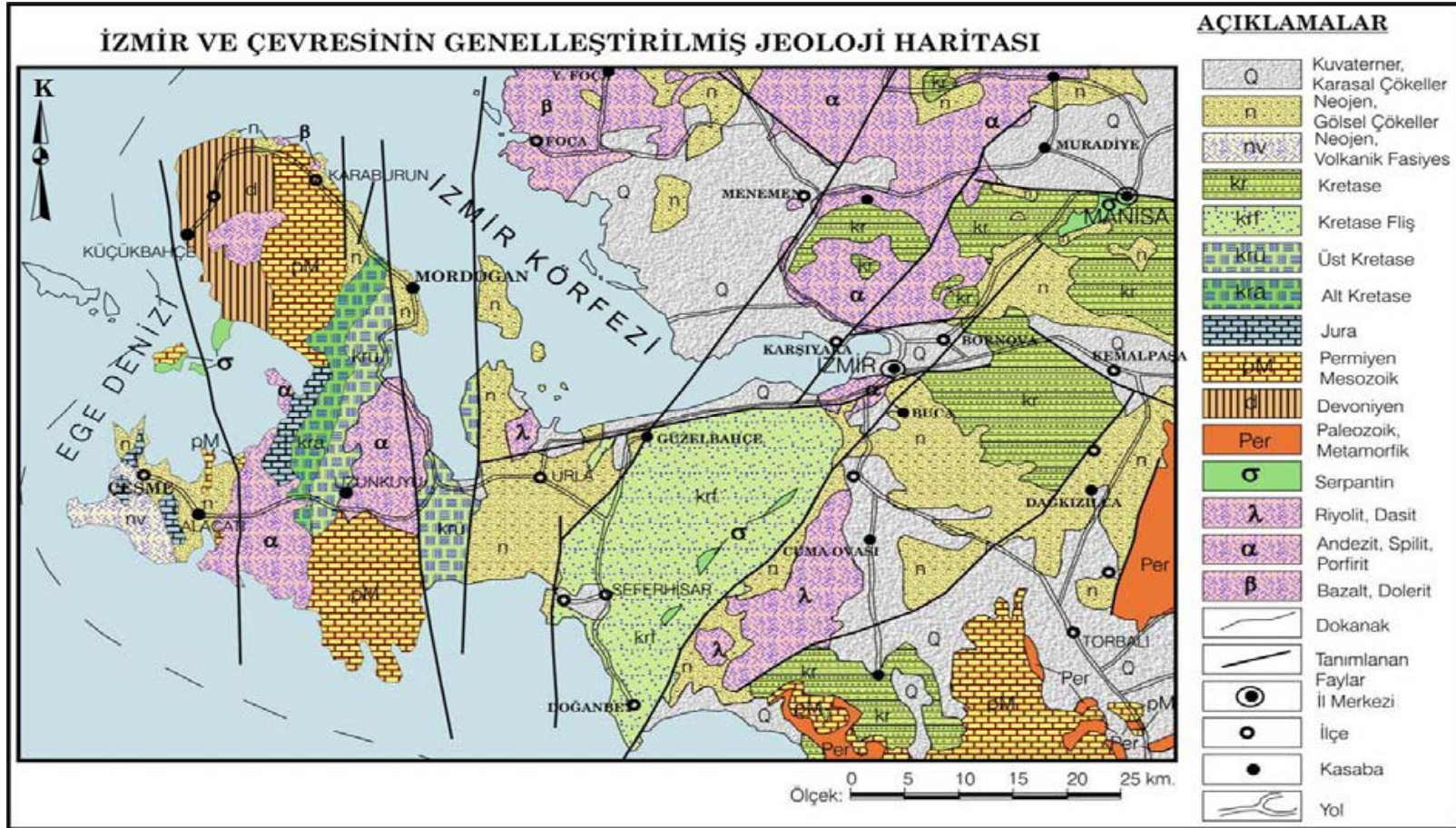
Bölge	Kuyu Adı DSİ / İZSU	Açan Kurum /Açılış Tarihi	Kuyu Derinliği(m)	Statik Seviye (m)	Dinamik Seviye (m)	Verim (lt/s)
İzmir- Menemen / Çavuşköy	B35-17325/CK1	DSİ/1973	158,90			56
	B35-18868/CK2	DSİ/1991	150	19		56
	B35-18869/CK3	DSİ/ 1994	160	20		50
	B35-17326/CK4	DSİ/1973	138			
	Kuyu kogu bulunmadı					
	B35-18870/CK6	DSİ/1974	150	20		50
	B35-18871/CK7	DSİ/1974	140,10	20		56
	B35-18872/CK8	DSİ/1974	153	20		50
	...../CK9	İZSU/1994	150	20		50
	...../Ç1A	İZSU/2008	150	29	31	30
	...../Ç2	İZSU/2008	150	33	35	30
	...../Ç3A	İZSU/2008	150	29	31	30
	..../Ç4	İZSU/2008	150	32	61	8
	...../Ç4A	İZSU/2008	150	29		30
	...../Ç5	İZSU/2008	150	29	30,60	30
	...../Ç5A	İZSU/2008	150	29	30,60	30

İZSU tarafından 2008 yılında Çavuşköy açtırılan Ç4 nolu kuyunun logu Şekil 3.14'de gösterilmektedir.



Şekil 3.14 Menemen-Çavuşköy'de 2008 yılında açılan Ç4 kuyu logu

Ayrıca çalışma alanı içerisindeki kuyuların jeoloji haritası Şekil 3.15'de gösterilmektedir.



Şekil 3. 15 İzmir ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji harita (Kazanasmaz, 2008)

## BÖLÜM DÖRT

### YÖNTEM

#### 4.1 Hidrolojik Bilanço Elemanlarının Değerlendirilmesi

##### 4.1.1 Yağış

Atmosferde bulunan su buharının katı veya sıvı halinde yeryüzüne düşmesi yağışı oluşturur. Yağış, hidrolojik döngünün ana girdisidir. Yağmur, kar, dolu ve bunların çisenti ve sulu sepken gibi varyasyonları şeklinde meydana gelir. Yağışın biçimi ve miktarı; rüzgâr hızı, sıcaklık ve atmosferik basınç gibi birçok iklimsel faktörden etkilenmektedir. Yağış; birim zamanda birim yüzeye düşen su yüksekliği şeklinde genellikle mm cinsinden ifade edilir. Yeryüzünde yağış yükseklik, denize uzaklık ve yöne bağlı olarak değişmektedir.

##### 4.1.1.1. Ortalama Yıllık Yağış Verilerinin Değerlendirilmesi ve Yorumlanması

Su bütçesi analizlerinde çoğunlukla ortalama yıllık yağış verilerine ihtiyaç duyulur. Bir havzadaki yeraltı su seviyesinin değişiminin değerlendirilmesinde, akiferlerin beslenme ve boşalım miktarlarındaki değişkenliklerin yorumlanmasında ve akiferlerin emniyetli verimlerinin hesaplanmasında ortalama yıllık yağış verileri kullanılmaktadır. Kaynak beslenimlerinin, boşalımlarının ve kuyu hidrograflarının yorumlanmasında aylık ortalama yağış değerleri de kullanılabilir.

Bir havzada farklı rasat yıllarına ait ortalama yağış verilerinde bazı dönemlerde kuraklık veya aşırı yağışlar nedeniyle genel ortalamadan sapmalar meydana gelebilir. Bu sapma miktarlarının değerlendirilmesi de su kaynaklarının emniyetli bir şekilde yönetilmesinde gereklidir. Havzada meydana gelen ortalama yıllık yağış miktarı tüm rasat yıllarına ait yağış verilerinin aritmetik ortalamasıdır.

$$P_{\text{ort}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (4.1)$$

Eşitlikte  $P_i$  rasat yılına ait toplam yağış miktarını (mm),  $n$  ise toplam rasat yılını temsil etmektedir. Yıllık toplam yağış miktarlarının yıllık ortalama yağış miktarından sapma miktarları standart sapma ( $\sigma$ ) ile hesaplanır.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_i - P_{\text{ort}})^2} \quad (4.2)$$

$$\text{Alt emniyetli sınır} = P_{\text{ort}} - \sigma \quad (4.3)$$

$$\text{Üst emniyetli sınır} = P_{\text{ort}} + \sigma \quad (4.4)$$

Havzadaki yağış istasyonlarının düzenli yağışa sahip olup olmadığını belirlemek için değişim katsayısını hesaplamak gerekir. Boyutsuz bir kavram olması nedeniyle diğer istasyonlarla da karşılaştırma olanağı sağlar. Değişim katsayısı ( $C_v$ ), rasat dönemindeki yıllık ortalama yağış miktarının standart sapmasının aritmetik ortalamasına oranıdır.

$$C_v = \frac{\sigma}{P_{\text{ort}}} \quad (4.5)$$

Kümülatif (eklenik) sapma eğrisi, zamana göre yıllık yağışların ortalama yıllık yağıştan sapma değerlerinin matematik toplamını (kümülatif) gösteren eğridir. Akiferlerin yıllık yeraltı suyu bilançolarının hazırlanmasında, akiferlerin yıllık boşalım ve beslenme miktarlarının yorumlanmasında; ortalama yıllık yağış ve ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma eğrisi değerlerine öncelikle ihtiyaç duyulmaktadır.

Eklenik sapma eğrilerinin oluşturulmasında yağış istasyonlarına ait yıllık toplam yağışların aritmetik ortalaması alınır. Daha sonra, rasat süresi boyunca yıllık yağışların yıllık ortalama yağış miktarından olan sapmaları hesaplanır. Bu işlem her yıl için ayrı yapılır.

$$\Delta P_i = P_i - P_{\text{ort}} \quad (4.6)$$

Eşitlikte  $\Delta P$  ortalama yıllık yağıştan olan sapma miktarını,  $i$  ise ait olunan yılı tanımlamaktadır.

#### *4.1.1.2 Yağış-Yeraltı Suyu Seviyesi İlişkisi*

Akiferlerde su seviyesi zamanla bir takım değişimler gösterir. Bu değişimler genel olarak tabii ve suni olmak üzere iki gruba ayrılır. Tabii değişimler meteorolojik, hidrolojik veya jeolojik faktörlerin etkisi ile sürekli veya mevzi karakterde olabilir. Sürekli değişimler mevsimlik ve daha uzun zaman aralığında olabildiği gibi kısa süreli de olabilir. Kısa süreli bu seviye değişimlerinin orijini; yağışlar, buharlaşma-terleme, atmosfer basıncı, gel-git, boşalım seviyesinin değişmesidir. Akiferdeki mevsimlik ve uzun süreli su seviye değişimlerinin meydana gelmesine sebep olan en önemli faktörler yağışlar ve akiferden su çekimidir (Korkmaz, 1980).

#### *4.1.2 Buharlaşma ve Terleme*

Buharlaşma, hidrolojik döngüde su transferinin ana sürecini oluşturmaktadır. Sıvı yada katı fazda olan suyun su buharı haline dönüşmesi ve atmosfere karışması sürecine buharlaşma denir. Buharlaşma miktarı; solar radyasyon, su ve hava arasındaki buhar basıncı farkı ve rüzgar hızı ile doğru orantılı; suyun erimiş tuz içeriği, atmosferik basınç ve havanın nem oranı ile ise ters orantılıdır.

Terleme veya transpirasyon ise bitkilerin kökleri ile aldıkları suyu yaprakları ile atmosfere su buharı şeklinde bırakmalarındır. Bitkilerin kökleri doymuş olmayan ortamlardaki topraktan ve hatta eğer yeraltı su tablası yüzeye yakınsa doymuş ortamlardan da su almaktadırlar. Bitkilerin bu terleme olayı topraktaki su oranını azaltmaktadır. Toprağın nem oranının belli bir seviyenin altına düşmesi durumunda bitkiler artık topraktan su alamazlar. Toprağın sahip olduğu bu nem oranına solma noktası denir ve her bitki için bu değer farklıdır.

Evapotranspirasyon ise kısaca su buharının bitkilerin yüzeyinden ve topraktan olan birleşik kaybına denir. Saha koşullarında buharlaşmayı terlemeden tamamen ayırmak mümkün değildir. Aslında hidrolojik bütçe analizlerinde önemli olan su havzasından olan toplam su kaybının veya evapotranspirasyonun bilinmesidir. Serbest su yüzeyinden meydana gelen buharlaşma miktarının, bitki terlemesi ile oluşan su kaybının yada zemin neminin buharlaşma miktarının ayrı ayrı bilinmesi önemli değildir.

Bir drenaj havzasından meydana gelen gerçek evapotranspirasyon (Etr) miktarı ilk olarak sınırsız su mevcudiyeti varsayılarak hesaplanan potansiyel evapotranspirasyonun (Etp) belirlenmesiyle başlar. Daha sonra, toprakta gerçekte mevcut bulunan nem miktarı dikkate alınarak Etp değeri düzeltilir. Potansiyel evapotranspirasyon (Etp) ve gerçek buharlaşma-terleme (Etr) değerlerini hesaplamak için geliştirilen birçok teorik ve ampirik model vardır: Penman, Thornthwaite (Thornthwaite, 1948), Schendel (Schendel, 1968) ve zirai uygulamalar için geliştirilen Blaney-Criddle (Blaney-Criddle, 1950) metotları gibi. Bu çalışmada Thornthwaite (Thornthwaite, 1948) yöntemi kullanılmıştır.

#### *4.1.2.1 Thornthwaite Yöntemi*

Thornthwaite, potansiyel evapotranspirasyon terimini bitki kullanımı için toprakta hiçbir zaman su noksanlığı olmadığına meydana gelecek su kaybı olarak tanımlamıştır. Bu, sistemin evapotranspirasyon ile kaybedeceği su miktarının üst sınırını temsil etmektedir. Thornthwaite (Thornthwaite, 1948) metodu, bitki



yoğunluğu ve büyümesinin etkilerini dikkate almayıp, yalnızca meteorolojik koşullara bağlı olarak potansiyel evapotranspirasyonu (Etp) hesaplamaktadır.

Thornthwaite yöntemi kullanılarak potansiyel buharlaşma terleme değerinin hesaplanmasında aylara göre ortalama sıcaklık ve enlem düzeltme katsayıları kullanılmaktadır. Thornthwaite yönteminde kullanılan ifade ve formüller aşağıda verilmiştir (Thornthwaite, 1948).

$$i = \left( \frac{t}{5} \right)^{1,514} \quad (4.7)$$

$$I = \sum i \quad (4.8)$$

$$a = 6.75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7.71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1.79 \times 10^{-2} \times I + 0.492 \quad (4.9)$$

$$Etp = 16. \left( \frac{10.t}{I} \right)^a .p \quad (4.10)$$

Eşitlikte  $t$  aylık ortalama sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $i$  aylık sıcaklık indisi,  $I$  yıllık toplam sıcaklık indisi,  $Etp$  aylık potansiyel buharlaşma-terleme miktarı (mm) ve  $p$  ise enlem düzeltme katsayısını göstermektedir.

#### 4.1.3 İnfiltrasyon veya Süzülme

Süzülme; yağışın yer yüzeyinden yeraltına doğru hareket ettiği, toprak suyunu yenilediği, akiferleri beslediği, ve kurak periyotlar boyunca akarsu akışlarını desteklediği bir süreçtir. Süzülme oranı, bir sahada yüzey akışının gerçekleşmesi için gerekli yağış girdisinin büyüklüğünü ve belli bir kanal sistemine olan yüzey akış girdisinin zamanlamasını etkiler. Dolayısıyla, süzülme hidrolojik modelin önemli bir bileşenidir. Süzülme hızı; bitki örtüsünün dağılımı ve türü, yüzeyin durumu sıcaklık, yağışın şiddeti, toprağın fiziksel özellikleri ve su kalitesi gibi birçok faktöre bağlıdır. Suyun yüzey tabakası içerisinde iletilme oranı yüzeyin koşullarına çok bağlıdır.

Örneğin, ince daneli malzemelerin yıkanması yüzeyi sızdırmaz yapabilir, öyle ki süzülme oranları onun altında yer alan zemin oldukça geçirgen olsa da az olur. Su ara yüzeyi geçtikten sonra aşağı doğru hareket hızı yeni ortamın iletme özellikleri tarafından kontrol edilir. Yerin altında mevcut depolama hacmi ayrıca süzülme oranını etkileyen diğer bir faktördür.

Belirli bir drenaj havzası içerisinde, zeminin süzülme kapasitesi genellikle hem lokasyona hem de zamana bağlı olarak değişim göstermektedir. Alansal değişimler zemin türlerinin ve bitki örtüsünün farklılığından kaynaklanmaktadır. Bu tip değişime yer vermek için kullanılan genel prosedür toplam alanı yaklaşık olarak uniform toprak ve bitki örtüsü özelliklerine sahip alt bölgelere ayırmaktadır. Süzülme süreci kompleks bir olaydır. Pratikte nadiren rastlanılan en ideal koşullarda dahi (uniform toprak özellikleri ve bilinen akışkan özellikleri) süzülme sürecini karakterize etmek zordur .

#### **4.1.4. Su Bilançosu**

Herhangi bir hidrolojik sistem için oluşturulan su bütçesi denklemi belirli bir zaman içerisinde, sisteme giren ve sistemden ayrılan tüm akımları ve sistemde depolanan su miktarını hesaba katmaktadır. Bütçe denkleminde sisteme giren akışlar pozitif miktarlar, sistemden ayrılan akışlar ise negatif miktarlar olarak gösterilmektedir. Hidrolojik döngünün ana elemanları yağış (P), buharlaşma (E), terleme (T), süzülme yada infiltrasyon (I), akış (R), yeraltısuyu akımı (G) gibi süreçlerden oluşmaktadır. Genelde hesaplamalarda kolaylık açısından, buharlaşma ve terleme süreçleri tek bir terim evapotranspirasyon (ET) olarak ifade edilir. Hidrolik su bilançosu (4.11) ifadesindeki gibi gösterilebilir.

$$P - R - G - E - T = \Delta S \quad (4.11)$$

Eşitlikte  $\Delta S$  depodaki değişimi göstermektedir. Su bütçe analizlerinin kullanım şekillerinden biri de bütçeyi oluşturan diğer değişkenlerin miktarları ile ilgili tahminlerin makul olması durumunda, bir bölgede meydana gelen evapotranspirasyonun (ET) miktarının hesaplanabilmesidir. Geniş akarsu

havzalarında (~binlerce km<sup>2</sup>), yeraltı suyu sistemi sınırları çoğunlukla yüzey suyu ayırım hattını izler. Bu varsayımın geçerli olduğu durumlarda, sisteme giren ve sistemden ayrılan yeraltı suyu akımları yok varsayılabilir ( $G=0$ ). Ayrıca, uzun dönemlerde (genellikle  $\geq 5$  yıl) sistemde depolanan su miktarında normalin üzerinde mevsimsel azalmalar ve artışlar genellikle büyük su havzalarında birbirlerini dengeleme eğilimindedir ve bu durumlarda, depodaki değişimin ( $\Delta S$ ) sıfır olduğu varsayılabilir. Bu iki varsayım altında, su bütçesi denklemi aşağıdaki sade şekilde yazılabilir:

$$P - R - ET = 0 \quad (4.12)$$

P ve R biliniyor ise evapotranspirasyonun (ET) miktarı için yaklaşık bir tahmin yapılabilir. Hidrolojik bütçenin değişkenlerinden herhangi birine bağlı olarak denklemin çözülmesi diğer değişkenlerin miktarlarının kabul edilebilir tahminleri ile mümkündür. Bu durum her zaman kolay değildir. Bazen veri eksikliği ve verilerin arzulan formatta olmaması ile karşılaşılabilir. Belirli özel koşullar altında, bu gibi sorunları aşmak için basitleştirici bir takım varsayımlar yapılabilir. Asıl zorluk, veri toplama ve gözleme programlarının yaygınlaştırılmasıdır.

#### 4.1.4.1 Yeraltı Suyu İşletme Rezervi

Akiferlerin yeraltı suyu bilançolarının hazırlanması konusu, yeraltı suyu işletme rezervlerinin belirlenmesinde oldukça önemlidir. Hidrolojik çevrimin bir parçasını teşkil eden yeraltı suyu bilanço denkleminde, suyun göz önüne alınan akifere girişi (akiferin beslenmesi), bu akiferde depolanması ve çıkışı (akiferin boşalımı) doğrudan tayin edilemeyen birçok faktöre bağlıdır (Korkmaz, 1992).

Sınırları belirlenmiş bir akiferin belirli bir periyot için dinamik su dengesinin miktar yönünden belirtilmesi yeraltı suyu bilançosu olarak tarif edilebilir. En genel manada bilanço denklemi :

$$Q_b = Q + \Delta Q \quad (4.13)$$

Eşitlikte  $Q_b$  akifere giren su miktarını (beslenim),  $Q$  akiferden çıkan su miktarı (boşalım),  $\Delta Q$  rezerv değişimini göstermektedir. Belirli bir periyottaki su seviyesi değişimi, bu bilanço denkleminde de görüldüğü gibi akifere giren su (beslenim) akiferden çıkan su (boşalım) farkına bağlıdır (Korkmaz, 1992).

## 4.2 Kuyu Hidroliği

### 4.2.1 Sondaj Kuyusu Tanımları

Gereği gibi projelendirilen ve inşa edilen bir kuyu, su taşıyan bir formasyondan ekonomik olarak su alınmasını sağlayan hidrolik bir yapıdır.

**Statik Su Seviyesi:** Bir kuyudan veya akiferden pompaj veya serbest akış yoluyla su alınmadığında suyun sabit kaldığı seviyedir. Bu genellikle, yeryüzünden (veya zemin yüzeyi yakınındaki bir ölçüm noktasından) kuyudaki su seviyesine olan mesafedir.

**Dinamik Su Seviyesi:** Belli bir debide üretim devamında kuyuda oluşan su seviyesidir.

**Düşüm:** Statik su seviyesi (su tablası) veya piezometrik seviye ile dinamik su seviyesi arasındaki metre cinsinden uzaklıktır. Bu uzaklık, kuyudan çekilmekte olan suyun debisine bağlı olarak, suyu akiferden kuyu içine akmaya zorlayan su yükünü (basınç) ifade eder. Statik seviye, dinamik seviye, düşüm terimleri pompaj kuyusuna olduğu kadar yakındaki diğer kuyulara ve gözlem kuyularına da uygulanır. Pompaj kuyusundan belli uzaklıkta bulunan bir gözlem kuyusunda pompaj sonucunda su seviyesi azalmışsa, buna o kuyunun düşümü denir.

**Düşüm Konisi:** Herhangi bir akiferde pompaj başlamasından sonra kuyuya yakın bölgedeki basınçta bir düşüm ve basınç düşmesi sonunda kuyuya doğru radyal olarak hidrolik eğimde bir artış olur. Bu artış ile birlikte akiferdeki su kuyuya doğru hareket eder ve su seviyesi düşmeye başlar. Tabanı statik su seviyesi veya piyezometrik yüzey olan ve tepe noktası kuyudaki su seviyesini gösteren ters koni şeklinde bir hacim oluşur. Bu hacme düşüm konisi denir (Şekil 4.1).

**Özgül Debi:** Bir kuyunun özgül debisi, birim düşüme karşılık gelen verimdir. Belli bir süre, genellikle 24 saatlik pompaj sonunda, 1 m'lik düşüme karşılık 1 günde çekilen m<sup>3</sup> cinsinden su miktarı ile ifade edilir.

**Kuyu Verimi:** Bir kuyudan pompajla veya serbest akışla (artezyen) birim zamanda alınan su hacmidir. Genellikle m<sup>3</sup>/gün veya 1/s olarak ifade edilir.

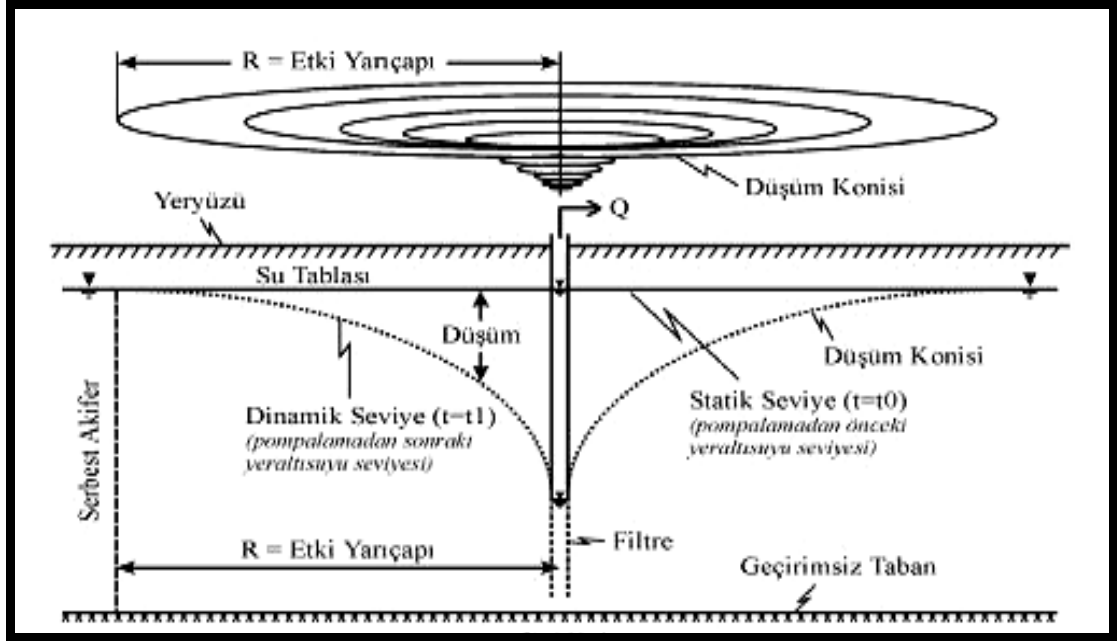
**Etki Yarıçapı (R):** Bir kuyunun merkezinden düşüm konisinin sınırına kadar olan yatay mesafedir. Basınçlı akiferlerdeki düşüm konisi, serbest akiferlerin düşüm konisinden daha geniştir.

**Emniyetli Verim:** Yeraltı suları, kendini yenileyebilen en önemli yeraltı kaynaklarından biridir. Bunun için bir yılda yeraltı suyundan çekilebilecek su miktarı birçok araştırmacı tarafından araştırılmış ve emniyetli verim tanımı ortaya çıkmıştır...Fetter(1994) "Applied Hydrogeology" kitabında Lee (1915)'in emniyetli verimi, depolanmış yer altı suyu rezervuarından hiçbir tehlike oluşturmadan, devamlı olarak çekilebilecek su olarak tanımladığını, bunun için beslenmeden daha az su çekilmesini önerdiğini, Meinzer (1923)'in, su çekiminin ekonomik olmasından söz ettiğini, Conkling (1946)'in su kalitesinin korunmasını ve özellikle deniz suyu girişimine neden olmamasını belirttiğini, Banks (1953)'in yasal sorunlar yaratmaması ve çevrede bozuşmaya önyak olmamasını ve Collins(1972)'in akarsulardan (dolaylı) su çekimi ile akarsu ve göllerdeki seviye düşümü olmamasını önerdiklerini ifade etmektedir. 1959 yılında Todd, emniyetli verimi, istenmeyen sonuçlar yaratılmadan, çekilebilecek su miktarı olarak tanımlamıştır ( Dumlu, 2007, s.137).

Günümüzde klasik emniyetli verim tanımları yerine daha çok havza verimi,sürdürülebilir verim gibi kavramlar kullanılmaktadır.

Havza için kabul edilecek sürdürülebilir verim, değeri, temel olarak uzun yıllar yağış ortalamaları ile belirlenen bir beslenme değeri yerine yeraltı suyu beslenmesinde meydana gelen konumsal ve zamansal değişimleri ve planlanan talepleri göz önüne alarak belirlenmelidir.... Bu kapsamda su kaynakları yönetim

çalışmalarında temel amaç, kaynak üzerinde kalıcı zararlar oluşturmadan, hidrolojik sistemin işleyişini değiştirmeyecek ama günümüzün ve geleceğin gereksinimlerini de gözetecek bir sürdürülebilir potansiyelin belirlenmesi olmalıdır (Meriç, 2004).



Şekil 4.1 Pompaj kuyusundan uzaklaştıkça düşümdeki değişimleri gösteren düşüm konisi

## 4.2.2 Akifer ve Parametreleri

### 4.2.2.1 Akifer ve Tipleri

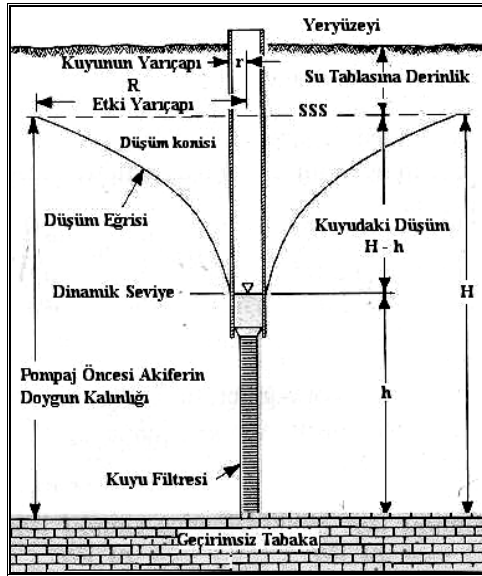
Boşlukları tamamen yeraltı suyu ile dolmuş olan, bu suyu bir noktadan diğerine iletebilen, tabanında geçirimsiz bir seviye ile sınırlanmış olan ve bir kaynak olarak ekonomik su verme özelliğine sahip formasyonlara akifer denir. Çalışma alanı kapsamındaki akifer tiplerini başlıca şöyle tanımlayabiliriz.

**Serbest Akifer:** Üst sınırı yeraltı su seviyesi olan akiferlere denilmektedir. Serbest akiferler de, kuyulardaki su seviyesi bölgesel yeraltı su tablası ile aynı seviyededir.

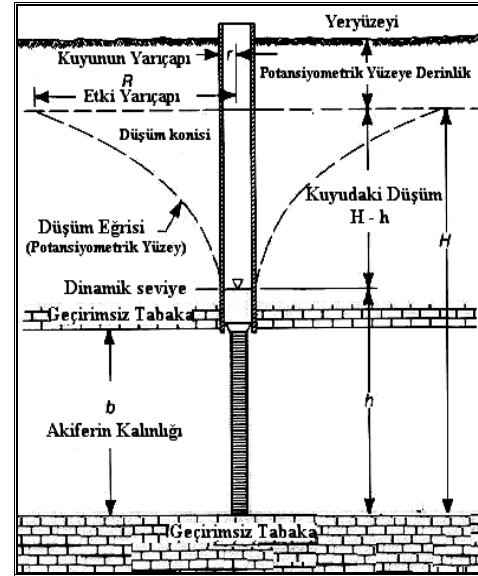
**Alüvyon akiferleri:** Nehir yatağı boyunca bulunan alüvyon çökelleri içerisinde yer alan serbest akiferlerdir. Bu akiferlerdeki sular genelde nehir suları ile dengededirler. Bu tür akiferler farklı zamanlarda nehirleri beslemekte yada nehirlerden beslenmektedir.

**Karstik Sistemler, Kireçtaşı Akiferleri:** Çatlaklı kireçtaşlarında, karbonatların atmosferde bulunan karbonik asit vasıtasıyla çözünmesi sonucu geniş çatlaklar, kondüitler, yada mağaralar meydana gelir. Bu olaya karstik rejim denir. Bu tür rejimlerde çok sık olarak yüzeysuları yeraltı suları ile çatlak, kondüit vb. gibi sistemler boyunca bağlantı kurarlar. Karstik sistemlerde yeraltı suyun hareketi genelde bu tür sistemler boyunca, sayıları az olan çıkış noktalarına yani pınarlara doğrudur. Karbonat kayaçlarının tümü tam anlamda karstik karakterde değildirler. Karstik sistemlerde kuyu yeri belirleme işlemi çok karmaşıktır: Eğer bir kondüit bulunamaz ise, formasyondaki mevcut su, önemsenmeyecek kadar çok azdır. Açılacak kuyu için en iyi lokasyon bir çatlağın yada iki çatlak sisteminin kesişme noktasının üzerindedir.

**Basınçlı Akiferler:** Alt ve üstten geçirimsiz yada geçirimsizliği az olan bir formasyon ile sınırlanırlar. Bu tür akiferlerdeki su, atmosferik basınçtan daha yüksek olan bir basıncın altındadır. Basınçlı akifer terimide buradan kaynaklanmaktadır. Basınçlı akiferlerde bir kuyu açıldığında, akiferin geçirimsiz üst sınırı geçilir geçilmez su hemen kuyu akmaya başlar. Eğer basınç yeraltı suyunun yer yüzeyine ulaşması ve akması için yeterli ise (piyezometrik su seviyesi yer yüzeyinden daha yüksekte ise) bu tür basınçlı akiferlere artezyen denilmektedir. Artezyen kuyuları işletilirse zamanla artezyen olma özelliklerini kaybedebilirler. Bunun nedeni akiferdeki hidrolik yükün azalmasıdır. Şekil 4.2’de serbest akifer, Şekil 4.3’de basınçlı akifer kuyu kesiti gösterilmektedir (Driscoll, F., çev., 2010).



Şekil 4.2: Serbest akiferde açılmış bir kuyu (Driscoll, F., çev., 2010)



Şekil 4.3: Basınçlı akiferde açılmış bir kuyu (Driscoll, F., çev., 2010)

#### 4.2.2.2 Akiferlerin Hidrolojik Parametreleri

Su taşıyan bir formasyonun hidrolik özelliklerini belirleyebilmek için boşalım katsayısı, iletkenlik, geçirgenlik ve depolama katsayıları çok önemlidirler.

**Boşalım Katsayısı ( $\alpha$ ):** Kaynağın bulunduğu alanın (akiferin) jeolojisi ve jeomorfolojisi ile etkin porozite ve iletkenliği gibi hidrojeolojik karakteristiklerine bağlıdır. Bu katsayı akiferin su verme kapasitesini temsil eder. Boşalım katsayısının küçük değerleri, büyük depolama kapasitesi olan akiferlerin yavaş drenajını ifade eder. Bu tip akiferlerdeki kaynaklar çoğunlukla devamlı kaynaklardır. Boşalım katsayısının ( $\alpha$ ) büyük değerleri, akiferin akım kanallarının hızlı drenajını ve yeraltında depolamanın küçük olduğunu gösterir (Karanjac, 1977; Milanovic, 1981; Ford ve Williams, 1989).

Bir akiferin yeraltı suyu akımı (boşalım debisi) ile boşalım seviyesi üstünde depolanan su hacmi (dinamik rezerv) arasındaki ilişkiyi belirleyen, akiferin hidrodinamik parametreleri ve boyutlarına bağlı olan, akifer özelliklerine göre değişen bir katsayıdır (Bear and Levin, 1967; Castany, 1969; Mijatovic, 1976). Akiferlerde mevsimlik ve uzun süreli su seviye değişimlerinin meydana gelmesine sebep olan en önemli faktörler yağışlar ve rezervuardan su çekimidir. Bir hidrolojik



yılın yağışlı periyodu boyunca beslenme sebebi ile akiferde su seviyesi devamlı yükselir. Kurak periyot boyunca ise beslenim olmaması veya minimum mertebede olması sebebiyle (içer akış yolu ile beslenimi olmayan akifer hali) su seviyesi tabii boşalım miktarına bağlı olarak devamlı düşer. Akiferlerde tabii boşalımları karakterize eden eğriye boşalım eğrisi denir (Korkmaz, 1978).

Akiferlerin boşalım sürelerinin uzunluğu hidrolojik ve jeolojik şartlara bağlı olarak her akiferde farklı olduğu gibi aynı akiferde de yıllık yağış miktarı ve yağışın yıl boyunca zamana göre dağılımı ve değişimine bağlı olarak boşalım sürelerinin uzunluğu her yıl için farklı olmaktadır (Korkmaz, 1989).

Su seviyesi düşümüne paralel olarak akiferin tabii boşalım debileride kurak periyodun sonuna kadar devamlı azalmaktadır. Kurak periyot (mevsim) boyunca bir akiferin tabii boşalımlarını karakterize eden eğri için Maillet tarafından geliştirilmiş olan (4.14) formülü kullanılmıştır (Korkmaz, 1978).

$$Q = Q_0 e^{-\alpha t} \quad (4.14)$$

Burada;

$Q_0$  = Kurak periyod başlangıcında ( $t_0$ ) yeraltısuyu akımı ( $m^3/s$ )

$Q$  = Kurak periyod başlangıcından  $t$  zaman sonraki yeraltısuyu akımı ( $m^3/s$ )

$\alpha$  = Boşalım katsayısını ( $gün^{-1}$ ) simgelemektedir.

Akiferlerde boşalımlar ile su seviyesi değişimleri arasındaki bu paralellikten istifade edilerek kurak periyoda ait su seviyesi değişimi ;

$$h = h_0 e^{-\alpha t} \quad (4.15)$$

şeklinde bir fonksiyonla ifade edilebilir.

Eşitlikte;

$h_0$  = Kurak periyod başlangıcında ( $t_0$ ) boşalım seviyesine göre statik su seviyesi (m)

$h$  = Kurak periyod başlangıcından ( $t$ ) zaman sonraki boşalım seviyesine göre statik su seviyesi (m)

$\alpha$  = Boşalım katsayısını ( $gün^{-1}$ ) simgelemektedir.

Formülün her iki tarafının logaritması alınarak zaman–log (seviye) doğru denklemi (4.17) elde edilir. Buradan boşalım katsayısı hesaplanır.

$$h = h_0 e^{-\alpha t} \quad (4.15)$$

$$\log h = \log h_0 - \alpha t \quad (4.16)$$

$$\log h = \log h_0 - 0.4343\alpha t \quad (4.17)$$

Yarı logaritmik bir eksen sistemi seçilerek rasat kuyusunun kurak periyoda (mevsim) ait su seviye değerleri logaritmik eksene , bu seviyelere tekabül eden zamanlar gün olmak üzere aritmetik eksene işaretlenerek elde edilen bütün noktalardan bir doğru geçilir( zaman-log seviye doğrusu). Bu doğrunun eğiminden veya doğrudan doğruya (4.17) formülünden ( $\alpha$ ) boşalım katsayısı hesaplanır.

Bir akiferin boşalım katsayısı kurak periyoda ait yeraltı suyu akım rasatlarından istifade edilerek (4.14) bağıntısı yardımıyla veya sadece su seviye rasatlarından istifade edilerek (4.15) bağıntısı yardımıyla direkt olarak hesaplanabilmektedir. Akiferde yeraltı suyu akımı (baz akımı) şeklinde ilaveten kurak periyot boyunca ayrıca çekim ve (veya) su tablasının sığ alanlarından buharlaşma- terleme yolu ile de boşalım olması halinde su seviye düşümleri sadece ilk boşalım şeklinin olması halindeki düşümlerden daha fazla olur. Bu tip akiferlerde kurak periyoda ait zaman-log (seviye) doğrusu su seviyesinin en yüksek olduğu aya ait ( $t_0$ =Nisan veya Mayıs) su seviyesi değeri ile su seviyesinin en düşük olduğu aya ait ( $t_n$ =Eylül, Ekim veya Kasım) su seviyesi değeri dikkate alınarak çizilmektedir.

Yeraltı suyu seviyesi-boşalım ilişkisini belirleyebilmek için her kaynağa ait rasatlardaki su seviyelerinden yararlanarak kurak periyoda ait (nisan-mayıs / eylül-ekim) sürelerdeki yeraltı suyu seviye değişim oranları hesaplanabilir. Her kaynak için hesaplanan seviye değişim oranları ile boşalım katsayıları arasındaki ilişki aritmetik eksenli grafik üzerine işaretlenerek yeraltı suyu seviyesi ve boşalım katsayısı eğrileri elde edilmektedir. Bu eğrilerden de yeraltı suyu seviye değişimleri boşalım katsayısı büyük olan akiferler de küçük olanlara oranla daha fazla olduğu;

boşalım katsayıları küçüldükçe seviye değişim oranları azaldığı Tablo 4.2’de görülmektedir (Korkmaz, 1989).

Tablo 4.2 Boşalım katsayısına göre akifer tiplerinin karakteristik özellikleri (Korkmaz, 1989)

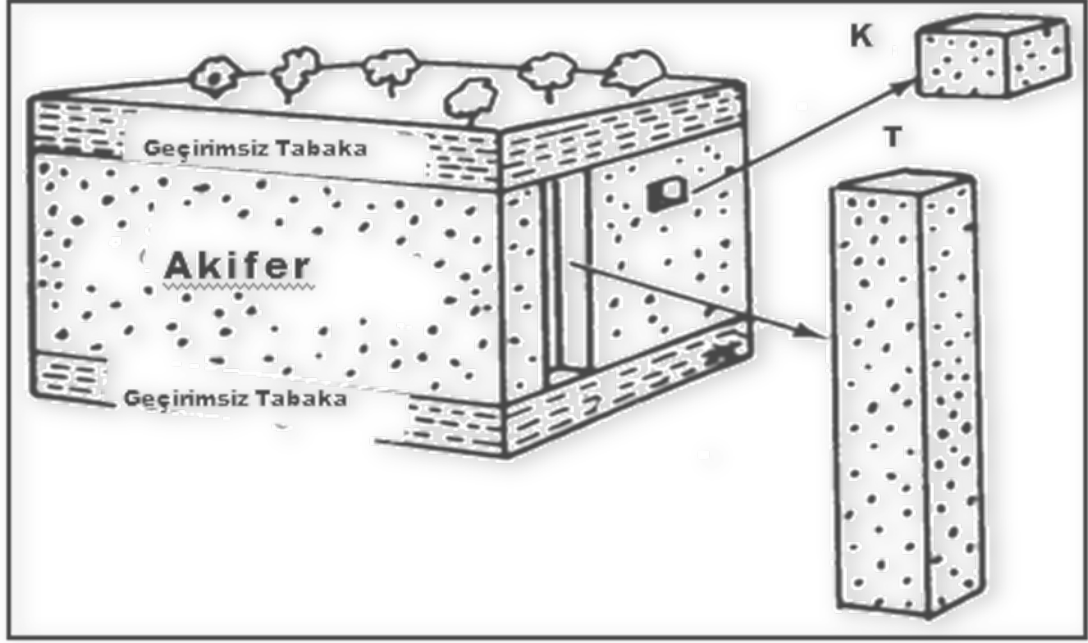
Akifer Tipleri	Boşalım Katsayısı $\alpha(\text{gün}^{-1})$	Akiferin İlişkili Olduğu Yağış Büyüklüğü	Kurak Periyotta değişkenlik Periyodu $\Delta t=6\text{ay}$	
			Su Seviye Değişkenliği $hd\%$	Debi Değişkenliği $Qd\%$
1.Tip Akifer	$\alpha \leq 0,00035$	Ortalama Yıllık Yağıştan Eklenik Sapma ;Pe	$hd \leq 6$	$Qd \leq 6$
2.Tip Akifer	$0,00035 < \alpha < 0,00175$	Ortalama Yıllık Yağıştan Eklenik Sapma Değerlerinin Kurak Yağışlı Devreleriyle Aynı İlişkili;Pe	$6 < hd < 27$	$6 < Qd < 27$
3.Tip Akifer	$0,00175 \leq \alpha < 0,0126$	Yıllık Yağış;Py	$27 \leq hd < 92$	$27 \leq Qd < 92$
4. Tip Akifer	$\alpha \geq 0,0126$	Aylık Yağış ;Pa	$hd \geq 92$	$Qd \geq 92$

**İletimlilik Katsayısı (T, Transmisibilite):** Akiferin tüm doymun kalınlığı boyunca uzanan 1 m genişliğindeki düşey bir zemin prizmasından, birim yük kaybı altında geçen su miktarıdır. Birimi  $\text{m}^2/\text{gün}$ ;  $\text{m}^2/\text{s}$  vb.

**Geçirimsizlik Katsayısı (K, Permeabilite):**  $1\text{m}^2$  lik birim kesitten 1 hidrolik eğim altında geçen su miktarıdır,  $\text{m}/\text{gün}$ ,  $\text{m}/\text{sn}$  vb.

$$T = Kb \quad (4.18)$$

Eşitlikte K akiferin hidrolik iletkenliği, b ise akiferin doymun kalınlığını göstermektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Transmisibilite (T) ve Permeabilite (K) katsayılarının gösterimi

**Depolama Katsayısı (S):** Su yükündeki birim değişmeye karşılık birim akifer deposuna giren veya çıkan suyun hacmini ifade eder. Serbest akiferlerde S, akiferin özgül verimi ile aynıdır. Basıncılı akiferlerde S, pompaj etkisiyle su yükünün (basınç) azalması sonucunda akiferde hapsedilmiş olan suyun boşalmasının bir ifadesidir. Depolama katsayısı boyutsuz bir değerdir. S değeri, serbest akiferler için 0,01 ile 0,3 basınçlı akiferlerde ise  $10^{-5}$  ile  $10^{-3}$  arasında değişir. Sınırları belirtilmiş bir bölgenin, belirli bir periyot içinde dinamik su dengesinin miktar yönünden belirtilmesi genel anlamda:

$$V_b = V \pm \Delta V \quad (4.19)$$

Eşitlikte,  $V_b$  rezervura giren su miktarı (beslenme),  $V$  rezervuardan çıkan su miktarı (boşalma),  $\Delta V$  rezerv değişimi ifade etmektedir. Kurak periyot boyunca beslenme olmadığından 4.20 bağıntısına göre boşalma rezerv değişimine eşit olur (Korkmaz,1976).

$$V_k = \Delta V_k = A.S.h \quad (4.20)$$

A= Akiferin yatay alanı (m<sup>2</sup>)

h= Akiferin boşalım seviyesi üstündeki ortalama doymun kalınlığı (m)

S=Depolama katsayısı (Özgül verim) (%)

Transmisibilite (T) ve depolama katsayısı (S) parametrelerinin tespit edilmesi ile ilgili olan metot, J. Boussines (1904), E. Maillet (1905) ve H. Schoeller (1948) tarafından geliştirilmiştir.

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-(t-t_0)} \quad (4.21)$$

$$Q_t = Q_0 [1+(t-t_0)]^{-n} \quad (4.22)$$

Üstel fonksiyonlarının analizi ve dengesiz akım rejimi için C. Theis ve C. Jakob'un logaritmik yaklaşık formülünün:

$$\Delta h = \frac{0,183Q}{T} \cdot \log \frac{2,25 \cdot T \cdot t_0}{X^2 \cdot S} \quad (4.23)$$

tatbik edilmesiyle karstik ortamdaki yeraltı suyu seviyesinin analizi esasına dayanır. Karstik akiferin drenaj zonunda açılan rasat kuyularında yeraltı suyu seviye değişimleri tespit edilirse, bu metotla transmisibilite değeri hesaplanabilir. Bu metot kurak periyot içinde ölçülen kaynak debileri ile rasat kuyusunda tespit edilen su seviyeleri arasındaki ilişkinin araştırılması esasına dayanır. Akiferin kaynaklarla boşalım ve yeraltı drenaj zonlarında açılmış olan rasat kuyusunda ölçülen su seviyesinin düşümü arasındaki ilişkiden dolayı (4.23) formülü kullanılarak transmisibilite ve depolama katsayısı hesaplanabilir (Korkmaz, 1976). İletimlilik katsayısının (T) fiziki anlamının daha iyi ifade edilebilmesi için m<sup>3</sup>/m/s birimi m<sup>2</sup>/s şeklinde belirtilmiştir.

Eğer kurak periyot boyunca kaynaklarla bir akiferin boşalım göz önüne alınacak olursa kaynak boşalım noktasının üstündeki dinamik rezervin (aktif su hacmi), akiferin yayılım alanına oranı depolama indisi olarak tarif edilir. Boşalım eğrisi

çizildikten sonra kurak periyoda herhangi bir t anında m<sup>3</sup> cinsinden boşalma noktasının üstünde depolanan su hacmi (dinamik rezerv):

$$V_t = \frac{Q_t}{\alpha} \quad (4.24)$$

formülüyle bulunur. Bu formül t=t<sub>0</sub> için:

$$V_0 = \frac{Q_0 \cdot 86400}{\alpha} \quad (4.25)$$

t=t<sub>0</sub> için depolama indisi:

$$\Delta r_0 = \frac{V_0}{A} = \frac{Q_0 \cdot 86,4}{A \cdot \alpha} \quad (4.26)$$

t ≠ t<sub>0</sub> için depolama indisi:

$$\Delta r_t = \frac{V_t}{A} = \frac{Q_t \cdot 86,4}{A \cdot \alpha} \quad (4.27)$$

Rezerv değişimleri şu şekilde ifade edilebilir.

$$\Delta R = \Delta r_0 - \Delta r_t = \frac{86,4}{A \alpha} (Q_0 - Q_t) \quad (4.28)$$

Eşitlikte Δr depolama indisini (mm), ΔR ise göz önüne alınan periyod boyunca rezerv değişimlerini (mm) göstermektedir. R değişim değeri dengesiz rejimde pompaj süresi boyunca kademeli düşüm gibi düşünülürse:

$$y = a (\log b + \log X) \quad (4.29)$$

şeklinde bir fonksiyon elde edilir. a sabiti:

$$a = \frac{0,183 Q}{T} \quad (4.30)$$

şeklinde belirtilmiştir. Değişken değerler  $y = \Delta R$  ve  $X = t'$  ye eşittir. Bu fonksiyonu temsil eden doğru  $t$  zamanlarının logaritmaları absis eksenine ve rezerve değerleri ( $R$ ) değerleri ordinata yerleştirilerek bu doğrunun, bir logaritmik periyod için  $a$  sabiti tespit edilerek transmisibilitesi ( $T$ ) hesaplanabilir.  $a$  sabiti düşüm doğrusunun eğimine eşittir. Doğrunun eğimi:

$$\frac{0,183}{T} = \frac{dy}{dx} = \frac{\partial \Delta R}{\partial(\log t)} = \frac{\partial \Delta R}{\partial(\log t)} \quad (4.31)$$

ise türeve eşit ve değeri bir logaritmik periyottaki  $\Delta R$  düşümüdür.

$$\frac{0,183 Q}{T} = \Delta R = C \quad (4.32)$$

veya

$$T = \frac{0,183 Q}{C} \quad (4.33)$$

$T$  değerinin, kaynak bölgesindeki düşüm toplamını temsil edebilmesi için genellikle 2 sabiti ile çarpılması lazımdır (Korkmaz, 1976).

### 4.2.3 Uzaklık-Düşüm İlişkisi

#### 4.2.3.1 Theis Metodu

Bir kaç pompaj kuyusunun etki alanı içerisindeki herhangi bir noktadaki düşüm basınçlı bir akiferde her bir kuyuda meydana gelen düşümlerin toplamına eşittir. Kuyu debisini sabit varsayarak, yeraltı suyu akım denkleminin dengesiz rejimde çözümünü Theis aşağıdaki sınır koşullarını baz alarak çözmüştür. Birçok akiferlerin Theis ve Jacob tarafından kabul edilen teorik şartlara uymamasına rağmen, bu formüllerin kullanılması ve grafiklerinin çizilmesiyle elde edilen sonuçlar genelde

yeterli olmaktadır. Uniform olmayan akiferlerde formasyon içindeki karmaşık hidrolik ilişkiler, iletkenlikleri farklı lokal bölgeler arasında sürekli düzeltme yapma gereğini ortaya çıkarır.

Böyle bir durumda düşüm konisi, akiferin genel iletkenlik ve depolama özelliklerini yansıtacak şekilde derinleşme ve genişleme gösterir. Transmisibilite (T) ve depolama katsayısı (S) değerleri geniş alanları temsil eden ortalama değerler olduğu için bazı bağımsız kuyuların verimindeki değişiklikler, yapılan akifer testlerinin sonuçlarına göre önceden tahmin edilmelidir.(Driscoll, F., çev., 2010).

Theis, yeraltı suyu akımı ile ısı şartları arasında karşılaştırma yaparak bir sonuç elde etmiştir. Theis piyezometre yüksekliğini H, t zaman sonraki düşümde  $s(r, t) = H - h(r, t)$  olarak ifade etmektedir.

$$H - h(r, t) = W(u) \frac{Q}{4\pi T} \quad (4.34)$$

$$H - h = \frac{Q}{4\pi T} \int_0^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du \quad (4.35)$$

Burada  $W(u)$  u boyutsuz zaman faktörüne karşılık gelen kuyu denklemi olarak tanımlanır.  $W(u)$  entegrali üssel olduğu için sonsuz serilere açılması ile yaklaşık olarak şu seri elde edilir.

$$W(u) = \left[ -0,5772 - \ln u + u - \frac{u^2}{2(2!)} + \frac{u^3}{3(3!)} + \frac{u^4}{4(4!)} \dots \right] \quad (4.36)$$

u ve kuyu fonksiyonu,  $W(u)$  akifer parametrelerine bağıntılı açık ifadeleri,

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad (4.37)$$

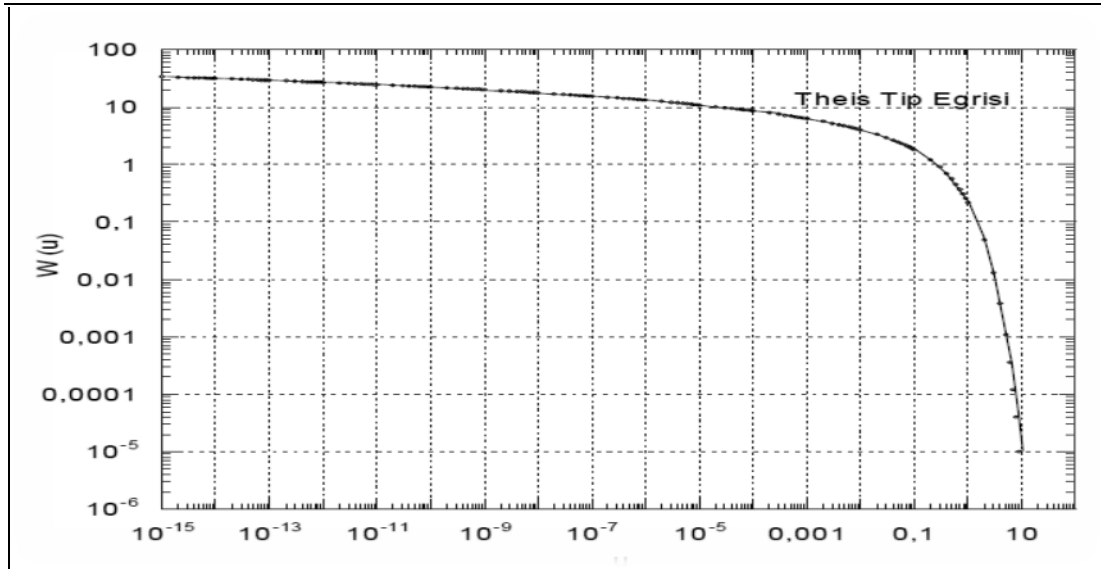
$$s = H - h = W(u) \frac{Q}{4\pi T} \quad (4.38)$$



şeklindedir.  $Q$ : Debi (lt/s) ortalama kuyunun debisi,  $s$ : herhangi bir noktadaki düşüm (m),  $T$ : Transmisibilite ( $m^3/gün/m$ ),  $r$ : Kuyuya uzaklık (m),  $t$ : Pompalama süresi (gün) 365 gün,  $W(u)$ : Theis kuyu fonksiyonunu ifade etmektedir.

Bu düşüm denkliği basınçlı akiferlerde açılmış bir kuyunun düşüm denklemidir, basınçsız akiferler için denklemde yapılan gerekli düzenlemelerle elde edilen eşitlik şöyledir:

$$H^2 - h^2 = W(u) \frac{Q}{4\pi T} \quad (4.39)$$



Şekil 4.5 Theis tip eğrisi

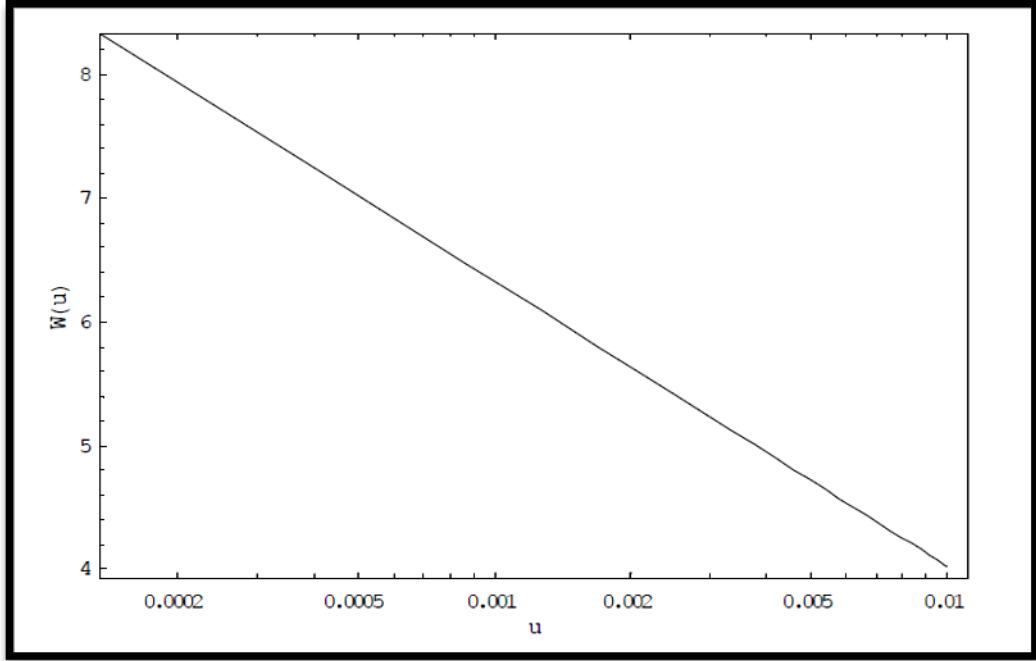
Theis metodu transmisibilite ve depolama katsayılarını elde etmek için, logaritmik kağıdın bir eksenine  $u$  veya  $1/u$ , diğer eksenine  $W(u)$  değerleri işaretlenerek çözüme gidilen yaklaşık bir yöntemdir. Oluşan eğriye Theis tip eğrisi adı verilir (Şekil 4.5). İkinci aşama olarak bir başka logaritmik kağıda  $t$ , düşüm değerlerine karşılık  $r^2/t$  değerleri ilk aşamada oluşturulan tip eğri ile aynı ölçekte olacak şekilde çakıştırılır. Üçüncü aşamada bu oluşturulan iki eğrinin koordinat eksenleri paralel olacak şekilde, eğriler çakıştırılır.

Bu iki eğrinin çakıştığı uygun bir nokta alınarak  $W(u)$ ,  $u$ ,  $s$  ve  $r^2/t$  değerleri okunur. Okunduktan sonra elde edilen değerler Denklem (4.37) ve (4.38)'te yerine yazılmasıyla akifere ait  $S$  ve  $T$  değerleri elde edilir.

Cooper ve Jacob elde edilen  $W(u)$ , kuyu fonksiyonunun,  $u$ 'nun 0.01'den küçük değerleri için yarı logaritmik eksenli bir kağıtta doğru oluşturduğunu gözlemlemiştir. Kuyu fonksiyonunun  $\ln u$ ' dan sonraki terimleri ihmal edilirse denklem,

$$W(u) = -0,5772 - \ln u \quad (4.40)$$

olarak yazılabilir. Bu yaklaşımla hata payı % 1'den daha küçüktür. Şekil 4.6'da Jacob'un yarı logaritmik kağıttaki doğrusal modeli gösterilmektedir.



Şekil 4.6 Jacob'un yarı logaritmik kağıttaki doğrusal modeli

## BÖLÜM BEŞ

### UYGULAMA

#### 5.1 Sarıkız Kaynak Grubu

##### 5.1.1 Yağış

Sarıkız kuyuları için (Bölüm üç Tablo 3.1) Akhisar Meteoroloji İstasyonuna ait yağış verileri kullanılarak ortalama yıllık yağışlardan hesaplanan sapma değerlerinin yıllara göre kümülatif toplamından eklenik sapma değerleri Tablo 5.1’de verilmiştir.

1929-2009 yıllarına ait yağış ve sıcaklık ölçümlerinden 80 yıllık ortalama yağış 575 mm, yıllık ortalama sıcaklık ise (1937-05) 16,1 °C olarak belirlenmiştir. DSİ tarafından hazırlanan Sarıkız Kaynaklarından emniyetle alınabilececek su miktarının tespitine ait rapor’da 1929-1981 yılları arası Akhisar Meteoroloji İstasyonunun 53 yıllık ortalaması 610,9 mm dir. Bu durumda 35,9 mm sistem girdisinde azalma mevcuttur.

Tablo 5.1 Akhisar istasyonuna ait yıllık yağış ve yıllık yağıştan eklenik sapma değerleri

MANİSA-AKHİSAR DMİ Yağış İstasyonu 17184	Yıllık Toplam Yağış (mm)	Sapma (mm) ( $\Delta P_i = P_i - P_{ortalama}$ )	Eklenik Sapma (mm) ( $\Delta P_i, eklenik = \Delta P_{i-1, eklenik} + \Delta P_i$ )
1929	743,8	168,8	168,8
1930	501,3	-73,7	95,1
1931	610,4	35,4	130,5
1932	395,9	-179,1	-48,6
1933	608,8	33,8	-14,8
1934	348,7	-226,3	-241,1
1935	371,0	-204,0	-445,1
1936	120,8	-454,2	-454,2
1937	617,3	42,3	-411,9
1938	533,0	-42,0	-453,9
1939	779,4	204,4	-249,5
1940	892,8	317,8	68,3
1941	489,4	-85,6	-17,3
1942	545,8	-29,2	-46,5
1943	512,0	-63,0	-63,0
1944	847,7	272,7	209,7
1945	695,5	120,5	330,2
1946	649,7	74,7	404,9
1947	653,3	78,3	483,2
1948	580,5	5,5	488,7
1949	436,7	-138,3	350,4
1950	552,1	-22,9	-22,9
1951	671,1	96,1	73,2

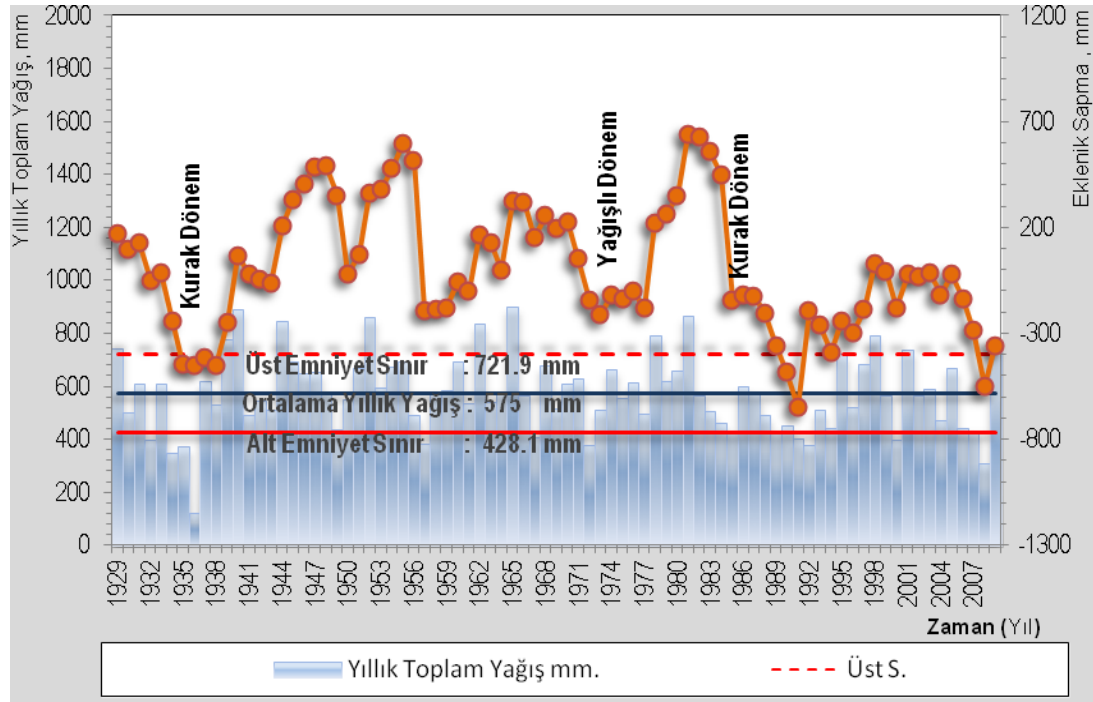
Tablo 5.1'in (devamı)

<b>MANİSA-AKHİSAR DMİ Yağış İstasyonu 17184</b>	<b>Yıllık Toplam Yağış (mm)</b>	<b>Sapma (mm) (<math>\Delta P_i = P_i - P_{ortalama}</math>)</b>	<b>Eklenik Sapma (mm) (<math>\Delta P_{i, eklenik} = \Delta P_{i-1, eklenik} + \Delta P_i</math>)</b>
1952	863,2	288,2	361,4
1953	595,2	20,2	381,6
1954	674,0	99,0	480,6
1955	693,3	118,3	598,9
1956	491,2	-83,8	515,1
1957	382,4	-192,6	-192,6
1958	579,4	4,4	-188,2
1959	584,3	9,3	-178,9
1960	694,0	119,0	-59,9
1961	535,0	-40,0	-99,9
1962	838,3	263,3	163,4
1963	540,2	-34,8	128,6
1964	571,7	-3,3	-3,3
1965	902,4	327,4	324,1
1966	567,0	-8,0	316,1
1967	409,2	-165,8	150,3
1968	680,0	105,0	255,3
1969	515,1	-59,9	195,4
1970	608,4	33,4	228,8
1971	627,6	52,6	52,6
1972	377,5	-197,5	-144,9
1973	509,0	-66,0	-210,9
1974	665,7	90,7	-120,2
1975	556,3	-18,7	-138,9
1976	615,5	40,5	-98,4
1977	495,9	-79,1	-177,5
1978	793,9	218,9	218,9
1979	622,0	47,0	265,9
1980	656,8	81,8	347,7
1981	866,6	291,6	639,3
1982	563,7	-11,3	628,0
1983	505,5	-69,5	558,5
1984	464,2	-110,8	447,7
1985	434,6	-140,4	-140,4
1986	597,8	22,8	-117,6
1987	569,9	-5,1	-122,7
1988	493,4	-81,6	-204,3
1989	421,7	-153,3	-357,6
1990	451,8	-123,2	-480,8
1991	404,9	-170,1	-650,9
1992	380,1	-194,9	-194,9
1993	510,8	-64,2	-259,1
1994	443,8	-131,2	-390,3
1995	721,5	146,5	-243,8
1996	521,7	-53,3	-297,1
1997	685,3	110,3	-186,8
1998	792,9	217,9	31,1
1999	566,7	-8,3	-8,3
2000	400,3	-174,7	-183,0
2001	737,5	162,5	-20,5
2002	564,9	-10,1	-30,6
2003	591,3	16,3	-14,3
2004	473,4	-101,6	-115,9
2005	670,6	95,6	-20,3
2006	440,1	-134,9	-134,9
2007	425,7	-149,3	-284,2
2008	309,0	-266,0	-550,2
2009	763,5	188,5	-361,7

Tablo 5.1'in (devamı)

<b>P<sub>ortalama</sub> (mm)</b>	575,0	<b>Alt emniyet sınırı</b>	428,1
<b>Standart sapma (<math>\sigma</math>)</b>	146,921	<b>(P<sub>ortalama</sub> - <math>\sigma</math>), mm</b>	
<b>Değişim katsayısı (Cv)</b>	0,2555	<b>Üst emniyet sınırı</b>	721,9
		<b>(P<sub>ortalama</sub> + <math>\sigma</math>), mm</b>	

Hesaplanan eklenik sapma değerlerine göre Şekil 5.1'de ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma grafiği hazırlanmıştır. Bu grafiğe göre Akhisar DMİ 80 yıllık ortalama yağış değerlerine göre ortalama yağıştan eklenik sapma grafiğinde 1929-1936 yılları arası kurak dönem, 1936-1956 yılları arası yağışlı dönem, 1956-1980 yılları arası kararlı dönem, 1980-84 yılları arası yağışlı dönem, 1984-1992 yılları arası kurak dönem, 1992-2005 yılları arası kararlı dönem ve 2005-2008 yılları arası kurak dönem ve 2009 yılında yükselme görülmektedir.

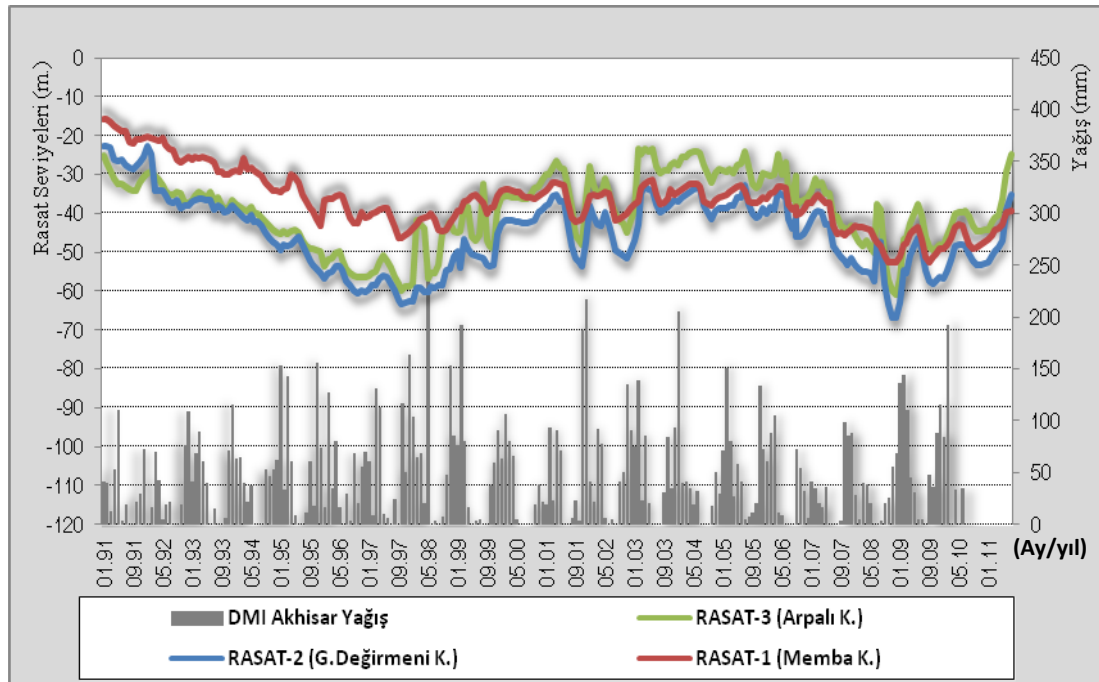


Şekil 5.1 Akhisar Meteoroloji İstasyonu 1929-2009 dönemi yıllık yağış ve yıllık ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

## 5.1.2 Yeraltı Suyu Dinamiği

### 5.1.2.1 Yeraltı Suyu Seviye Değişimleri

Karstik sistemlerde kaynak boşalımları ile sistemi besleyen yağışların eşzamanlı olarak davranmadıkları, karstik sistemin yeraltı haznesinin genişliği ve kapasitesine bağlı olarak gecikmeli bir ilişkinin bulunduğu bilinmektedir (Atış, 2010). Karstik ve basınçlı akifer özelliğine sahip Sarıkız Kaynaklarına ait İZSU Genel Müdürlüğünden alınan 1991-2010 yılları arası 20 senelik yeraltı suyu seviye ve yağış grafiği Şekil 5.2’de gösterilmektedir. 20 senelik periyot içinde genel anlamda seviye ile yağış arasında gecikmeli ilişki olduğu görülmektedir. Ancak 1991 yılında rasat seviyeleri -20 m civarındayken 1997-98 yıllarında -50 m ile -60 m’lere kadar düşmüş daha sonra yükselerek 2002-03 yılları arası tekrar -40 m ile -50 m ’lere düşmüştür. En son 2008 yılında -66,75 m ile ciddi bir yeraltı su seviyesinde düşme meydana gelmiştir. 2009 yılı yağışlarıyla tekrar seviyeler yükselmeye başlamıştır. Yeraltı su seviyelerinde 1991 yılından bu yana 40 m’lere varan düşme olmuştur. Kuyulardan kente su temini için sürekli üretim olduğundan kaynak durumunu yağış-üretim ve seviye arasındaki ilişkiye göre değerlendirmek daha anlamlı olacaktır.



Şekil 5.2 Akhisar Meteoroloji İstasyonu 1991-2010 dönemi aylık ortalama yağış (mm) ve sarıkız kuyuları R1, R2, R3 rasat kuyu seviye grafiği

### 5.1.2.2 Yeraltı Suyu Üretim Debileri

Çalışma alanı içindeki kaynaklara ait elde edilen rasat kuyu seviyeleri ile üretim miktarları yağış değerleriyle karşılaştırılmış ve aralarındaki ilişki araştırılmıştır. Ancak İZSU'dan temin edilen rasat ölçümleri; kente su sağlayan ana kaynak niteliğindeki kuyulara ait olması nedeniyle statik su seviyesi ölçümleri için kuyuların hepsinin tamamıyla durdurup bekletme imkanı bulunmadığından ölçüm alınacak günlerde çalışan kuyu sayısı asgari düzeye indirilerek ve kısa süre bekletilerek ölçüm yapıldığı ifade edilmiştir. Bu duruma göre mevcut verilerden yararlanarak karşılaştırmalar yapılmak durumunda kalınmıştır.

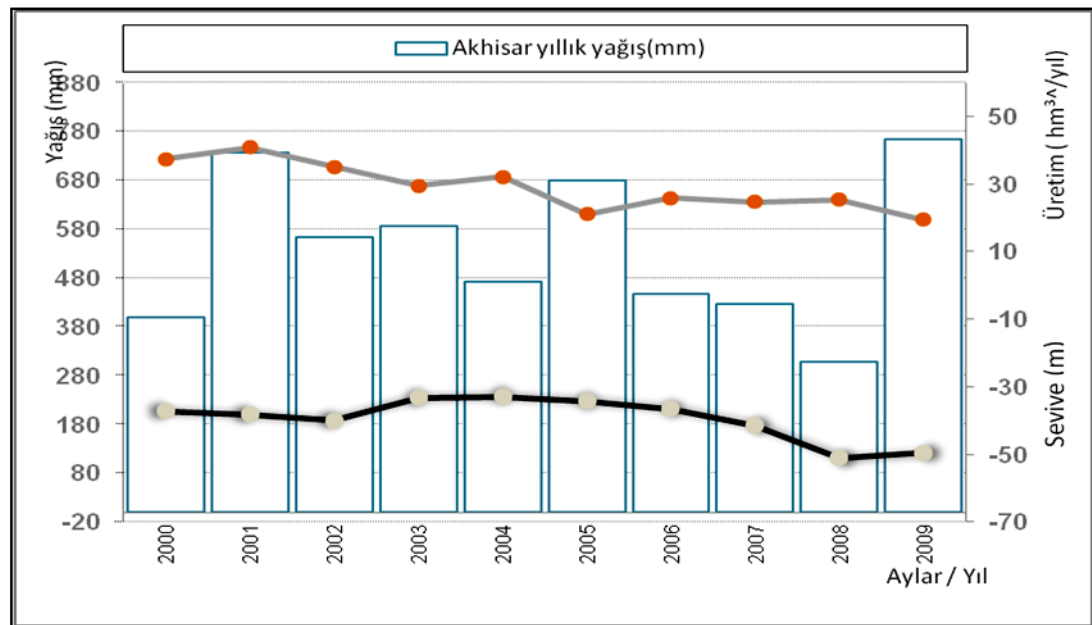
Üretim değerleri 2000 yılından itibaren temin edilebildiğinden 2000-2009 yılları arası yağış-üretim ve rasat su seviyeleri Tablo 5.2'de, grafik olarak Şekil 5.3'te verilmiştir. Sarıkız Kaynaklarından 2000-2009 yılları arası ortalama  $29,17 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  üretim yapılmıştır. En yüksek 2001 yılında  $40,94 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  ve en düşük 2009 yılında  $19,53 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  üretim yapılmıştır.

2000 yılında yıllık ortalama yağış  $400,3 \text{ mm}$  iken üretim  $37,37 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  ve rasat su seviyelerinin ortalaması  $-37,17 \text{ m}$ 'dir. 2001 yılında yıllık ortalama yağış  $737,5 \text{ mm}$ , üretim  $40,94 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  ve rasat su seviyelerinin ortalaması  $-38,16 \text{ m}$  olmuştur. Yağışın artmasıyla beraber üretim miktarlarının da artması yine de yeraltı su seviyesinin düşmesine neden olmaktadır. Buda üretim miktarının rasat seviyeleri üzerinde etkisinin göz ardı edilemeyeceği göstermektedir. Ancak 2008 yılında yağışların çok düşmesi  $309 \text{ mm}$  ve üretim değeri  $25,39 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  olmasına karşın yeraltı su seviyesinin  $-51,11 \text{ m}$  düşmesine sebep olmuştur. 2009 yılında ise  $763,5 \text{ mm}$  yıllık ortalama yağışa karşılık  $19,53 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  üretimin diğer yılların çok altında olmasına rağmen  $-49,49 \text{ m}$  yeraltı su seviyesi ölçülmüştür. Son on yıla bakıldığında Sarıkız Kaynakları yeraltı su seviyelerinde özellikle kurak döneme girildiği 2007 yılında itibaren yaklaşık  $10 \text{ m}$ 'nin üstünde azalmalar meydana gelmiştir. Yeraltı suyu rezervlerinde yağış ve üretimin etkili olduğu kesindir. Yeraltı suyu rezerv anlamında kurak dönemde bir süre üretime izin verecek kaynağa sahip olabilir. Ancak üretimin sürekli yapılması durumu ciddi rezerv kayıplarına neden olacaktır.

Sarıkız Kaynaklarında tespit edilemeyen işletme harici civar kuyulardan ve sulama amaçlı çekilen su miktarları da rezerv kayıplarına neden olmaktadır. Bu kuyulardan yaklaşık 14 hm<sup>3</sup>/yıl su çekildiği ve 2200 hektar arazi sulandığı belirtilmektedir (DSİ, 1992).

Tablo 5.2 2000-09 dönemi Sarıkız rasat kuyu seviye-yağış ve üretim değerleri

Yıl	Akhisar yıllık yağış (mm)	İzsu yıllık üretim (hm <sup>3</sup> /yıl)	Sarıkız-Memba(R1) yıllık rasat ortalaması(m)	Sarıkız-Değirmen (R2) yıllık rasat ortalaması	Sarıkız-Arpah(R3) yıllık rasat ortalaması (m)	R1,R2,R3 rasatlarının ortalaması(m)
2000	400,3	37,37	-34,86	-41,67	-34,98	-37,17
2001	737,5	40,94	-36,52	-43,00	-34,97	-38,16
2002	564,4	35,18	-37,50	-45,29	-37,00	-39,93
2003	585,7	29,51	-34,79	-37,82	-27,27	-33,29
2004	471,6	32,11	-34,71	-36,80	-26,94	-32,82
2005	680,6	21,15	-35,20	-37,98	-29,29	-34,16
2006	448	25,88	-36,47	-40,72	-32,46	-36,55
2007	425,7	24,66	-40,49	-45,99	-38,00	-41,49
2008	309	25,39	-47,32	-56,63	-49,37	-51,11
2009	763,5	19,53	-48,26	-54,30	-45,90	-49,49
Ortalama	538,63	29,17	-38,61	-44,02	-35,62	-39,42



Şekil 5.3 Sarıkız Kaynak grubuna ait 2000-2009 dönemi üretim-seviye – yağış ilişkisi



### 5.1.3 Su Bilançosu

#### 5.1.3.1 Yeraltı Suyu İşletme Rezervi

Sarıköz kaynak grubu için yeraltı suyu taşıyan formasyonlar alüvyon ve Pliyosenin kumlu çakıllı seviyeleri ve Pliyosen kireçtaşları ile Mesozoyik kireçtaşlarıdır. Kaynakların çıktığı Pliyosen kireçtaşlarının yayılım alanı 41 km<sup>2</sup> ve süzülme oranı % 30, kaynakların kuzeybatısında mostra veren kumlu çakıllı yer yer kil ve marnlı Pliyosen serilerinin yayılım alanı 85 km<sup>2</sup> ve süzülme oranı ise % 5, Mesozoyik kireçtaşlarının yayılım alanı 110 km<sup>2</sup> ve süzülme oranı % 40 alınmıştır (DSİ, 1980). Sarıköz Kaynaklarının su taşıyan her üç katmanı ve üç kaynak grubuna (buharlaştırma ihmal edilerek) yağıştan süzülen su miktarı (beslenme) İZSU işletme biriminin içmesuyu temini amacıyla üretim yapılan miktarı boşalım kabul edilmiştir. Daha sonra başlangıç rezervi sıfır kabul edilerek beslenme miktarlarından üretilen su miktarı çıkarılarak rezerv hesabı (hm<sup>3</sup>/yıl) yapılmıştır. Sarıköz Kaynağı için 2003-2009 yılları arası Akhisar Meteoroloji İstasyonu aylık yağış verileri kullanılarak (Bölüm üç Tablo 3.1) yağışın havzanın yayılım alanına düşen miktarı süzülme oranlarıyla çarpılarak (Tablo 5.3) her aya dolayısıyla da her yıla ait beslenme miktarları bulunmuştur (Tablo 5.4). Sürekli işletme halinde olan kuyulardan her aya ait üretim miktarları kaynak gruplarında ki kuyu sayısına oranlanarak bulunan üretim miktarları Tablo 5.5'de beslenme miktarlarından excell programı yardımıyla çıkarılarak, yıllık eklenik rezerv miktarlarıyla, her yıla ait rezerv miktarları tablo halinde gösterilmiştir. Ayrıca her aya ait eklenik rezerv miktarları da Tablo 5.6'da hesaplanarak eldeki veriler yardımıyla genel anlamda bilanço hesabı yapılmaya çalışılmıştır.

Bu duruma göre 2003-2009 yılları arası beslenme miktarı ortalama 31,78 hm<sup>3</sup>/yıl, boşalma miktarı 25,46 hm<sup>3</sup>/yıl, toplam rezerv miktarı ortalama 20,06 hm<sup>3</sup>/yıl, yıllık rezerv miktarı ortalaması 6,32 hm<sup>3</sup>/yıl olarak bulunmuştur.

Tablo 5.3 Sarıkız Kaynağı yağışın yeraltına süzülme oranları ve yayılım alanları

	1.Akifer	2.Akifer	3.Akifer	Toplam
<b>Süzülme % si</b>	40	5	30	-
<b>Yayılım alanları(m<sup>2</sup>)</b>	110.000.000	85.000.000	41.000.000	-
<b>Süzülen alan(m<sup>2</sup>)</b>	44.000.000	4.250.000	12.300.000	60.550.000
<b>Mevcut Rezerv Miktarı</b>	0			

Tablo 5.4 Sarıkız Kaynağı Akhisar Meteoroloji İstasyonu yağış gözlemlerinin yeraltına süzülen (beslenme) miktarları (hm<sup>3</sup>/ay)

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Beslenme
2003	4,53	8,39	1,4	5,15	1,2	-	-	-	2,23	5,1	2,12	5,69	<b>35,8</b>
2004	12,56	2,4	2,48	2,11	1,13	1,94	-	0,07	-	1,09	3,05	1,82	<b>28,66</b>
2005	4,17	9,14	4,87	1,67	3,54	2,52	0,31	0,41	0,7	1,22	8,03	4,03	<b>40,6</b>
2006	3,66	5,32	6,36	0,65	0,53	0,06	0,1	-	4,37	3,29	1,94	0,36	<b>26,65</b>
2007	2,51	2,11	1,22	1,02	2,2	0,1	-	-	0,19	5,93	5,17	5,32	<b>25,78</b>
2008	1,7	0,28	2,4	2,3	1,27	0,15	-	0,23	1,27	1,57	3,4	4,14	<b>18,71</b>
2009	8,28	8,74	6,66	2,7	1,85	0,33	0,25	-	2,93	2,16	5,33	7	<b>46,23</b>

Tablo 5.5 İZSU tarafından Sarıkız Kaynak gruplarına göre üretilen su (hm<sup>3</sup>/ay) ve rezerv miktarı (hm<sup>3</sup>/yıl) (Kaynak: İZSU arşivi)

YIL	KAYNAK	OCA	ŞUB	MAR	NİS	MAY	HAZ	TEM	AĞU	EYL	EKİ	KAS	ARA	Üretim (hm <sup>3</sup> /yıl)	Toplam Üretim (hm <sup>3</sup> /yıl)	Yıllık Rezerv (hm <sup>3</sup> /yıl)	Eklenik Rezerv (hm <sup>3</sup> /yıl)
2003	MEMBA	0,58	0,46	0,45	0,41	0,04	0,50	0,42	0,44	0,39	0,46	0,41	0,46	5,02	29,51	6,30	6,30
	DEĞİRMEN	1,79	1,44	1,40	1,27	0,12	1,57	1,30	1,37	1,21	1,45	1,27	1,44	15,64			
	ARPALI	1,02	0,81	0,79	0,72	0,07	0,89	0,73	0,78	0,69	0,82	0,72	0,82	8,85			
2004	MEMBA	0,51	0,45	0,48	0,37	0,50	0,50	0,51	0,48	0,45	0,39	0,36	0,46	5,46	32,11	-3,45	2,85
	DEĞİRMEN	1,59	1,40	1,49	1,16	1,57	1,56	1,58	1,50	1,40	1,22	1,12	1,44	17,02			
	ARPALI	0,90	0,79	0,84	0,66	0,89	0,88	0,89	0,85	0,79	0,69	0,64	0,82	9,63			
2005	MEMBA	0,29	0,27	0,31	0,31	0,26	0,22	0,24	0,27	0,32	0,31	0,28	0,52	3,60	21,15	19,46	22,30
	DEĞİRMEN	0,90	0,84	0,96	0,96	0,80	0,68	0,75	0,83	1,00	0,98	0,87	1,63	11,21			
	ARPALI	0,51	0,48	0,55	0,54	0,45	0,39	0,42	0,47	0,57	0,55	0,49	0,92	6,34			

Tablo 5.5 'in devamı

YIL	KAYNAK	OCA	ŞUB	MAR	NİS	MAY	HAZ	TEM	AĞU	EYL	EKİ	KAS	ARA	Üretim (hm <sup>3</sup> /yıl)	Toplam Üretim (hm <sup>3</sup> /yıl)	Yıllık Rezerv (hm <sup>3</sup> /yıl)	Eklenik Rezerv (hm <sup>3</sup> /yıl)
2006	MEMBA	0,33	0,34	0,33	0,33	0,42	0,45	0,43	0,39	0,37	0,36	0,32	0,34	4,40	25,88	0,77	23,07
	DEĞİRMEN	1,03	1,07	1,02	1,04	1,30	1,39	1,34	1,23	1,14	1,12	0,99	1,06	13,72			
	ARPALI	0,59	0,60	0,58	0,59	0,73	0,79	0,76	0,70	0,65	0,63	0,56	0,60	7,76			
2007	MEMBA	0,37	0,25	0,38	0,42	0,39	0,35	0,32	0,32	0,39	0,35	0,33	0,32	4,19	24,66	1,12	24,19
	DEĞİRMEN	1,16	0,79	1,20	1,30	1,22	1,08	1,01	0,99	1,21	1,08	1,02	1,01	13,07			
	ARPALI	0,66	0,45	0,68	0,74	0,69	0,61	0,57	0,56	0,69	0,61	0,58	0,57	7,40			
2008	MEMBA	0,41	0,40	0,41	0,42	0,44	0,24	-	0,14	0,51	0,48	0,45	0,42	4,32	25,39	-6,68	17,51
	DEĞİRMEN	1,29	1,25	1,28	1,30	1,37	0,74	-	0,44	1,59	1,49	1,39	1,32	13,45			
	ARPALI	0,73	0,71	0,72	0,73	0,77	0,42	-	0,25	0,90	0,84	0,79	0,75	7,62			
2009	MEMBA	0,20	0,21	0,25	0,25	0,21	0,31	0,32	0,34	0,31	0,32	0,29	0,33	3,32	19,53	26,70	44,21
	DEĞİRMEN	0,61	0,66	0,78	0,77	0,64	0,95	1,00	1,05	0,98	1,00	0,90	1,02	10,35			
	ARPALI	0,35	0,37	0,44	0,43	0,36	0,54	0,57	0,60	0,55	0,56	0,51	0,57	5,86			

Tablo 5.6 Sarıkız Kaynağı aylık eklenik su potansiyeli (hm<sup>3</sup>/ay)

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2003	1,14	6,82	5,58	8,33	9,30	6,33	3,89	1,30	1,24	3,61	3,33	<b>6,30</b>
2004	15,87	15,62	15,30	15,22	13,38	12,39	9,42	6,66	4,03	2,82	3,75	<b>2,85</b>
2005	5,32	12,86	15,91	15,76	17,80	19,03	17,94	16,79	15,60	14,97	21,36	<b>22,30</b>
2006	24,02	27,32	31,77	30,46	28,55	25,99	23,56	21,24	23,45	24,64	24,71	<b>23,07</b>
2007	23,39	24,00	22,97	21,53	21,43	19,50	17,60	15,73	13,64	17,53	20,78	<b>24,19</b>
2008	23,45	21,37	21,37	21,22	19,91	18,67	18,67	18,07	16,34	15,10	15,87	<b>17,51</b>
2009	24,64	32,14	37,33	38,58	39,22	37,75	36,11	34,13	35,22	35,49	39,13	<b>44,21</b>

### 5.1.3.2 Thornthwaite Yöntemiyle Su Bilançosu

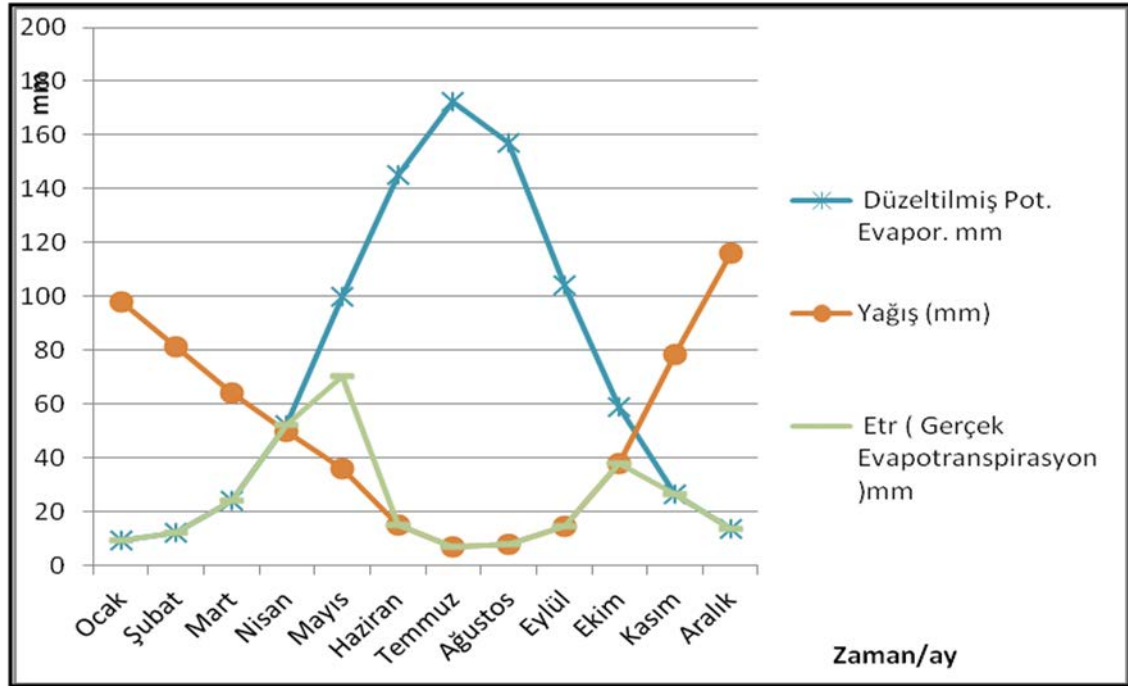
Sarıköz Kaynağı için Thornthwaite yöntemine göre (Thornthwaite, 1948), yeraltı suyu kullanabilir potansiyeli su bilançosu Manisa-Akhisar DMI'nin yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak ortalama yıllık Etp 876,18 mm, Etr 292,12 mm olarak hesaplanmıştır. Tablo 5.7'de Akhisar DMI'den alınan 68 yıllık (1937-2005) ölçümlere göre 593,3 mm ortalama yağış miktarı elde edilmiştir.

Sarıköz Kaynağı için yaklaşık 3 katman için 235 km<sup>2</sup>lik beslenme alanı dikkate alındığında beslenme alanına düşen yağış miktarı 139,4 hm<sup>3</sup>/yıl, ortalama gerçek buharlaşma (Etr) 292,12 mm olarak hesaplanmış ve beslenme alanı için bu miktar 68,65 hm<sup>3</sup>/yıl dır. Beslenme alanı için boşalım ve beslenme miktarlarının eşit kabul edilmesi halinde, beslenme-boşalım arasındaki fark 70,75 hm<sup>3</sup>/yıl olarak bulunmaktadır. Ölçümlerde ve hesap hatalarından doğacak hatalardan dolayı emniyetli kullanılacak su miktarı olarak beslenme ve boşalma farkı % 60 alınarak Sarıköz Kaynakları için emniyetli kullanılacak su miktarı 42,45 hm<sup>3</sup>/yıl bulunmuştur.

. Sarıköz Kaynakları için Thornthwaite (1948)'e göre ortalama değerler kullanılarak çizilen yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiğinde Şekil 5.4'de su fazlasının yıllık toplamı 352,2 mm, haziran-ekim ayları arasında gerçekleşen su noksanı 584,06 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 59,36'sını oluşturmaktadır.

Tablo 5.7 Akhisar Meteoroloji İstasyonu Thornthwaite buharlaşma-terleme bilançosu

<b>Aylar</b>	<b>Ocak</b>	<b>Şubat</b>	<b>Mart</b>	<b>Nisan</b>	<b>Mayıs</b>	<b>Haziran</b>	<b>Temmuz</b>	<b>Ağustos</b>	<b>Eylül</b>	<b>Ekim</b>	<b>Kasım</b>	<b>Aralık</b>	<b>Yıllık Toplam</b>
<b>Aylık Sıcaklık (T °C)</b>	6,1	7,2	9,6	14,4	19,7	24,4	26,9	26,5	22,3	16,8	11,4	7,8	
<b>Aylık Isı İndisi (i)</b>	1,35	1,73	2,68	4,97	7,97	11,02	12,75	12,45	9,63	6,25	3,46	1,94	76,26
<b>Etp (Potansiyel-Evapotranspirasyon) mm</b>	10,92	14,48	23,69	47,62	81,13	116,93	137,79	134,17	100,44	61,65	31,66	16,49	
<b>Enlem Düzeltme Katsayısı (p) (38. enlem için)</b>	0,85	0,84	1,03	1,1	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83	
<b>Düzeltilmiş Etp mm</b>	9,28	12,16	24,40	52,38	99,79	144,99	172,23	156,98	104,46	59,19	26,60	13,69	876,18
<b>Yağış (mm)</b>	98,1	81,4	64,1	49,9	36,3	15,3	6,8	8,2	14,8	38,2	78,5	116,3	593,3
<b>İlave su (mm)</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	63,5	129,7	165,4	148,8	89,7	21,0	0,0	0,0	
<b>Zemin Rezervi (mm)</b>	100	100	100	97,5	34,0	0,0	0	0	0	0	51,9	100,0	
<b>Etr ( Gerçek Evapotranspirasyon ) mm</b>	9,28	12,16	24,40	52,38	70,24	15,33	6,84	8,17	14,79	38,18	26,60	13,69	292,12
<b>Su Fazlası (mm)</b>	88,8	69,2	39,7	0,0	0	0	0	0	0	0	51,9	102,6	352,2
<b>Su Noksanı (mm)</b>	0,0	0	0	0	29,6	129,7	165,4	148,8	89,7	21,0	0	0	584,06



Şekil 5.4 Akhisar İstasyonu Thornthwaite yöntemi ortalama yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişimi

#### 5.1.4 Akiferlerin Hidrolojik Parametreleri

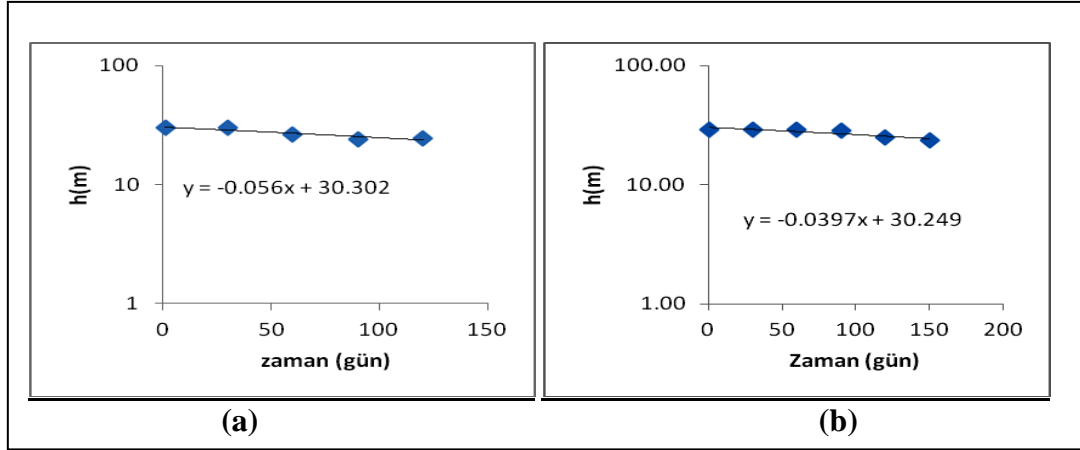
##### 5.1.4.1 Boşalım Katsayısı

Sarıköz üçlü kaynak grubunda her kaynağı ayrı temsil eden birer adet rasat kuyusunun su seviye verileri (çekim, buharlaşma-terleme ve ilave düşümler dikkate alınarak) tam ve kurak periyodu karakterize eden yıllara ait olanlarının boşalım katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan boşalım katsayılarının ortalaması alınarak akiferin tamamını karakterize eden boşalım katsayısı bulunmuştur. Bu şekilde Sarıköz kuyularının bulunduğu havzanın karstik akifer yapısı olması nedeniyle daha sıhhatli boşalım katsayısı elde edilmesi hedeflenmiştir.

Kurak periyodu temsil eden en karakteristik 2003-2004 yıllarına ait Sarıköz Memba Kaynağı R1 rasat kuyusunun zemine göre su seviyeleri kullanılarak boşalım seviyelerine göre hesaplanmış olan  $h$  (m) değerleri Tablo 5.8'de zaman-log (seviye) doğruları Şekil 5.5'de gösterilmektedir.

Tablo 5.8 Sarıkız Memba Kaynağı R1 rasat kuyusu 2003 ve 2004 yıllarına ait zemin ve boşalım seviyesine göre h değerleri

<b>Sarıköz Memba Kaynağı R1</b>		<b>boşalım seviyesi kotu: 0.0 m</b>	
<b>Memba Kaynağı (R1)</b>		<b>zemin kotu: 61.5 m</b>	
<b>Zaman</b>		<b>Su Seviyesi</b>	
<b>Hidrolojik Yıl</b>	<b>Aylar (t)</b>	<b>Zemine Göre(m)</b>	<b>Boşalım Seviyesine Göre h(m)</b>
<b>2003</b>	t <sub>0</sub> =Ekim	40,72	20,78
	Kasım	40	21,5
	Aralık	38,56	22,94
	Ocak	37,57	23,93
	Şubat	36,7	24,8
	Mart	33,34	28,16
	Nisan	32,45	29,05
	t <sub>0</sub> =Mayıs	31,63	ho=29.87
	Haziran	31,28	29,86
	Temmuz	35,1	26,4
	Ağustos	37,38	24,12
Eylül	37,1	hn=24.4	
<b>2004</b>	t <sub>0</sub> =Ekim	36	25,5
	Kasım	33,78	27,72
	Aralık	35,15	26,35
	Ocak	34,4	27,1
	Şubat	33,76	27,74
	Mart	33	28,5
	t <sub>0</sub> =Nisan	32,5	ho=29
	Mayıs	32,4	28,99
	Haziran	32,3	28,98
	Temmuz	33	28,5
	Ağustos	36,75	24,75
	Eylül	38,15	hn=23,35



Şekil 5.5 Sarıkız Memba Kaynağı R1 rasat kuyusunun (a) 2003 (b) 2004 yıllarına ait  $\log h = \log h_0 - \alpha \cdot \log e.t$  doğruları

Sarıkız Memba Kaynağı R1 rasat kuyusunun 2003 yılına ait boşalım katsayısı  $t=120$  gün (kurak periyot) için  $y = -0,056 \cdot 120 + 30,302 \Rightarrow h = 23,582$  m bulunur. Bu değerler Denklem 4.16'da yerine konursa;

$$\begin{aligned} \log h &= \log h_0 - 0,4343 \cdot \alpha \cdot t \\ \log 23,582 &= \log 29,87 - 0,4343 \cdot \alpha \cdot 120 \\ 1,372580 &= 1,475235 - 52,12 \cdot \alpha \\ \alpha &= 0,0019696 \text{ gün}^{-1} \text{ elde edilmektedir.} \end{aligned}$$

Sarıkız Memba Kaynağı R1 rasat kuyusu bölgesinin 2004 yılı boşalım katsayısı  $t=150$  gün (kurak periyot) için  $y = -0,0397 \cdot 150 + 30,249 \Rightarrow h = 24,294$  m bulunur. Bu değerler Denklem 4.16'da yerine konursa;

$$\begin{aligned} \log h &= \log h_0 - 0,4343 \cdot \alpha \cdot t \\ \log 24,294 &= \log 29,00 - 0,4343 \cdot \alpha \cdot 150 \\ 1,385499 &= 1,462397 - 65,145 \cdot \alpha \\ \alpha &= 0,001180 \text{ gün}^{-1} \text{ elde edilmektedir.} \end{aligned}$$

Bu şekilde Sarıkız Memba Kaynağına ait R1 rasat kuyusu seviye ölçümlerinden yararlanılarak kurak periyodu karakterize eden yıllarına ait hesaplanan boşalım katsayısı ve seviye değişim oranları Tablo 5.9'da verilmiştir.



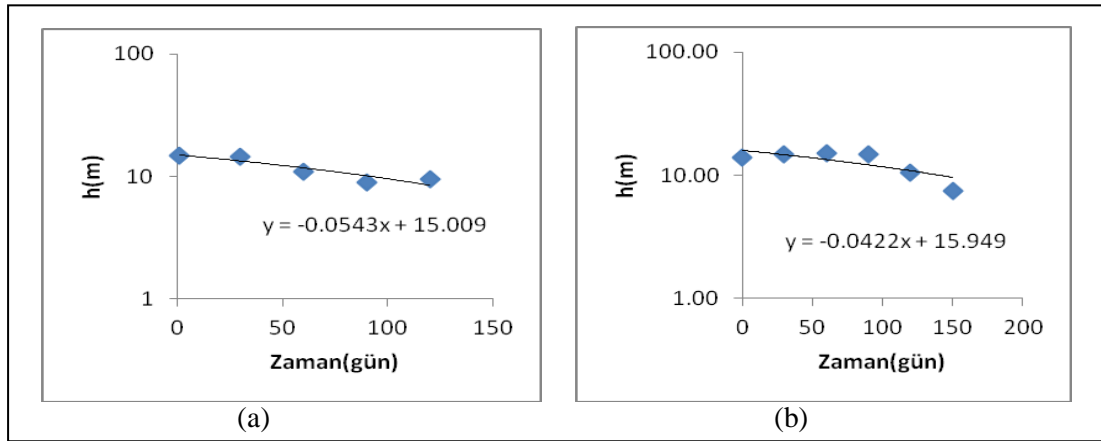
Tablo 5.9 Sarıkız Memba kaynağı R1 rasat seviyelerine göre boşalım katsayısı ve h değişim %

Yıl	$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	t (gün)	h <sub>o</sub> (m)	h (m)	$\Delta h$ (m)	h %
1991	0,000695	150	44,13	39,763	4,367	10
1992	0,000744	180	40,1	35,071	5,029	13
1993	0,000760	180	36,08	31,465	4,615	13
1994	0,000716	180	32,95	28,968	3,982	12
1995	0,002092	180	31,5	21,615	9,885	31
1996	0,001926	150	26,2	19,625	6,575	25
1997	0,002075	150	22,59	16,548	6,042	27
1998	0,001068	150	20,5	17,465	3,035	15
1999	0,000527	150	25,1	23,193	1,907	8
2000	0,000495	180	27,5	25,155	2,345	9
2001	0,002811	150	29,66	19,457	10,203	34
2002	0,001790	150	26,28	20,092	6,188	24
2003	0,001970	120	29,87	23,582	6,288	21
2004	0,001180	150	29	24,294	4,706	16
2005	0,000797	150	27,82	24,686	3,134	11
2006	0,001940	150	28,5	21,303	7,197	25
2007	0,003240	150	25,4	15,622	9,778	38
2008	0,003338	180	17,69	9,701	7,989	45
$\alpha_{ort}$ (gün <sup>-1</sup> )	0,001565 gün <sup>-1</sup>					

Sarıköz Göcek Değirmeni Kaynağı R2 rasat kuyusu 2003 ve 2004 yıllarına ait zemine göre su seviye rasatlarından yararlanılarak boşalım seviyesine göre hesaplanmış olan h değerleri Tablo 5.10'da zaman-log (seviye) doğruları Şekil 5.6'da gösterilmektedir.

Tablo 5.10 Sarıkız Göcek Değirmeni Kaynağı R2 rasat kuyusu 2003 ve 2004 dönemi zemin ve boşalım seviyesine göre h değerleri

<b>Sarıköz G.Değirmeni</b>		<b>Boşalım seviyesi kotu: 0.0 m</b>	
<b>Kaynağı (R2)</b>		<b>Kuyu zemin kotu: 48,5 m</b>	
<b>Zaman</b>		<b>Su Seviyesi</b>	
<b>Hidrolojik Yıl</b>	<b>Aylar (t)</b>	<b>Zemine Göre (m)</b>	<b>Boşalım Seviyesine Göre h (m)</b>
<b>2003</b>	Ekim	50,79	-2,29
	Kasım	51,50	-3,00
	Aralık	49,4	-0,90
	Ocak	46,99	1,51
	Şubat	42,68	5,82
	Mart	34,74	13,76
	Nisan	33,08	15,42
	t <sub>0</sub> =Mayıs	33,67	h <sub>0</sub> =14,83
	Haziran	33,97	14,53
	Temmuz	37,62	10,88
	Ağustos	39,60	8,90
	Eylül	38,95	h <sub>n</sub> =9,55
<b>2004</b>	Ekim	38,38	10,12
	Kasım	37,68	10,82
	Aralık	36,48	12,02
	Ocak	37,00	11,50
	Şubat	35,80	12,70
	Mart	35,00	13,50
	t <sub>0</sub> =Nisan	34,60	h <sub>0</sub> =13,90
	Mayıs	33,75	14,75
	Haziran	33,50	15,00
	Temmuz	33,60	14,90
	Ağustos	37,88	10,62
	Eylül	40,96	h <sub>n</sub> =7,54



Şekil 5.6 Sarıkız Göcek Değirmeni Kaynağı R2 rasat kuyusunun (a) 2003 (b) 2004 dönemi  $\log h = \log h_0 - \alpha \cdot \log e.t$  doğruları

Sarıköz Göcek Değirmeni Kaynağına ait R2 rasat kuyusundaki seviye ölçümlerinin kurak periyodu karakterize eden diğer yıllarına ait hesaplanan boşalım katsayısı değerleri ve seviye değişim oranları Tablo 5.11’de verilmiştir.

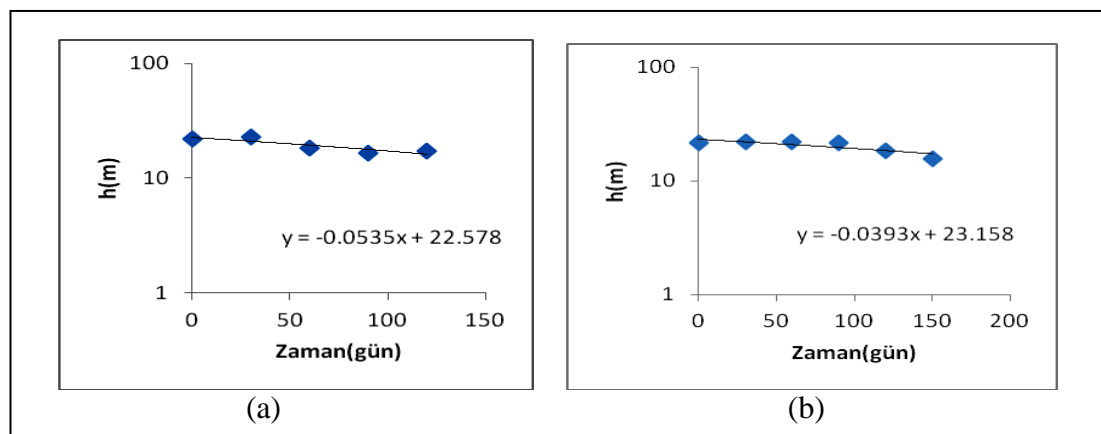
Tablo 5.11 Sarıkız G.Değirmeni Kaynağı R2 rasat seviyelerine göre boşalım katsayısı ve h değişim %

Yıl	$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	t (gün)	$h_0$	h	$\Delta h$ (m)	h %
1991	0,000732	120	22,5	20,608	1,892	8
1992	0,001668	150	14,34	11,16	3,18	22
1993	0,001653	150	12,4	9,67	2,73	22
2000	0,000600	150	6,6	5,03	1,57	24
2003	0,004645	120	14,83	8,493	6,337	43
2004	0,002454	150	13,9	9,619	4,281	31
2005	0,000407	120	12,5	11,9	0,6	5
$\alpha_{ort}$ (gün <sup>-1</sup> )	0,001737					

Sarıköz Arpalı Kaynağı R3 rasat kuyusu 2003 ve 2004 dönemi zemine göre su seviye rasatlarından yararlanılarak boşalım seviyesine göre hesaplanmış olan h değerleri Tablo 5.12’de zaman–log (seviye) doğruları Şekil 5.7’de gösterilmektedir.

Tablo 5.12 Sarıkız Arpalı Kaynağı R3 rasat kuyusu 2003 ve 2004 dönemi zemin ve boşalım seviyesine göre h değerleri

SARIKIZ ARPALI KAYNAĞI (R3)		Boşalım Seviyesi Kotu: 0,0 m Kuyu zemin kotu: 46 m	
Zaman		Su Seviyesi	
Hidrolojik Yıl	Aylar (t)	Zemine Göre(m)	Boşalım Seviyesine Göre h(m)
2003	t <sub>0</sub> =Ekim	42,45	3,55
	Kasım	45,00	1,00
	Aralık	41,8	4,20
	Ocak	39,3	6,70
	Şubat	23,50	22,50
	Mart	24,68	21,32
	Nisan	23,38	22,62
	t <sub>0</sub> =Mayıs	h <sub>0</sub> =23,91	22,09
	Haziran	23,20	22,80
	Temmuz	27,75	18,25
	Ağustos	29,54	16,46
2004	Eylül	h <sub>n</sub> =28,77	17,23
	Ekim	28,79	17,21
	Kasım	27,68	18,32
	Aralık	26,7	19,30
	Ocak	27,45	18,55
	Şubat	25,57	20,43
	Mart	25,38	20,62
	t <sub>0</sub> =Nisan	h <sub>0</sub> =24,30	21,70
	Mayıs	24,10	21,90
	Haziran	23,96	22,04
	Temmuz	24,40	21,60
Ağustos	27,65	18,35	
Eylül	h <sub>n</sub> =30,34	15,66	



Şekil 5.7 Sarıkız Arpalı Kaynağı R3 rasat kuyusunun (a) 2003 (b) 2004 dönemi  $\log h = \log h_0 - \alpha \cdot \log_e t$  doğruları

Aynı şekilde Sarıkız Arpalı Kaynağı R3 kuyusunun düzenli su seviye ölçümlerinin kurak periyodu karakterize eden yıllarına ait hesaplanan boşalım katsayısı değerleri ve seviye değişim oranları Tablo 5.13’de verilmektedir.

Tablo 5.13 Sarıkız Arpalı Kaynağı R3 kuyusu su seviyelerine göre boşalım katsayısı ve h değişim %

Yıl	$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	t (gün)	$h_0$ (m)	h(m)	$\Delta h$ (m)	h %
1991	0,001359	120	13,74	11,67	2,07	15
1992	0,001838	120	13,2	11,18	2,02	15
1993	0,000819	120	10,9	9,88	1,02	9
1994	0,001145	120	6,52	5,3	1,22	19
2000	0,000386	120	10,3	9,83	0,47	5
2001	0,003883	90	19,63	13,84	5,79	29
2003	0,002606	120	22,09	16,158	5,932	27
2004	0,001525	150	21,7	17,263	4,437	20
$\alpha_{ort}$	0,001695 gün <sup>-1</sup>					

Sarıkız Memba, Göcek Değirmeni ve Arpalı Kaynağına ait ortalama boşalım katsayıları sırasıyla 0,001565 gün<sup>-1</sup>, 0,001737 gün<sup>-1</sup>, 0,001695 gün<sup>-1</sup> bulunmuştur (Tablo 5.14).

Tablo 5.14 Sarıkız Kaynak grubuna ait boşalım katsayıları ortalaması  $\alpha_{ort}$  (gün<sup>-1</sup>)

Sarıkız Kaynak Grubu	Memba	G.Değirmeni	Arpalı
$\alpha_{ort}$ (gün <sup>-1</sup> )	0,001565	0,001737	0,001695

Sarıkız üçlü kaynak grubu (Bölüm dört Tablo 4.2) 2.tip akifer özelliği taşımakta olup boşalım kotuna göre yeraltı suyu seviye değişimi, ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma grafiğinin yağışlı ve kurak devrelerine göre ayrı ayrı ilişkili akiferlerdir. Seviye değişim oranları  $6 < h_d < 27$  arasında değişmekte olup bu tip akiferlerde emniyetli verim beslenimin % 60-80’i arasında değişmektedir.( Korkmaz, 1989).

Ayrıca Sarıkız Kaynağına ait ortalama boşalım katsayısı değeri ( $\alpha_{ort}$ ) (Karanjac,1977; Milanovic,1981; Ford ve Williams, 1989) göre küçük bir değer olduğundan depolama kapasitesi yüksek, drenajı daha az kaynak özelliği taşıdığı ortaya çıkmaktadır.

### 5.1.4.2 İletimlilik Katsayısı (Transmisibilite)

Sarıköz üçlü kaynak grubu için kurak periyodu en iyi karakterize eden 2003-04 yıllarına ait EİE'nin Kumçayı-Killik (510) akım gözlem istasyonunun ortalama akım değerleri (Tablo 5.15) kullanılarak Transmisibilite (T) hesabı yapılmıştır.

Tablo 5.15 2003-04 yılı EİE 5 Gediz Havzası 510 – Kumçayı-Killik ortalama akım m<sup>3</sup>/s

Yıl	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
2003	0,506	1,23	1,22	3,60	16,9	5,82	5,26	1,82	0,340	0,000	0,000	0,000
2004	0,609	0,739	1,46	4,77	7,17	4,93	2,39	1,50	0,181	0,004	0,000	0,000

Tablo 5.16'da Sarıkız Memba Kaynağının 2003 ve 2004 yılları kurak periyodunun akiferin dinamik rezervleri ile bunlardan istifade edilerek depolama indisi ( $\Delta r$ ) ve rezerv değişimi ( $\Delta R$ ) değerleri hesaplanmıştır. Denklem 4.24 – 4.27 kullanılarak her senenin kurak periyoduna ait ilk ayın hesabı gösterilmiş olup diğer aylarda aynı şekilde hesaplanmıştır.

Tablo 5.16 Sarıkız Memba Kaynağı 2003-04 yılı kurak periyoduna ait Kumçayı (510) akımlarına göre rezerv değişimi

Yıl	Hesap Periyodu (gün)	Zaman t (s)	Dinamik Rezerv $V_t(m^3)$	Depolama İndisi $\Delta r(mm)$	Rezerv Değişimi $\Delta R(mm)$
2003	$t_0 = \text{mayıs}$	0,000001	79821319,80	939,07	0
	$t_{30}=30$	2592000	14911675,13	175,43	763,64
	$t_{60}=60$	5184000	0	0	939,07
	$t_{90}=90$	7776000	0	0	939,07
	$t_{120}=120$	10368000	0	0	939,07
2004	$t_0 = \text{nisan}$	0,000001	139997288,1	1647,03	0
	$t_{30}=30$	2592000	87864406,78	1033,70	613,33
	$t_{60}=60$	5184000	10602305,08	124,73	1522,29
	$t_{90}=90$	7776000	234305,0847	2,76	1644,27
	$t_{120}=120$	10368000	0	0	1647,03
	$t_{150}=150$	12960000	0	0	1647,03

**2003 yılı mayıs ayı için ;**

$$V_t = \frac{Q_t}{\alpha} = \frac{1,82}{(0,001970/86400)} = 79821319,80 \text{ m}^3$$

$$\Delta r = \frac{V_t}{A} = \frac{79821319,80}{(85000)} = 939,07 \text{ mm}$$

$$\Delta R = \Delta r - \Delta r_t = 0$$

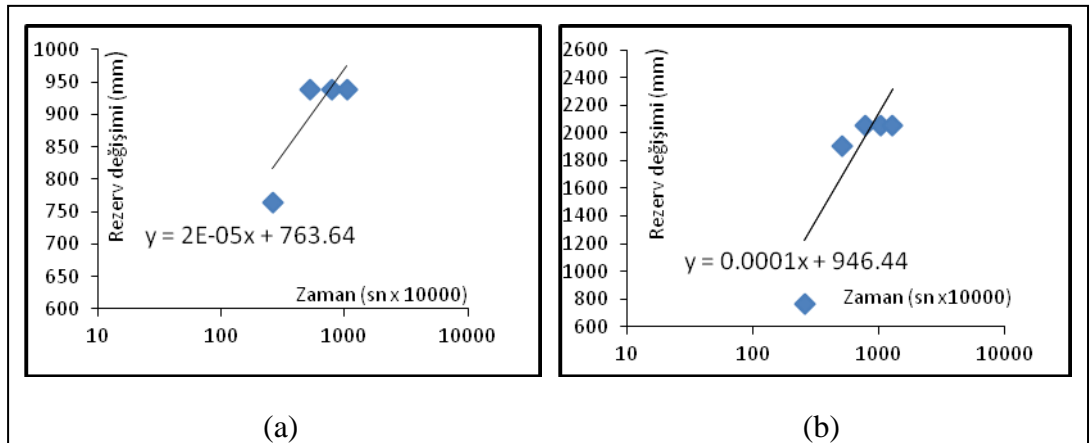
**2004 Nisan ayı için;**

$$V_t = \frac{Q_t}{\alpha} = \frac{2,39}{(0,001475/86400)} = 139997288,11 \text{ m}^3$$

$$\Delta r = \frac{V_t}{A} = \frac{139997288,11}{(85000)} = 1647,03 \text{ mm}$$

$$\Delta R = \Delta r - \Delta r_t = 0$$

Kurak periyoda ait t zamanlarının logaritmaları absis eksenine ve R değerleri ordinata yerleştirilerek bunlara en uygun doğrunun (Şekil 5.8), logaritmik bir periyot için C sabiti hesaplanarak Transmisibilite (T) değeri hesaplanmıştır.



Şekil 5.8 Sarıkız Memba akiferinin (a) 2003 (b) 2004 dönemi düşüm-logaritma zaman doğrusu.

**2003 Mamba Kaynağı;**

$$C = 0,00002 \times 10368000 + 763,64 = 971 \text{ mm}$$

$$Q_{\text{ort}} = (1,82+0,5+0+0+0) / 5 = 0,432 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T = 2 \frac{0,183Q}{C} = 2 \frac{0,183 \times 0,432}{0,971} = 0,1628 \text{ m}^2/\text{s}$$

**2004 Mamba Kaynağı;**

$$C=0,0001 \times 12960000 + 946,44 = 2242,44 \text{ mm}$$

$$Q_{\text{ort}} = (2,39+1,5+0,181+0,004+0+0) / 6=0,679 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T = 2 \frac{0,183 Q}{C} = 2 \frac{0,183 \times 0,679}{2,242} = 0,1108 \text{ m}^2/\text{s}$$

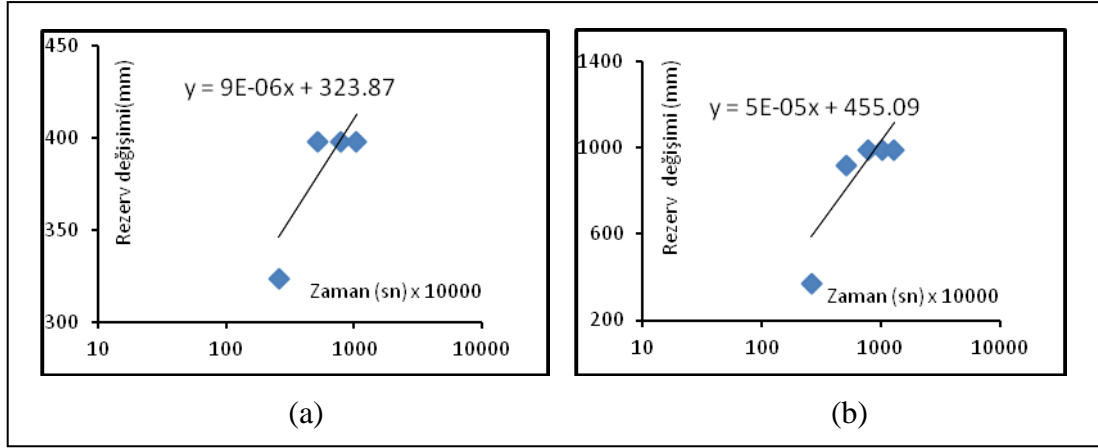
Tablo 5.17’de Sarıkız Değirmen Kaynağının 2003 ve 2004 yılları kurak periyodu akiferin dinamik rezervleri ile bunlardan istifade edilerek hesaplanan depolama indisi ( $\Delta r$ ) ve rezerv değişimi ( $\Delta R$ ) değerleri Denklem 4.24- 4.27 kullanılarak her senenin kurak periyoduna ait Sarıkız Mamba Kaynağında olduğu gibi excel yardımıyla hesaplanmıştır.

Tablo 5.17 Sarıkız G.Değirmeni Kaynağı 2003-04 yılı kurak periyoduna ait Kumçayı akım gözlem istasyonu (510) akımlarına göre rezerv değişimi.

Yıl	Hesap Periyodu (gün)	Zaman t( s)	Dinamik Rezerv $V_t(\text{m}^3)$	Depolama İndisi $\Delta r(\text{mm})$	Rezerv Değişimi $\Delta R(\text{mm})$
2003	$t_0$ =mayıs	0,000001	33853175,46	398,2726524	0
	$t_{30}=30$	2592000	6324219,591	74,40258342	323,870069
	$t_{60}=60$	5184000	0	0	398,2726524
	$t_{90}=90$	7776000	0	0	398,2726524
	$t_{120}=120$	10368000	0	0	398,2726524
2004	$t_0$ = nisan	0,000001	84146699,27	989,9611678	0
	$t_{30}=30$	2592000	52811735,94	621,3145405	368,6466274
	$t_{60}=60$	5184000	6372616,137	74,97195455	914,9892133
	$t_{90}=90$	7776000	140831,2958	1,656838775	988,3043291
	$t_{120}=120$	10368000	0	0	989,9611678
	$t_{150}=150$	12960000	0	0	989,9611678



Şekil 5.9’da düşüm-logaritma zaman doğrusu kullanılarak T (Transmisibilite) değerleri Değirmen Kaynağı için 2003 yılı T = 0,379 m<sup>2</sup>/sn, 2004 yılı T = 0,2969 m<sup>2</sup>/s olarak hesaplanmıştır.



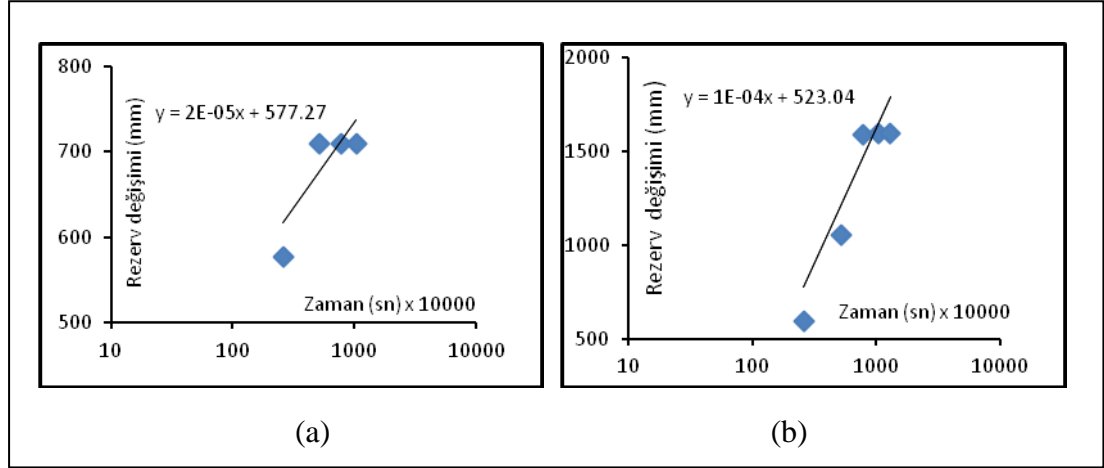
Şekil 5.9 Sarıkız G. Değirmeni akiferinin (a) 2003 (b) 2004 dönemi düşüm-logaritma zaman doğrusu

Tablo 5.18’de Sarıkız Arpalı Kaynağının 2003 ve 2004 yılları kurak periyodu akiferin dinamik rezervleri ile bunlar kullanılarak hesaplanan depolama indisi ( $\Delta r$ ) ve rezerv değişimi ( $\Delta R$ ) değerleri Denklem 4.24 – 4.27 kullanılarak her senenin kurak periyoduna ait Sarıkız Memba Kaynağında olduğu gibi excell yardımıyla hesaplanmıştır.

Tablo 5.18 Sarıkız Arpalı Kaynağı 2003-04 yılı kurak periyoduna ait Kumçayı akım gözlem istasyonu (510) akımlarına göre rezerv değişimi

Yıl	Hesap Periyodu (gün)	Zaman t (s)	Dinamik Rezerv $V_i$ (m <sup>3</sup> )	Depolama İndisi $\Delta r$ (mm)	Rezerv Değişimi $\Delta R$ (mm)
2003	t <sub>0</sub> =mayıs	0,000001	60340752,11	709,8912013	0
	t <sub>30</sub> =30	2592000	11272448,2	132,6170376	577,2741637
	t <sub>60</sub> =60	5184000	0	0	709,8912013
	t <sub>90</sub> =90	7776000	0	0	709,8912013
	t <sub>120</sub> =120	10368000	0	0	709,8912013
2004	t <sub>0</sub> = nisan	0,000001	135496063	1594,071329	0
	t <sub>30</sub> =30	2592000	85039370,08	1000,463177	593,6081519
	t <sub>60</sub> =60	5184000	45921259,84	540,2501158	1053,821214
	t <sub>90</sub> =90	7776000	226771,6535	2,667901806	1591,403428
	t <sub>120</sub> =120	10368000	0	0	1594,071329
	t <sub>150</sub> =150	12960000	0	0	1594,071329

Şekil 5.10'da Transmisibilite (T) düşüm-logaritma zaman doğrusu kullanılarak Arpalı Kaynağı için değerleri 2003 yılı  $T = 0,2015 \text{ m}^2/\text{s}$ , 2004 yılı  $T = 0,1577 \text{ m}^2/\text{s}$  hesaplanmıştır.



Şekil 5.10 Sarıkız Arpalı akiferinin (a) 2003 (b) 2004 dönemi düşüm-logaritma zaman doğrusu

#### 5.1.4.3 Depolama Katsayısı

Sarıkız Memba Kaynağı için 2003 yılına ait  $EiE'$ 'nin akım gözlem istasyonu (510) Kumçayı akımları ve yıla ait boşalım katsayısı kullanılarak (4.20) denklemiyle hesap yapıldığında:

$$V_k = \frac{(Q_0 - Q_t)}{\alpha} = \frac{(1,82 - 0)}{(0,001970 / 86400)} = 79821320 \text{ m}^3$$

$$S = V_k / (A\Delta h)$$

$A$  = Sarıkız Memba Kaynağı için yayılım alanı  $85 \text{ km}^2$

$$S = \frac{79821320}{(85000000 \times (29,87 - 24,4))} = \% 0,1716 \text{ bulunur.}$$

Aynı şekilde 2003-04 yıllarına ait Sarıkız Kaynak grubu için  $\alpha$ ,  $S$ ,  $T$  değerleri Tablo 5.19'da, ortalama değerleri Tablo 5.20'de verilmiştir.

Tablo 5.19 Sarıkız Kaynak grubu için  $\alpha, S, T$  değerleri

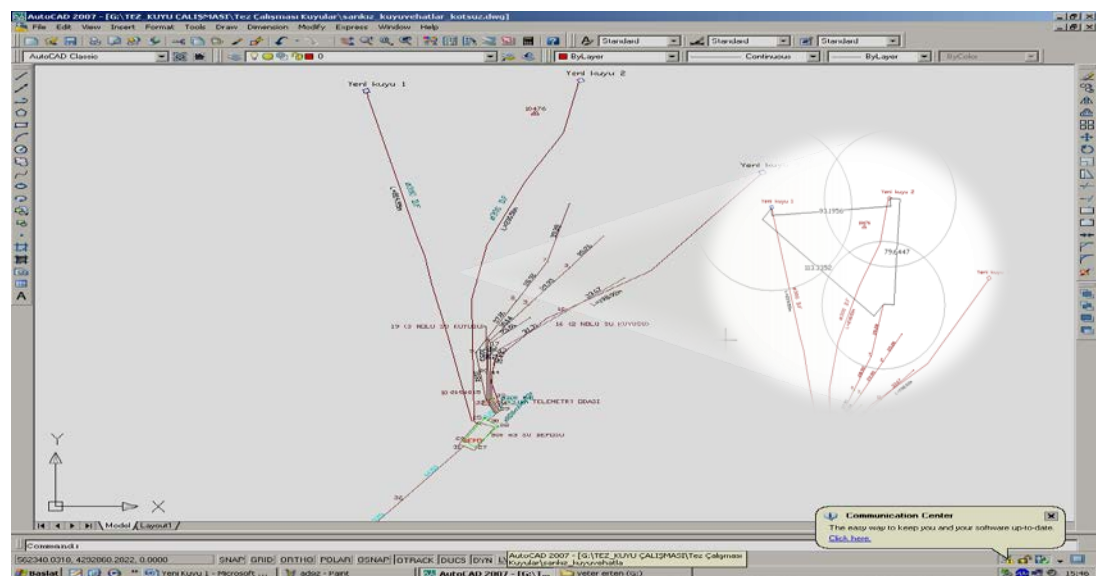
Yıl	Sarıkız Kaynağı	$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	S (%)	T (m <sup>2</sup> /s)
2003	Memba	0,001970	0,1716	0,1628
	Göcek-Değirmeni	0,004645	0,0754	0,379
	Arpalı	0,002606	0,1460	0,2015
2004	Memba	0,001180	0,3643	0,1108
	Göcek-Değirmeni	0,002454	0,1556	0,2253
	Arpalı	0,001524	0,2639	0,1577

Tablo 5.20 Sarıkız Kaynak grubu 2003-2004 dönemi ortalamalarına göre  $S_{ort}$  (%),  $T_{ort}$  (m<sup>2</sup>/s) değerleri

Sarıkız Kaynağı	$S_{ort}$ (%)	$T_{ort}$ (m <sup>2</sup> /s)
Memba	0,268	0,1368
Göcek-Değirmeni	0,1155	0,2969
Arpalı	0,2049	0,1796

### 5.1.5 Uzaklık-Düşüm İlişkisi

Sarıkız kaynak grubundaki kuyuların birbirlerine olan tesirlerinden toplam düşüm miktarını hesaplamak için Theis metodu kullanılmıştır. Metodu uygulamak için her bir kaynak grubundaki kuyuların yerleri koordinatlı olarak Autocad programına aktarılmış olup birbirlerine olan uzaklıkları ölçülmüştür (Şekil 5.11).



Şekil 5.11 Autocad programında kuyu yerlerinin koordinatlı olarak belirlenmesi.

Sarıköz Memba Kaynağı için 2003-2004 yıllarına ait depolama katsayısı (S) ve Transmisibilite (T) hesaplarında kabul edilen ortalama  $T=0,1368 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$   $S=0,268$  % ve kuyulardan İZSU işletme verilerinden alınan üretim debilerinin ortalaması  $0,06 \text{ m}^3/\text{sn}$  değerlerine göre Tablo 5.21'deki kuyuların birbirlerine olan mesafeleri dikkate alınarak işletme halindeki 5 kuyunun 360 günlük Theis metoduna göre toplam düşüm miktarları excel programında hesaplanarak Tablo 5.22'de verilmiştir. Sarıköz Memba Kaynağındaki kuyuların bir yıllık sürede düşüm miktarları ortalama 1,34 m olduğu görülmektedir.

Tablo 5.21 Sarıköz Memba Kaynağındaki işletme kuyularının birbirlerine olan mesafeleri (m)

Kuyu no	1SK	2SK	3SK	25SK	26SK
1SK		61,86	77,33	25,90	28,52
2SK	61,86		19,47	76,04	48,41
3SK	77,33	19,47		88,53	67,04
25SK	25,90	76,04	88,53		53,96
26SK	28,52	48,41	67,04	53,96	

Sarıköz Memba Kaynağında 25 nolu kuyunun 1 nolu kuyuya olan düşüm etkisi hesabı aşağı da gösterilmektedir.

$$u = \frac{r^2 S_c}{4Tt} = \frac{26^2 \times 0,268}{4 \times 0,1368 \times 31104000} = 1,06 \times 10^{-5}$$

$$W_u = \ln \left[ \frac{0,562}{u} \right] = \left[ \frac{0,562}{1,06 \times 10^{-5}} \right] = 10,87$$

$$s = \left[ \frac{Q}{4\pi T} \right] W_u = \left[ \frac{0,06}{4 \times 3,14 \times 0,1368} \right] \times 10,87 = 0,379 \text{ m}$$

Tablo 5.22 Sarıkız Memba Kaynağındaki kuyuların her bir kuyuya olan toplam etkisi (düşümü)

Kuyu No	r(m)	S(%)	T(m <sup>3</sup> /s/m)	t(s)	Q(m <sup>3</sup> /s)	U	W <sub>u</sub>	s(m)	
25	1	26	0,268	0,1368	31104000	0,06	1,06E-05	10,87	0,379
26		29	0,268	0,1368	31104000	0,06	1,32E-05	10,65	0,372
2		62	0,268	0,1368	31104000	0,06	6,05E-05	9,13	0,319
3		77	0,268	0,1368	31104000	0,06	9,34E-05	8,70	0,303
<b>Sarıköz-Memba Kaynağı 1 nolu kuyudaki toplam düşüm =1,374m</b>									
25	2	76	0,268	0,1368	31104000	0,06	9,09E-05	8,72	0,304
26		48	0,268	0,1368	31104000	0,06	3,63E-05	9,64	0,336
1		62	0,268	0,1368	31104000	0,06	6,05E-05	9,13	0,319
3		19	0,268	0,1368	31104000	0,06	5,68E-06	11,50	0,401
<b>Sarıköz-Memba Kaynağı 2 nolu kuyudaki toplam düşüm =1,362 m</b>									
25	3	89	0,268	0,1368	31104000	0,06	0,000125	8,41	0,293
26		67	0,268	0,1368	31104000	0,06	7,07E-05	8,98	0,313
1		77	0,268	0,1368	31104000	0,06	9,34E-05	8,70	0,303
2		19	0,268	0,1368	31104000	0,06	5,68E-06	11,50	0,401
<b>Sarıköz-Memba Kaynağı 3 nolu kuyudaki toplam düşüm =1,312 m</b>									
1	25	26	0,268	0,1368	31104000	0,06	1,06E-05	10,87	0,379
26		54	0,268	0,1368	31104000	0,06	4,59E-05	9,41	0,328
2		76	0,268	0,1368	31104000	0,06	9,09E-05	8,72	0,304
3		89	0,268	0,1368	31104000	0,06	0,000125	8,41	0,293
<b>Sarıköz-Memba Kaynağı 25 nolu kuyudaki toplam düşüm =1,307 m</b>									
1	26	29	0,268	0,1368	31104000	0,06	1,32E-05	10,65	0,372
25		54	0,268	0,1368	31104000	0,06	4,59E-05	9,41	0,328
2		48	0,268	0,1368	31104000	0,06	3,63E-05	9,64	0,336
3		67	0,268	0,1368	31104000	0,06	7,07E-05	8,98	0,313
<b>Sarıköz-Memba Kaynağı 26 nolu kuyudaki toplam düşüm =1,351m</b>									

Sarıköz Göcek Değirmeni Kaynağında 2003-2004 dönemi depolama katsayısı (S) ve Transmisibilite (T) hesaplarında kabul edilen ortalama  $T=0,2969 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{m}$   $S=0,1155 \%$  ve kuyulardan İZSU işletme verilerinden alınan üretim debilerinin ortalaması  $0,055 \text{ m}^3/\text{sn}$  değerlerine göre Tablo 5.23'deki kuyuların birbirlerine olan mesafeleri dikkate alınarak 360 günlük Theis metoduna göre işletme halinde bulunan 16 kuyunun birbirlerine göre toplam düşüm miktarları excel programında hesaplanmış olup tablo çok uzun olduğundan sadece toplam düşüm miktarları Tablo 5.24'de verilmektedir. Sarıkız Göcek Değirmeni Kaynağındaki kuyuların bir yıllık sürede düşüm miktarları yaklaşık ortalama 2,15 m olduğu görülmektedir.

Tablo 5.23 Sarıkız Göcek- Değirmeni kaynağındaki işletme kuyularının birbirlerine olan mesafeleri (m)

Kuyu	4 SK	5 SK	6 SK	7 SK	8 SK	9 SK	10 SK	11 SK	12 SK	13 SK	14 SK	15 SK	27 SK	28 SK	29 SK	30SK
4SK		57,30	60,13	98,06	59,51	71,08	172,18	94,6	119,76	138,64	167,71	199,2	64,38	64,38	56,56	52,93
5SK	57,3		34,20	52,58	60,24	80,81	151,97	106,9	146,62	169,71	199,16	230,9	109,16	85,26	63,63	40,36
6 SK	60,1	34,20		39,91	29,16	49,65	121,29	74,6	117,46	139,44	170	201,6	122,09	107,51	90,42	70,14
7 SK	98,0	52,58	39,91		61,37	77,61	107,55	97,3	142,9	164,86	194,4	224,74	157,11	137,75	116,35	92,41
8 SK	59,5	60,24	29,16	61,37		20,64	111,67	46,7	87,87	110	140,61	172,31	123,34	117,44	105,20	89,50
9 SK	71,0	80,81	49,65	77,61	20,64		105,08	26,50	67,83	90,03	120,05	151,84	132,05	131,57	122,28	107,88
10 SK	172,	151,97	121,29	107,55	111,67	105,08		97,9	123,2	136,68	155,76	176,96	234,20	226,65	211,20	191,03
11 SK	94,6	106,9	74,6	97,3	46,7	26,50	97,9		45,73	66,70	97,08	128,17	151,5	155,27	147,6	134,17
12 SK	119,	146,62	117,46	142,9	87,87	67,83	123,2	45,73		21,84	52,31	84,35	164,77	178,25	176,42	167,65
13 SK	138,	169,71	139,44	164,86	110	90,03	136,68	66,70	21,84		30,57	62,31	179	195,86	195,5	187,76
14 SK	167,	199,16	170	194,4	140,61	120,05	155,76	97,08	52,31	30,57		31,82	203,57	223,09	224,32	217,55
15 SK	199,	230,9	201,6	224,74	172,31	151,84	176,96	128,17	84,35	62,31	31,82		232,36	153,79	255,71	249,6
27 SK	64,3	109,16	122,09	157,11	123,34	132,05	234,20	151,5	164,77	179	203,57	232,36		39,60	62,38	81,45
28 SK	61,0	85,26	107,51	137,75	117,44	131,57	226,65	155,27	178,25	195,86	223,09	153,79	39,60		25,40	48,71
29 SK	56,5	63,63	90,42	116,35	105,20	122,28	211,20	147,6	176,42	195,5	224,32	255,71	62,38	25,40		24,38
30 SK	52,9	40,36	70,14	92,41	89,50	107,88	191,03	134,17	167,65	187,76	217,55	249,6	81,45	48,71	24,38	

Tablo 5.24 Sarıkız Göcek-Değirmeni Kaynağındaki tüm kuyuların her bir kuyuya olan toplam etkisi (düşümü)

Kuyu no	4 SK	5 SK	6 SK	7 SK	8 SK	9 SK	10SK	11SK	12SK	13SK	14SK	15SK	27SK	28SK	29SK	30S
s (düşüm)m	2,22	2,21	2,25	2,14	2,27	2,26	1,99	2,22	2,17	2,13	2,06	1,98	2,07	2,14	2,16	2,18

Sarıkız Arpalı Kaynağında 2003-2004 dönemi S (depolama katsayısı) ve T (Transmisibilite) hesaplarında kabul edilen ortalama  $T=0,1796 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$   $S= 0,2049$  % ve kuyulardan İZSU işletme verilerinden alınan üretim debilerinin ortalaması  $0,043 \text{ m}^3/\text{s}$  değerlerine göre Tablo 5.25'deki kuyuların birbirlerine olan mesafeleri dikkate alınarak 360 günlük Theis metoduna göre işletme halinde bulunan 9 kuyunun birbirlerine göre toplam düşüm miktarları excel ortamında hesaplanmış olup tablo çok uzun olduğundan sadece toplam düşüm miktarları Tablo 5.26'da verilmektedir. Sarıkız Arpalı Kaynağındaki kuyuların bir yıllık süredeki düşüm miktarları yaklaşık ortalama 1,46 m olduğu görülmektedir.

Tablo 5.25 Sarıkız Arpalı Kaynağındaki işletme kuyularının birbirlerine olan mesafeleri (m)

Kuyu	16SK	17SK	18SK	19SK	20SK	21SK	22SK	23SK	24SK
16SK		59,50	44,73	102,79	91,92	91,84	64,03	83,74	75,84
17SK	59,50		82,81	133,18	92,96	88,52	54,88	59,18	36,21
18SK	44,73	82,81		58,04	45,85	67,2	55,56	78,88	85,35
19SK	102,79	133,18	58,04		48,72	72,42	87,57	104,82	123,05
20SK	91,92	92,96	45,85	48,72		26,28	41,03	56,16	76,01
21SK	91,84	88,52	67,2	72,42	26,28		34,07	36,98	62,11
22SK	64,03	54,88	55,56	87,57	41,03	34,07		23,40	35,62
23SK	83,74	59,18	78,88	104,82	56,16	36,98	23,40		26,53
24SK	75,84	36,21	85,35	123,05	76,01	62,11	35,62	26,53	

Tablo 5.26 Sarıkız Arpalı Kaynağındaki tüm kuyuların her bir kuyuya olan toplam etkisi (düşümü)

Kuyu No	16SK	17 SK	18SK	19SK	20SK	21SK	22SK	23SK	24SK
S(düşüm) m	1,41	1,43	1,46	1,37	1,51	1,51	1,56	1,44	1,45

Sarıkız Kaynak grubundaki kuyuların kuyu loglarındaki yarıçapları ve İZSU işletme biriminden alınan kuyulardan üretilen debi miktarları ayrı ayrı dikkate alınarak her kuyuda 360 günde meydana gelebilecek düşüm miktarları Tablo 5.27'de gösterilmektedir.

Tablo 5.27 Sarıkız Kaynak grubundaki kuyuların yarıçaplarına göre düşümleri

Kaynak Grubu	Kuyu no	r (m)	S (%)	T (m <sup>3</sup> /gün/m)	t (gün)	Q (lt/s)	U	W(u)	s (m)
Mamba Kaynağı	SK1	0,22225	0,268	11820	360	40	7,77E-10	20,39	0,47
	SK2	0,22225	0,268	11820	360	40	7,77E-10	20,39	0,47
	SK3	0,2794	0,268	11820	360	42	1,22E-09	19,94	0,48
	SK2	0,22225	0,268	11820	360	90	7,77E-10	20,39	1,06
	SK2	0,22225	0,268	11820	360	85	7,77E-10	20,39	1,00
Göcek Değirmeni Kaynağı	SK4	0,22225	0,1155	25652	360	85	1,54E-10	22,01	0,49
	SK5	0,22225	0,1155	25652	360	40	1,54E-10	22,01	0,23
	SK6	0,22225	0,1155	25652	360	40	1,54E-10	22,01	0,23
	SK7	0,22225	0,1155	25652	360	42	1,54E-10	22,01	0,24
	SK8	0,22225	0,1155	25652	360	40	1,54E-10	22,01	0,23
	SK9	0,22225	0,1155	25652	360	30	1,54E-10	22,01	0,17
	SK1	0,22225	0,1155	25652	360	40	1,54E-10	22,01	0,23
	SK1	0,2794	0,1155	25652	360	42	2,44E-10	21,55	0,24
	SK1	0,2794	0,1155	25652	360	40	2,44E-10	21,55	0,23
	SK1	0,2794	0,1155	25652	360	47	2,44E-10	21,55	0,27
	SK1	0,22225	0,1155	25652	360	40	1,54E-10	22,01	0,23
	SK1	0,2794	0,1155	25652	360	47	2,44E-10	21,55	0,27
	SK2	0,22225	0,1155	25652	360	85	1,54E-10	22,01	0,49
	SK2	0,22225	0,1155	25652	360	85	1,54E-10	22,01	0,49
	SK2	0,22225	0,1155	25652	360	40	1,54E-10	22,01	0,23
	SK3	0,22225	0,1155	25652	360	85	1,54E-10	22,01	0,49
	Arpalı Kaynağı	SK1	0,2794	0,2049	15517	360	40	7,15E-10	20,48
SK1		0,2794	0,2049	15517	360	40	7,15E-10	20,48	0,36
SK1		0,2794	0,2049	15517	360	63	7,15E-10	20,48	0,56
SK1		0,2794	0,2049	15517	360	40	7,15E-10	20,48	0,36
SK2		0,2794	0,2049	15517	360	50	7,15E-10	20,48	0,45
SK2		0,2794	0,2049	15517	360	40	7,15E-10	20,48	0,36
SK2		0,22225	0,2049	15517	360	30	4,52E-10	20,93	0,27
SK2		0,2794	0,2049	15517	360	47	7,15E-10	20,48	0,42
SK2		0,22225	0,2049	15517	360	40	4,52E-10	20,93	0,36

### 5.1.6 Etki Yarıçapı

Sarıkız Kaynak grubundaki kuyuların 360 günlük süre içinde birbirlerine olan etkileri (düşüm) miktarları dikkate alınarak ve her kuyunun loglarındaki akifer kalınlıklarına göre etki yarıçapı Sichardt bağıntısı ile hesaplanarak Tablo 5.28'de verilmiştir. Bu duruma göre Sarıkız Kaynağındaki kuyuların etki yarıçapları içinde



kaldığı görülmektedir. Kuyuların etki yarıçaplarına uygun mesafelerde olması halinde kaynaklardan daha iyi verim elde edilecektir.

Tablo 5.28 Sarıkız Kaynak grubundaki kuyuların etki yarıçapları

Sarıköz K.Grubu	Kuyu no	$S_{em}$ m	T $m^2/s$	e Akifer Kalınlığı m	$k=T/e$ m/s	$R=3000xSx\sqrt{k}$ (m) (Sichardt)
Membalı Kaynağı	1	1,37	0,1368	75	0,001824	176,14
	2	1,36	0,1368	40	0,00342	239,02
	3	1,31	0,1368	75	0,001824	168,22
	25	1,30	0,1368	50	0,002736	205,09
	26	1,35	0,1368	26	0,005262	294,05
Göcek-Değirmeni Kaynağı	4	2,22	0,2969	50	0,005938	513,49
	5	2,21	0,2969	50	0,005938	511,43
	6	2,25	0,2969	75	0,003959	426,17
	7	2,14	0,2969	61	0,004867	448,04
	8	2,27	0,2969	55	0,005398	502,40
	9	2,26	0,2969	75	0,003959	427,89
	10	1,99	0,2969	100	0,002969	325,49
	11	2,22	0,2969	50	0,005938	513,35
	12	2,17	0,2969	75	0,003959	410,11
	13	2,13	0,2969	75	0,003959	403,58
	14	2,06	0,2969	75	0,003959	389,74
	15	1,98	0,2969	75	0,003959	374,82
	27	2,07	0,2969	80	0,003711	379,52
	28	2,14	0,2969	42	0,007069	539,81
	29	2,16	0,2969	14	0,021207	945,60
30	2,18	0,2969	16	0,018556	892,78	
Arpalı Kaynağı	16	1,41	0,1796	75	0,002395	208,34
	17	1,43	0,1796	70	0,002566	218,00
	18	1,46	0,1796	100	0,001796	186,87
	19	1,37	0,1796	27	0,006652	336,06
	20	1,51	0,1796	55	0,003265	258,95
	21	1,51	0,1796	75	0,002395	222,25
	22	1,56	0,1796	75	0,002395	230,01
	23	1,44	0,1796	75	0,002395	212,47
24	1,45	0,1796	75	0,002395	213,78	

## 5.2 Göksu Kuyuları

### 5.2.1 Yağış

Göksu kuyuları için Manisa Meteoroloji İstasyonuna (Bölüm üç Tablo 3.6) ait yağış değerleri kullanılarak ortalama yıllık yağışlardan hesaplanan sapma değerlerinin yıllara göre kümülatif toplamından eklenik sapma değerleri Tablo 5.29'da verilmiştir. Göksu Kaynağı için 1985-2010 yıllarına ait yağış ve sıcaklık

ölçümlerinden yıllık ortalama yağış 673,1 mm, yıllık ortalama sıcaklık ise (1985-05) 17,1 °C olarak belirlenmiştir.

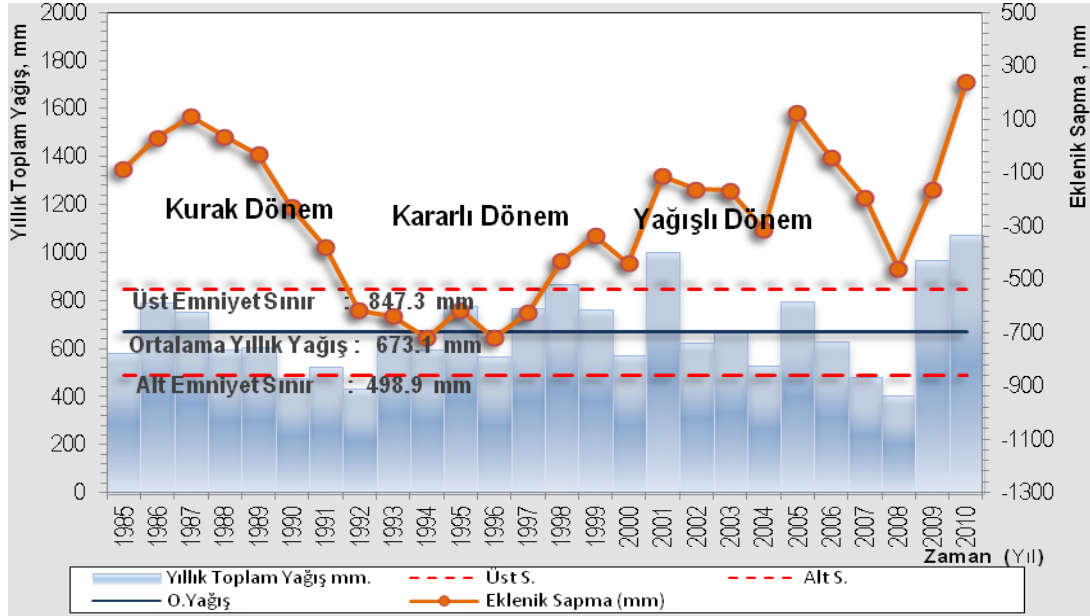
Tablo 5.29 Manisa istasyonu 1985-2010 dönemi yıllık yağış ve yıllık yağıştan eklenik sapma değerleri

<b>Manisa Yağış İst.</b>			
<b>17186</b>	<b>Yıllık Toplam Yağış (mm)</b>	<b>Sapma (mm) (<math>\Delta P_i = P_i - P_{ort}</math>)</b>	<b>Eklenik Sapma (mm) (<math>\Delta P_i</math>, eklenik=<math>\Delta P_i - 1</math>, eklenik +<math>\Delta P_i</math>)</b>
1985	583,2	-89,9	-89,9
1986	791,9	118,8	28,9
1987	754	80,9	109,8
1988	596,3	-76,8	33
1989	605,5	-67,6	-34,6
1990	476,1	-197	-231,6
1991	523,9	-149,2	-380,8
1992	434,5	-238,6	-619,4
1993	652,7	-20,4	-639,8
1994	593,3	-79,8	-719,6
1995	776,1	103	-616,6
1996	568,7	-104,4	-721
1997	767,7	94,6	-626,4
1998	867,3	194,2	-432,2
1999	765,1	92	-340,2
2000	570,3	-102,8	-443
2001	1002,2	329,1	-113,9
2002	622,9	-50,2	-164,1
2003	668,2	-4,9	-169
2004	527,1	-146	-315
2005	794,4	121,3	121,3
2006	629,6	-43,5	-43,5
2007	478,6	-194,5	-194,5
2008	406,2	-266,9	-461,4
2009	969,6	296,5	-164,9
2010	1075,2	402,1	237,2

<b><math>P_{ortalama}</math> (mm)</b>	673,1	<b>Alt emniyet sınırı</b>	498,9
		<b>(<math>P_{ortalama} - \sigma</math>), mm</b>	

<b>Standart sapma (<math>\sigma</math>)</b>	174,198	<b>Üst emniyet sınırı</b>	847,3
<b>Değişim katsayısı (Cv)</b>	0,25880	<b>(<math>P_{ortalama} + \sigma</math>), mm</b>	

Göksu Kaynağı için Manisa DMİ 25 yıllık yağış ve yıllık ortalama yağıştan eklenik sapma grafiğinde (Şekil 5.12) 1987-1992 yılları arası kurak dönem, 1992-1996 yılları arası kararlı dönem, 1996-2005 yılları yağışlı dönem, 2005-2008 yılları arası kurak dönem ve 2008-2010 yılları yağışlı dönem olarak görülmektedir.



Şekil 5.12 Manisa istasyonu 1985-2010 dönemi yıllık yağış ve yıllık ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

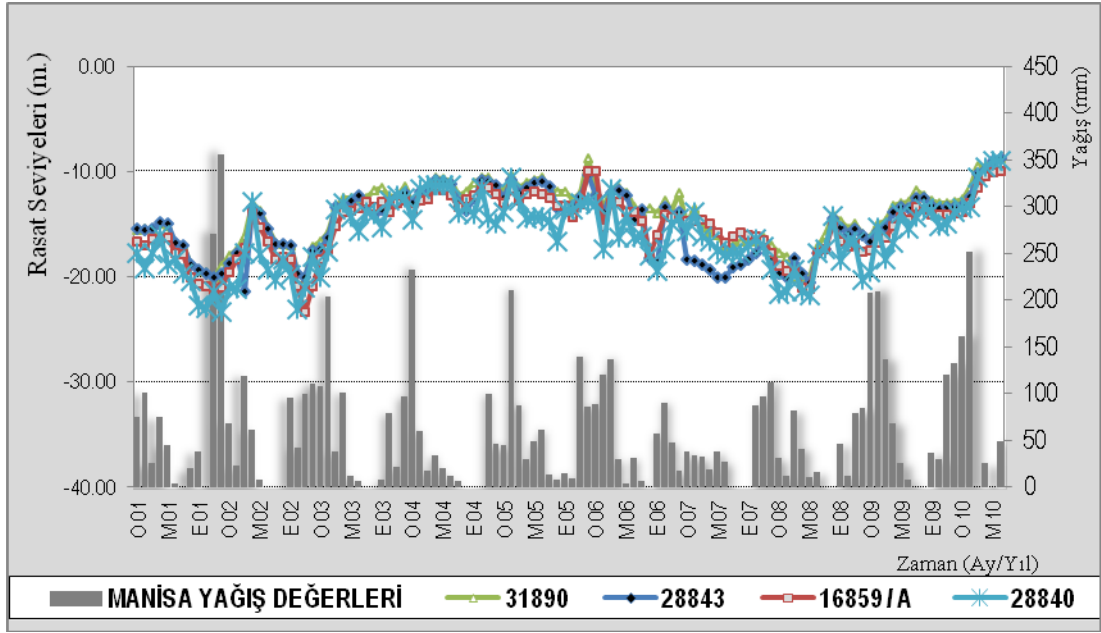
## 5.2.2 Yeraltı Suyu Dinamiği

### 5.2.2.1 Yeraltı Suyu Seviye Değişimleri

Göksu Kaynaklarına ait İZSU Genel Müdürlüğünden alınan düzenli ölçüme sahip 2001-2010 yılları arası 10 senelik yeraltı suyu seviye ve yağış grafiği Şekil 5.13'de gösterilmektedir. 10 senelik periyot içinde genel anlamda yağışların yeraltı suyu seviyesini etkilediği söylenebilir.

2001 yılında -17 m civarında olan yeraltı su seviyesi 2001 yılı sonu ve 2002 yılında -20 m altına düşmüş daha sonraki yıllarda -13, -15 m civarlarına çıkmıştır. Ancak yağışların azaldığı 2007-08 yıllarında tekrar -20 m seviyelerin altına inmiş ve 2009 yılından sonra yağışların artmasıyla tekrar seviyeler -10 m ve üstüne çıkmıştır.

Genel anlamda 10 senelik periyot içinde -20 m ve -10 m arasında seyir gösteren yeraltı su seviyesi 2009-2010 yılında artan yağışlarla -10 m' nin de üstüne çıkmıştır. Ancak bu kaynakların sürekli işletme halinde oluşu ve su üretiminin devamlı yapılması nedeniyle yağış-çekim ve seviye arasındaki ilişkiye göre değerlendirilmesi daha anlamlı olacaktır.



Şekil 5.13 Manisa istasyonu 2001-2010 dönemi aylık ortalama yağış (mm) ve Göksu kuyu rasatlarının yağış-seviye grafiği

#### 5.2.2.2 Yeraltı Suyu Üretim Debileri

Göksu kuyularına ait İZSU Genel Müdürlüğünden elde edilen 2001-2009 dönemi üretim, yağış ve rasatların su seviye değerleri Tablo 5.30'da, grafik olarak Şekil 5.14'de gösterilmektedir. Göksu Kaynağından 2001-2009 yılları arası ortalama 47,82 hm<sup>3</sup> / yıl üretim yapılmıştır. En yüksek 2005 yılında 57,97 hm<sup>3</sup> / yıl ve en düşük 2003 yılında 38,60 hm<sup>3</sup> / yıl üretim yapılmıştır.

Karşılaştırma yapıldığında 2001 yılında 1002,2 mm yağışa karşılık 50,03 hm<sup>3</sup> / yıl üretim yapılmış ve ortalama rasat seviyesi -18,25 m ölçülmüştür.

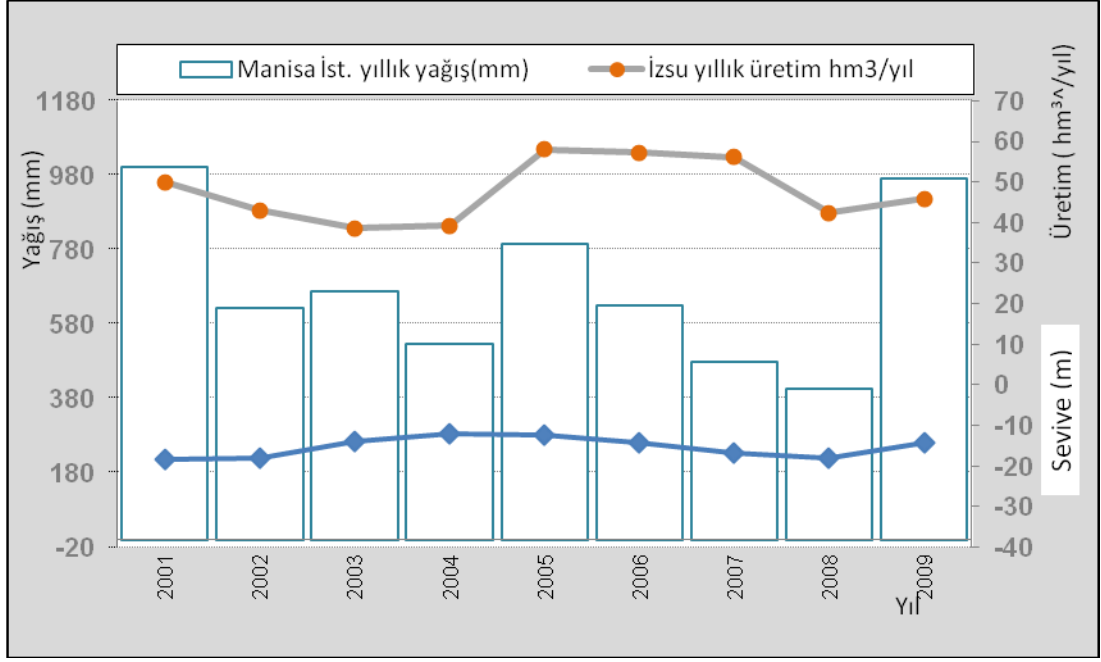
En düşük yağış 2008 yılında 406,2 mm kaydedilmiş ve 42,35 hm<sup>3</sup> / yıl üretime karşılık ortalama rasat seviyesi -17,91 m ölçülmüştür. 2009 yılında ise 969,6 mm yağışa karşılık 45,82 hm<sup>3</sup>/yıl üretim yapılmış ve ortalama rasat seviyesi -14,39 m ölçülmüştür.

Bu duruma göre yağışların artmasıyla birlikte üretim değerleri de artıyorsa rasat seviyelerindeki düşmeler devam edecek ancak üretimin azalması, yağışların artması yeraltı su seviyelerinde yükselmeye neden olacaktır.

Ancak kaynak çevresindeki vatandaşlar tarafından açılan kuyuların ve sulamaya ayrılan miktarlarında göz ardı edilmemesi gerekir.

Tablo 5.30 Göksu kuyularına ait 2001-2009 dönemi üretim-seviye –yağış değerleri

Yıl	Manisa İst. yıllık yağış(mm)	İzsu yıllık üretim (hm <sup>3</sup> /yıl)	16859/A rasat kuyu seviyesi m	28840 rasat kuyu seviyesi m	28843 rasat kuyu seviyesi m	31890 rasat kuyu seviyesi m	rasatlarının yıllık ortalaması(m)
2001	1002,2	50,03	-18,56	-19,88	-17,30	-17,28	-18,25
2002	622,9	42,99	-18,43	-19,22	-17,38	-16,76	-17,95
2003	668,2	38,60	-14,21	-14,58	-13,62	-12,92	-13,84
2004	527,1	39,25	-12,31	-12,82	-11,78	-11,33	-12,07
2005	794,4	57,97	-12,5	-13,72	-11,91	-11,25	-12,35
2006	629,6	57,29	-14,19	-15,77	-14,04	-12,78	-14,20
2007	478,6	56,09	-15,84	-16,94	-18,65	-16,07	-16,88
2008	406,2	42,35	-18,20	-18,9	-17,54	-17	-17,91
2009	969,6	45,82	-14,80	-15,42	-13,90	-13,40	-14,39
Ort,	677,64	47,82	-15,44	-16,36	-15,12	-14,31	-15,31



Şekil 5.14 Göksu kuyularına ait 2001-2009 dönemi üretim-seviye-yağış ilişkisi

### 5.2.3 Su Bilançosu

#### 5.2.3.1 Yeraltı Suyu İşletme Rezervi

Belirli bir periyot da ki su seviyesi değişimi, akifere giren su (beslenim) akiferden çıkan su (boşalım) farkına bağlıdır (Korkmaz,1992).

İzmir ana dağıtım sistemini besleyen kuyulardan büyük öneme sahip karstik, basınçlı akifer özelliği gösteren Göksu kuyularında sürekli olarak su üretimi gerçekleştiği için su rezerv hesaplamalarında dinamik durumda bulunan yeraltı suyu bilanço hesabında İZSU İşletme biriminden alınan aylık üretim miktarları (boşalım) ve aylık yağış değerleri akifere sızan su miktarının (beslenim) aylık ve yıllık değerlerine göre rezerv miktarı hesabı yapılmıştır.

Göksu kuyuları için 2003 - 2009 dönemi işletme rezervi hesabı yapılmıştır. Ancak Göksu Kaynaklarının akiferi yaklaşık 1700 km<sup>2</sup> geniş bir yayılım alanına sahip olması nedeniyle (Kazanasmaz, 2008) Göksu kuyularının bulunduğu alan için tahmini 250 km<sup>2</sup> ve % 40 süzülme (Apaydın, 1997) kabulü yapılarak rezerv hesabı

yapılmıştır. Bölgeyi temsil eden Manisa Meteoroloji İstasyonu aylık yağış verileri (Bölüm üç Tablo 3.6) havzanın yayılım alanı ve süzülme oranlarıyla (Tablo 5.31) çarpılarak her aya dolayısıyla da her yıla ait beslenme miktarları bulunmuştur (Tablo 5.32). Beslenme miktarlarından Göksu kuyularının üretim miktarları çıkarılarak eklenik rezerv, yıllık rezerv miktarları hesaplanmıştır (Tablo 5.33). Ayrıca her aya ait eklenik rezerv miktarları da Tablo 5.34 'de gösterilmektedir.

Bu duruma göre 2003 - 2009 yılları arası beslenme miktarı ortalama 63,1 hm<sup>3</sup>/yıl, boşalma miktarı 48,2 hm<sup>3</sup>/yıl, toplam rezerv miktarı ortalama 57,58 hm<sup>3</sup>/yıl, yıllık rezerv miktarı ortalaması 14,90 hm<sup>3</sup>/yıl olarak bulunmuştur.

Tablo 5.31 Göksu kuyuları yağışın yeraltına süzülme oranı ve yayılımı

<b>Süzülme % si</b>	0,4	
<b>Yayılım alanları m<sup>2</sup></b>	100,000,000	250,000,000
<b>Mevcut Rezerv Miktarı</b>	0	

Tablo 5.32 Göksu Kaynağı Manisa Meteoroloji İstasyonu yağış gözlemlerinin yeraltına süzülen (beslenme) miktarları (hm<sup>3</sup>/ay)

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Beslenme
2003	10,67	20,33	3,74	10,05	1,17	0,52	0,07	-	0,66	7,87	2,16	9,58	66,82
2004	23,25	5,97	1,74	3,37	1,99	1,15	0,53	-	-	0,10	9,87	4,60	52,57
2005	4,36	20,96	8,74	2,89	4,78	6,08	1,23	0,74	1,37	0,84	13,91	8,49	74,39
2006	8,86	12,00	13,66	2,93	0,31	3,12	0,53	-	5,65	8,99	4,69	1,62	62,36
2007	3,70	3,26	3,14	1,84	3,72	2,66	-	-	-	8,65	9,69	11,16	47,82
2008	3,00	1,12	8,06	4,08	0,98	1,58	-	0,04	4,54	1,16	7,88	8,34	40,78
2009	20,74	20,92	13,58	6,82	2,56	0,72	-	-	3,62	2,92	11,92	13,16	96,96

Tablo 5.33 İZSU tarafından Göksu kuyularından üretilen aylık su (hm<sup>3</sup>/ay) ve rezerv (hm<sup>3</sup>/yıl) miktarları (Kaynak:İZSU arşivi)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam Üretim hm <sup>3</sup> /yıl	Yıllık Rezerv hm <sup>3</sup> /yıl	Eklenik Rezerv hm <sup>3</sup> /yıl
2003	4,14	3,32	3,22	2,94	2,82	3,63	2,99	3,16	2,80	3,34	2,93	3,33	38,60	28,22	28,22
2004	3,66	3,23	3,43	2,68	3,61	3,59	3,63	3,46	3,22	2,82	2,59	3,32	39,25	13,32	41,54
2005	5,12	4,77	5,46	5,45	4,52	3,86	4,23	4,68	5,66	5,54	4,91	3,77	57,97	16,42	57,96
2006	4,94	5,07	4,60	4,02	5,57	5,15	5,45	5,41	5,21	4,42	3,61	3,84	57,29	5,07	63,03
2007	5,17	3,78	5,50	5,39	5,11	5,38	4,37	4,12	4,58	4,51	4,12	4,05	56,09	-8,27	54,76
2008	5,42	5,11	5,25	5,38	5,61	2,32	-	0,70	2,97	2,91	3,41	3,27	42,35	-1,57	53,19
2009	4,93	3,78	4,33	3,82	4,15	3,54	2,53	3,61	3,58	4,12	3,79	3,64	45,82	51,14	104,33

Tablo 5.34 Göksu kuyuları aylık eklenik su potansiyeli (hm<sup>3</sup>/ay)

YILLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2003	6,53	23,54	24,07	31,18	29,53		23,51	20,34	18,20	22,74	21,97	28,22
2004	47,81	50,55	48,85	49,54	47,91	45,48	42,37	38,92	35,70	32,98	40,26	41,54
2005	40,79	56,98	60,26	57,70	57,96	60,18	57,18	53,24	48,94	44,24	53,24	57,96
2006	61,88	68,82	77,88	76,78	71,53	69,50	64,58	59,17	59,60	64,17	65,25	63,03
2007	61,56	61,04	58,68	55,12	53,73	51,02	46,64	42,53	37,94	42,08	47,65	54,76
2008	52,34	48,35	51,15	49,86	45,23	44,49	44,49	43,82	45,39	43,64	48,12	53,19
2009	68,99	86,13	95,38	98,38	96,79	91,45	91,45	87,84	87,88	86,68	94,81	104,33



### 5.2.3.2 Thornthwaite Yöntemiyle Su Bilançosu

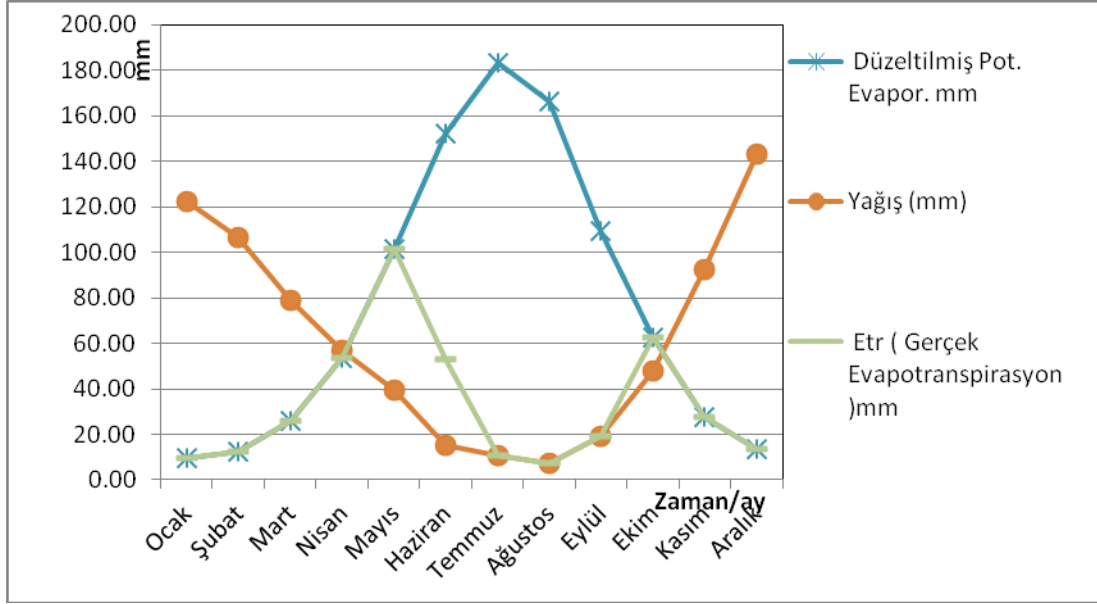
Göksu kaynağı için Thornthwaite yöntemine göre (Thornthwaite, 1948), yeraltı suyu kullanabilir potansiyeli su bilançosu Manisa DMI'nun yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak ortalama yıllık Etp 802,02 mm, Etr 396,34 mm olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.35). Manisa Meteoroloji İstasyonundan alınan 75 yıllık (1930-2005) ölçümlere göre 726,98 mm ortalama yağış miktarı elde edilmiştir. Göksu kaynağı için tahmini 250 km<sup>2</sup> lik beslenme alanı dikkate alındığında beslenme alanına düşen yağış miktarı 181,75 hm<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplanmıştır.

Thornthwaite yönteminde hesaplanan ortalama gerçek buharlaşma (Etr) 396 mm olarak hesaplanmıştır ve beslenme alanı için bu miktar 99,09 hm<sup>3</sup>/yıl' dır. Beslenme alanı için boşalım ve beslenme miktarları eşit kabul edilmesi halinde, beslenme – boşalım arasındaki fark 82,66 hm<sup>3</sup>/yıl olarak bulunmaktadır. Ölçümlerde ve hesap hatalarından doğacak hatalardan dolayı emniyetli kullanılacak su miktarı olarak beslenme ve boşalma farkı % 60 alınarak Göksu Kaynakları için emniyetli kullanılacak su miktarı 49,6 hm<sup>3</sup>/yıl bulunmuştur.

Tablo 5.35 Manisa Meteoroloji İstasyonu yağış değerleri ile hazırlanan Thornthwaite buharlaşma- terleme bilançosu

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam
Aylık Sıcaklık (T°C)	6,70	7,86	10,44	15,09	20,27	25,23	27,87	27,40	23,14	17,75	12,15	8,26	<b>16,85</b>
Aylık Isı İndisi (i)	1,56	1,98	3,05	5,32	8,32	11,59	13,48	13,13	10,17	6,81	3,84	2,14	<b>81,40</b>
Etp (Potansiyel-Evapotranspirasyon) mm	11,27	15,02	25,02	48,60	82,67	122,54	146,63	142,18	104,90	65,11	32,91	16,43	<b>802,02</b>
Enlem Düzeltme Katsayısı (38, enlem için)	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83	
Düzeltilmiş Pot. Evapor. mm	9,58	12,61	25,77	53,46	101,69	151,95	183,29	166,35	109,10	62,51	27,64	13,64	<b>917,60</b>
Yağış (mm)	122,36	106,38	78,75	57,01	39,46	15,08	10,46	7,15	18,98	47,69	92,61	143,41	<b>726,98</b>
ilave su(mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	62,23	136,88	172,84	159,20	90,12	0,00	0,00	0,00	
Zemin Rezervi (mm)	<b>100,00</b>	100,00	100,00	100,00	37,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	64,97	100,00	
Etr ( Gerçek Evapotranspirasyon )mm	9,58	12,61	25,77	53,46	101,69	52,85	10,46	7,15	18,98	62,51	27,64	13,64	<b>396,34</b>
Su Fazlası (mm)	112,78	93,77	52,98	3,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	64,97	129,78	<b>457,83</b>
Su Noksanı (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,11	172,84	159,20	90,12	0,00	0,00	0,00	<b>521,26</b>

Göксу Kaynakları için Thornthwaite (1948)'e göre ortalama değerler kullanılarak çizilen yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği Şekil 5.15'de verilmiştir. Su fazlasının yıllık toplamı 457,83 mm, haziran-ekim ayları arasında gerçekleşen su noksanı 521,26 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 62,97 sini oluşturmaktadır.



Şekil 5.15 Manisa Meteoroloji İstasyonu Thornthwaite yöntemi ortalama yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği

## 5.2.4 Akiferlerin Hidrolojik Parametreleri

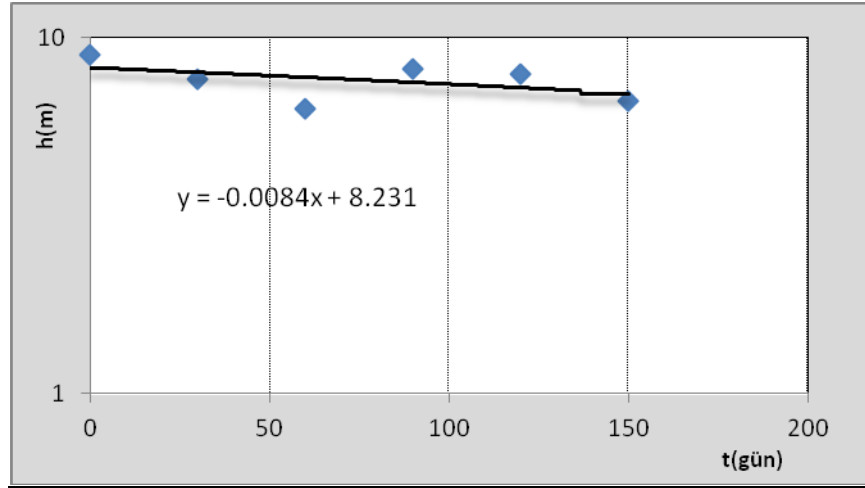
### 5.2.4.1 Boşalım Katsayısı

İzmir ana dağıtım sistemini besleyen kuyuların bulunduğu Göksu Kaynakların düzenli olarak tutulmuş yıllara ait rasat kuyusu su seviye ölçümlerinden boşalım katsayısı hesaplanarak akifer tipi belirlenmeye çalışılmıştır. Göksu Kaynağına ait dört adet rasat kuyusu mevcuttur. Dört rasat kuyusuna ait İZSU'dan elde edilen kurak periyodu karakterize eden yıllara ait hesaplanan boşalım katsayılarının ortalaması alınarak akiferin tamamını karakterize eden boşalım katsayısı bulunmuştur.

Göksu 28840 rasat kuyusu 2003 yılına ait zemine göre su seviye rasatlarından yararlanılarak hesaplanmış boşalım seviyesine göre  $h$  değerleri Tablo 5.35’de verilmiştir. Şekil 5.16’da zaman-log seviye doğrusu gösterilmiştir.

Tablo 5.35 Göksu 28840 rasat kuyusu 2003 yılına ait zemin ve boşalım seviyesine göre  $h$  değerleri

GÖKSU 28840 RASAT KUYUSU MEMBA KAYNAĞI (R1)		BOŞALIM SEVİYESİ KOTU: 0,0M KUYU ZEMİN KOTU:21M	
ZAMAN		SU SEVİYESİ	
Hidrolojik Yıl	Aylar (t)	Zemine Göre	Boşalım Seviyesine Göre
2003	Ekim	21,95	0,05
	Kasım	21,00	1,00
	Aralık	18,15	3,85
	Ocak	20	2,00
	Subat	17,65	4,35
	Mart	13,65	8,35
	$t_0$ =Nisan	13,05	$h_0$ =8,95
	Mayıs	14,38	7,63
	Haziran	15,70	6,30
	Temmuz	13,80	8,20
	Ağustos	14,10	7,90
	Eylül	15,35	6,65



Şekil 5.16 Göksu 28840 rasat kuyusunun 2003 yılı  $\log h = \log h_0 - \alpha \cdot \log_e t$  doğrusu

Göksu 28840 rasat kuyusunun 2003 yılına ait boşalım katsayısı  $t=150$  gün için  $y = -0,0084 \cdot 150 + 8,231 \Rightarrow h = 6,97$  m (Şekil 5.16) bulunur. Bu değerler (4.16) denkleminde yerine konursa;

$$\log h = \log h_0 - 0,4343 \cdot \alpha \cdot t$$

$$\log 6,97 = \log 8,95 - 0,4343 \cdot \alpha \cdot 150$$

$$\alpha = 0,001666 \text{ gün}^{-1} \text{ elde edilir.}$$

Göksu Kaynağı 16859/A, 28840, 28843, 31890 rasat kuyularından yapılan seviye ölçümlerinin kurak periyodu karakterize eden yıllara ait hesaplanan boşalım katsayısı değerleri ve seviye değişim oranları sırasıyla Tablo 5.36, 5.37, 5.38 ve 5.39'da verilmiştir.

Tablo 5.36 16859/A nolu Göksu rasat kuyusu su seviyelerine göre boşalım katsayısı ve h değişim %

Yıl	$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	t(gün)	h <sub>0</sub> (m)	h(m)	$\Delta h$ (m)	h%
2004	0,001011	150	10,65	9,15	1,5	14
2005	0,000747	150	9,9	8,85	1,05	11
2006	0,002052	120	8,1	6,332	1,768	22
2007	0,001338	150	7	5,72	1,28	18
$\alpha_{\text{ort}}$ (gün <sup>-1</sup> )	0,001287					

Tablo 5.37 28840 nolu Göksu rasat kuyusu su seviyelerine göre boşalım katsayısı ve h değişim %

Yıl	$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	t(gün)	h <sub>0</sub> (m)	h(m)	$\Delta h$ (m)	h%
2003	0,001666	150	8,95	6,97	1,97	22
2004	0,001957	120	10,7	8,46	2,24	21
2005	0,001667	120	7,5	6,14	1,36	18
2006	0,001332	120	5,7	4,85	0,85	15
2007	0,001976	120	5,3	4,18	1,12	21
$\alpha_{\text{ort}}$ (gün <sup>-1</sup> )	0,001720					

Tablo 5.38 28843 nolu Göksu rasat kuyusu su seviyelerine göre boşalım katsayısı ve h değişim %

Yıl	$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	t(gün)	h <sub>0</sub>	h	$\Delta h$ m	h%
2003	0,001470	120	9,25	8,104	1,146	12
2004	0,001757	150	11,25	8,644	2,606	23
2005	0,0010092	150	10,5	9,025	1,475	14
$\alpha_{\text{ort}}$ (gün <sup>-1</sup> )	0,001412					

Tablo 5.39 31890 nolu Göksu rasat kuyusu su seviyelerine göre boşalım katsayısı ve h değişim %

Yıl	$\alpha$ (gün <sup>-1</sup> )	t(gün)	h <sub>0</sub> (m)	h(m)	$\Delta h$ (m)	h%
2003	0,0001	90	9,55	9,456	0,094	1
2004	0,0007	150	11,5	10,26	1,24	11
2005	0,0005	150	10,9	10,079	0,821	8
2006	0,0022	120	10,5	7,975	2,525	24
2007	0,0013	150	6,2	5,0621	1,1379	18
$\alpha_{ort}$ (gün <sup>-1</sup> )	0,001007					

Göksu Kaynağını temsilen dört rasat kuyusunun ortalama boşalım katsayısı 0,001356 gün<sup>-1</sup> bulunmuştur (Tablo 5.40).

Tablo 5.40 Göksu rasat kuyuları ortalama boşalım katsayısı değerleri

Göksu Rasatları	16859/A	28840	28843	31890
$\alpha_{ort}$ (gün <sup>-1</sup> )	0,001287	0,001720	0,001412	0,001007
<b>Tüm <math>\alpha_{ort}</math> (gün<sup>-1</sup>)</b>	0,001356			

Göksu Kaynağının tamamını karakterize eden 0,001356 gün-1 boşalım katsayısı (Korkmaz, 1989) 2.tip akifer özelliği taşımakta ve yağış büyüklüğünün ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma değerlerinin kurak yağışlı devreleriyle ayrı ayrı ilişkili akiferlerdir. Seviye değişim oranları  $6 < h_d < 27$  arasında değişmekte olup bu tip akiferlerde emniyetli verim beslenimin % 60-80'i arasında değişir.

Ayrıca Göksu Kaynağına ait ortalama boşalım katsayısı değeri ( $\alpha_{ort}$ ) (Karanjac, 1977; Milanovic, 1981; Ford ve Williams, 1989) göre küçük bir değer olduğundan depolama kapasitesi yüksek, drenajı daha az kaynak özelliği taşıdığı ortaya çıkmaktadır.

### 5.3 Halkapınar – Çamdibi Kuyuları

#### 5.3.1 Yağış

Halkapınar-Çamdibi kuyuları için (Bölüm üç Tablo 3.9) İzmir Meteoroloji İstasyonuna ait yağış değerleri kullanılarak ortalama yıllık yağışlardan hesaplanan sapma değerlerinin yıllara göre kümülatif toplamından eklenik sapma değerleri Tablo 5.41’de verilmiştir. Halkapınar-Çamdibi Kaynağı için 1970-2010 yıllarına ait yağış ve sıcaklık ölçümlerinden yıllık ortalama yağış 690,1 mm, yıllık ortalama sıcaklık ise (1975-2010) 17,9 °C olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.41 İzmir Meteoroloji İstasyonu 1970-2010 dönemi yıllık yağış ve yıllık yağıştan eklenik sapma değerleri

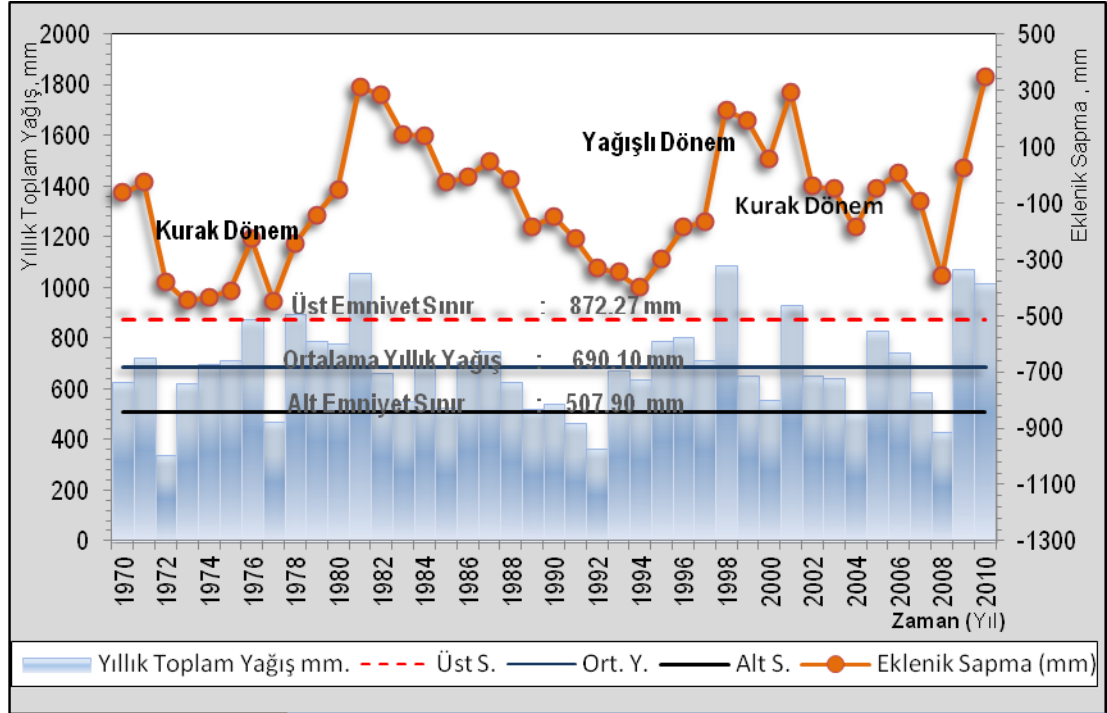
İzmir (Güzelyalı) İstasyonu	Yıllık Toplam Yağış (mm)	Sapma (mm)	Eklenik Sapma (mm)
		( $\Delta P_i = P_i - P_{ort}$ )	( $\Delta P_i$ , eklenik= $\Delta P_i - 1$ , eklenik + $\Delta P_i$ )
17220			
1970	627,2	-62,9	-62,9
1971	725,3	35,2	-27,6
1972	339,3	-350,8	-378,4
1973	624,2	-65,9	-444,3
1974	700	9,9	-434,3
1975	714	23,9	-410,4
1976	873,7	183,6	-226,8
1977	468	-222,1	-448,8
1978	895,5	205,4	-243,4
1979	789,5	99,4	-144
1980	780,9	90,8	-53,1
1981	1056,2	366,1	313
1982	661,1	-29	284
1983	549,4	-140,7	143,4
1984	685,1	-5	138,4
1985	526,8	-163,3	-24,9
1986	706,3	16,2	-8,6
1987	746,7	56,6	48
1988	627,5	-62,6	-14,6
1989	519,4	-170,7	-185,2
1990	542,4	-147,7	-147,7

Tablo 5.41'in (devamı)

İzmir (Güzelyalı) İstasyonu	Yıllık Toplam Yağış (mm)	Sapma (mm)	Eklenik Sapma (mm)
		( $\Delta P_i = P_i - \text{Port}$ )	( $\Delta P_i$ , eklenik= $\Delta P_i - 1$ , eklenik + $\Delta P_i$ )
1991	465,3	-224,8	-224,8
1992	361,5	-328,6	-328,6
1993	672,3	-17,8	-346,3
1994	635,8	-54,3	-400,6
1995	790	99,9	-300,7
1996	803,8	113,7	-186,9
1997	711,4	21,3	-165,6
1998	1086,1	396	230,4
1999	652,5	-37,6	192,9
2000	554	-136,1	56,8
2001	928,5	238,4	295,2
2002	650,4	-39,7	-39,7
2003	642,3	-47,8	-47,8
2004	503,6	-186,5	-186,5
2005	829	138,9	-47,5
2006	745,3	55,2	7,7
2007	586,8	-103,3	-95,6
2008	427,3	-262,8	-358,3
2009	1071,9	381,8	23,5
2010	1016,4	326,3	349,8
<b>Portalama (mm)</b>	690,1	<b>Alt emniyet sınırı</b>	507,9
		<b>(Portalama – <math>\sigma</math>), mm</b>	
<b>Standart sapma (<math>\sigma</math>)</b>	182,2090195	<b>Üst emniyet sınırı</b>	872,3
<b>Değişim katsayısı (Cv)</b>	0,264045842	<b>(Portalama+ <math>\sigma</math>), mm</b>	

İzmir Meteoroloji İstasyonu 30 yıllık ortalama yağış değerlerine göre ortalama yağıştan eklenik sapma grafiğinde (Şekil 5.17) 1972-1977 yılları arası kararlı dönem, 1977-1981 yılları arası yağışlı dönem, 1981-1994 yılları arası kurak dönem, 1994-1998 yılları yağışlı dönem, 1998-2008 yılları arası kurak dönem ve 2008-2010 yılları yağışlı dönem olarak görülmektedir.





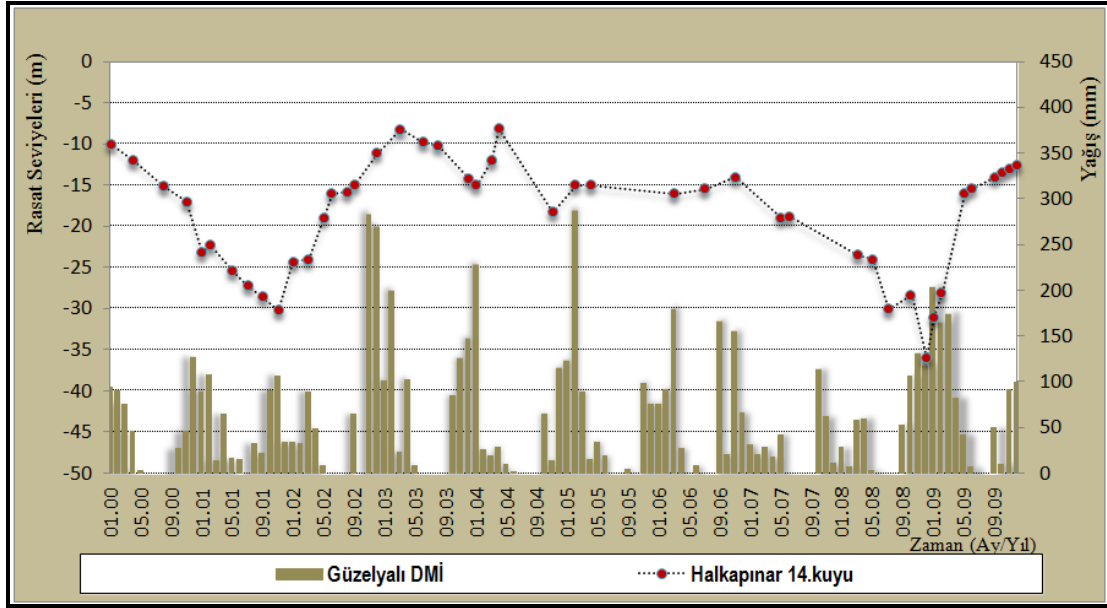
Şekil 5.17 İzmir Meteoroloji İstasyonu 1970-2010 dönemi yıllık yağış ve yıllık ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

### 5.3.2 Yeraltı Suyu Dinamiği

#### 5.3.2.1 Yeraltı Suyu Seviye Değişimleri

Halkapınar-Çamdibi kuyularına ait rasat-gözlem kuyusu bulunmadığından son on yıla ait düzenli olarak yeraltı suyu seviye ölçümleri elde edilememiştir. Ancak mevcut kuyulardan düzensiz aralıklarla seviyeler ölçülmüştür. İZSU işletme birimlerinden elde edilen 2000-09 dönemi Halkapınar 14 nolu kuyunun düzensiz ölçülmüş aylara ait yeraltı su seviyesi ile İzmir Meteoroloji İstasyonu yağış değerleri Şekil 5.18'de karşılaştırılmıştır.

2001 ve 2008 yıllarında yeraltı suyu en düşük seviyelerine inerken 2009 yağışlarıyla su seviyesinde tekrar yükselme görülmektedir. Kuyu seviyesiyle yağış arasındaki ilişki var olduğu göstermektedir. Ancak su üretim miktarları da göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 5.18 İzmir Meteoroloji İstasyonu 2000-2009 dönemi aylık ortalama yağış (mm) ve Halkapınar 14. kuyu seviye grafiği

İZSU tarafından 2010 yılında hazırlanan Halkapınar Kaynakları Ocak-Nisan 2010 dönemi hidrolojik değerlendirme raporu'nda İzmir Meteoroloji İstasyonu 1975-2008 arasındaki 34 yıllık yağış gözlemlerinin ortalama değerleri ile 2008, 2009 ve 2010 yılının ilk 3 ayındaki yağışlar Tablo 5.42'de kıyaslanmıştır. Tablodan da görüleceği gibi 2008 yılı çok kurak, 2009 ve 2010 yılları da çok sulak geçmiştir. Ortalama yağışlar ile diğer yılların ilk 3 ayı kıyaslandığında 2008 yılında ortalama yağışın %35'i, 2009 yılında %190'ı, 2010 yılında da %160'ı oranında bir yağış düşmüştür. 2009 ve 2010 kış ayları çok yüksek bir oranla yağışlı aylar olmuştur (Atış, 2010).

2009 yılında ortalamanın % 159'u oranında fazla yağış alan Halkapınar kaynaklarının drenaj alanında yağışların 2010 yılında da (ilk 3 ay için %160) yüksek düzeyde devam etmesi kaynakları besleyen karstik akiferin tamamen dolmasına neden olmuştur. Akiferden derin kuyularla İzmir kentine içme suyu vermek üzere yapılan çekimlerden daha fazla bir beslenme söz konusu olduğundan, (Şekil 5.19) kaynakların geçmişte yüzeye çıktığı göl içinde ve yakın çevresinde yeniden boşalmalar görülmüş ve bu boşalmaların etkisiyle tarihi Halkapınar gölü geçici olarak tekrar oluşmuştur (Atış, 2010).

Tablo 5.42 İzmir Meteoroloji İstasyonu aylık ortalama yağışlarının yıllara göre karşılaştırılması ( Halkapınar göl alanı yer altı su seviyesinin yağışlara göre değişiminin tespiti)(Atış,2010).

AYLAR	1975-08 ortalama yağış (mm)	2008 yılı yağış (mm)	2009 yılı yağış mm	2010 yılı yağış (mm)
Ocak	118,7	30,1	204,1	142,3
Şubat	89,7	9	165,2	301,3
Mart	78,5	60	175,7	16,1
Nisan	47,8	62,3	83,8	-
Mayıs	25,9	4,9	44,3	-
Haziran	6,6	0,4	8,4	-
Temmuz	2,5	0	9,2	-
Ağustos	1,6	0	0	-
Eylül	18,6	55	51,2	-
Ekim	44	12	26,3	-
Kasım	111,3	92,6	160,3	-
Aralık	133,9	101	151,8	-
<b>YILLIK TOPLAM</b>	<b>679,1</b>	<b>427,3</b>	<b>1080,3</b>	-
%	%100	%63	%159	-
<b>Ocak+Şubat+Mart</b>	<b>286,9</b>	<b>99,1</b>	<b>545</b>	<b>459,7</b>
Ocak+Şubat+Mart %	%100	%35	%190	%160



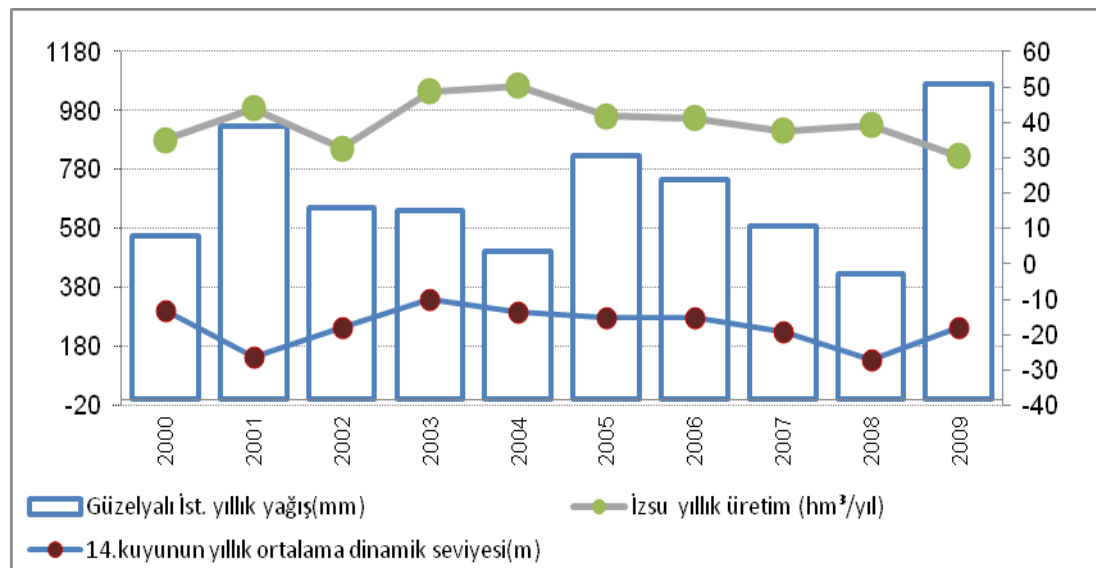
Şekil 5.19 Halkapınar gölünün 11 Mart 2010 tarihli görünümü (Atış, 2010)

### 5.3.2.2 Yeraltı Suyu Üretim Debileri

2000-09 yılları arası yağış-üretim ve rasat seviyeleri değerleri Tablo 5.43'de ve grafiği Şekil 5.20'de verilmiştir. 2001 yılında yağış 928,5 mm, üretim miktarı 43,87 hm<sup>3</sup>/yıl iken 14. kuyu seviyesi -26,11 m olmuştur. 2009 yılında yağış 1071,9 mm, üretim miktarı 30,36 hm<sup>3</sup>/yıl iken 14.kuyu seviyesi -17,93 m'dir. 2001 ve 2009 yıllarının yağış miktarları yakın olmasına rağmen 2009 yılındaki üretimin yaklaşık 13 hm<sup>3</sup>/yıl az olması su seviyesinde 8 m yükselmeye neden olmuştur. Tabiki burada bir önceki yılın rezerv miktarlarının da bir sonraki yıl açısından etkisi olduğu görülmektedir.

Tablo 5.43 Halkapınar kuyularına ait 2001-2009 dönemi üretim-seviye –yağış değerleri

Yıl	İzmir DMİ (17220) yıllık yağış (mm)	İZSU yıllık üretim (hm <sup>3</sup> /yıl)	14.kuyunun yıllık ortalama dinamik seviyesi (m)
2000	554,0	35,02	-13,22
2001	928,5	43,87	-26,11
2002	650,4	32,72	-17,88
2003	642,3	48,63	-10,11
2004	503,6	50,28	-13,35
2005	829,0	41,79	-15,0
2006	745,3	41,12	-15,13
2007	586,8	37,67	-18,90
2008	427,3	39,23	-27,16
2009	1071,9	30,36	-17,93
<b>ORTALAMA</b>	<b>693,91</b>	<b>40,069</b>	<b>-17,479</b>



Şekil 5.20 Halkapınar-Çamdibi kuyularına ait 2000-2009 dönemi üretim-seviye –yağış ilişkisi

### 5.3.3 Su Bilançosu

#### 5.3.3.1 Yeraltı Suyu İşletme Rezervi

Halkapınar-Çamdibi kuyularının bulunduğu İzmir kent merkezinin doğusunda yer alan Bornova ovasındaki yeraltı suyunu besleyen drenaj alanı toplam olarak 215 km<sup>2</sup> genişliğindedir. Bu alanın 175 km<sup>2</sup>'si kretase yaşlı kireçtaşı formasyonları ile kaplanmıştır. Kretase kireçtaşları ovanın güneyinde ve güneydoğusunda bulunan Halkapınar, Pınarbaşı ve diğer küçük kaynakların asıl beslenme ortamlarından biridir. Bornova Ovasını besleyen akiferler karstik, basınçlı ve alüvyon akifer özelliği göstermektedir. Ancak kuyuların bulunduğu alan karstik ve basınçlı akiferden beslenmektedir. Kaynakların yağıştan beslenme oranı ortalama bir değer olarak % 40 civarındadır. Kaynakların Bornova Ovası drenaj alanı dışına da uzanan bir beslenme alanı bulunmakla birlikte bu konuda herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Ovada bulunan kayalar jeolojik yaşlarına, fiziki karakteristiklerine ve yeraltı suyunun oluşum ve hareketindeki etkisine göre iki grupta değerlendirilmiştir (DSİ, 1971). İlki Bornova ovasının toplu olarak ana kaya olarak isimlendirilen kretase, neojen ve tersiyer yaşlı konsolide kayalar olup ovanın etrafındaki dağlarda mostra verirler ve ovanın altında bir taban teşkil ederler.

Diğeri Kuvaterner yaşlı konsolide olmamış formasyonlar, ana kaya formasyonlarının üstüne gelen ve ovanın yüzeyini teşkil eden bu pekişmemiş alüvyal depozitler, kuyuların çoğuna su teşkil eden A ve B olarak adlandırılan akiferlerden oluşmaktadır. Yeraltı suyu bakımından büyük öneme sahip A ve B alüvyal akiferinde yer altı suyunun hareketi tesviye eğrilerine dik ve İzmir körfezine yani Batıya doğrudur. Su, beslenme sahalarından deşarj sahalarına doğru hareket eder. Ovanın doğusunda yeraltı suyu genellikle geçirimlidir yani serbest su tablası teşkil eder. Fakat Batı'da iki geçirimsiz zon arasında geçirimsiz hale gelir ve artezyen basıncı altında bulunur. Artezyen basıncının yüksek olduğu yerlerde, bazı kuyular zeminin üstünden akarlar. Gerek serbest su kotu ve gerek artezyen suyunun piezometrik basıncı, yağıştaki normal senelik dalgalanmaya ve beslenme ve deşarjdaki uzun süreli değişikliklere bağlı olarak değişmektedir.

Halkapınar-Çamdibi kuyuları için düzenli veriye sahip 2001-2009 yılları arası işletme rezerv hesabı yapılmıştır. Yayılım alanı 175 km<sup>2</sup> ve süzülme oranı % 40 (DSİ, 1971) alınmıştır. Bölgeyi temsil eden İzmir Meteoroloji İstasyonu yağış verileri (Bölüm üç Tablo 3.9) havzanın yayılım alanı ve süzülme oranlarıyla (Tablo 5.44) çarpılarak her aya dolayısıyla da her yıla ait beslenme miktarları bulunmuştur (Tablo 5.45). Beslenme miktarlarından Halkapınar-Çamdibi kuyularının üretim miktarları çıkarılarak eklenik rezerv, yıllık rezerv miktarları hesaplanmıştır (Tablo 5.46). Ayrıca her aya ait eklenik rezerv miktarları da Tablo 5.47’de gösterilmektedir.

Bu duruma göre Halkapınar-Çamdibi kuyuları için 2001-2009 yılları arası ortalama beslenme miktarı 48,25 hm<sup>3</sup>/yıl, boşalma miktarı 40,72 hm<sup>3</sup>/yıl, toplam ortalama rezerv miktarı 31,71 hm<sup>3</sup>/yıl, yıllık rezerv miktarı ortalaması 16,61 hm<sup>3</sup>/yıl olarak bulunmuştur.

Tablo 5.44 Bornova Ovası yayılım alanı ve süzülme oranı (DSİ, 1971)

<b>Süzülme yüzdesi %</b>	0,4
<b>Yayılım alanı</b>	175000000 m <sup>2</sup>
<b>Süzülen alan</b>	70000000 m <sup>2</sup>

Tablo 5.45 Halkapınar-Çamdibi kuyuları İzmir Meteoroloji İstasyonu yağış gözlemlerinin yeraltına süzülen (beslenme) miktarları (hm<sup>3</sup>/ay)

<b>YILAR</b>	<b>Ekim</b>	<b>Kasım</b>	<b>Aralık</b>	<b>Ocak</b>	<b>Şubat</b>	<b>Mart</b>	<b>Nisan</b>	<b>Mayıs</b>	<b>Haziran</b>	<b>Temmuz</b>	<b>Ağustos</b>	<b>Eylül</b>	<b>Toplam Beslenme hm<sup>3</sup>/yıl</b>
2001	6,41	7,55	2,49	6,36	7,60	1,12	4,61	1,28	1,19	0	2,44	1,61	42,7
2002	0	19,85	18,89	2,47	2,39	6,34	3,53	0,71	0	0,154	0	4,627	58,99
2003	6,05	8,84	10,38	7,18	14,07	1,77	7,31	0,72	0,007	0	0	0	56,35
2004	4,65	1,09	8,14	15,99	1,95	1,49	2,12	0,79	0,25	0,084	0	0	36,58
2005	0,11	7	5,43	8,68	20,11	6,33	1,21	2,50	1,47	0	0,014	0,46	53,35
2006	1,59	10,91	4,72	5,42	6,53	12,66	2,05	0,01	0,7	0	0	11,70	56,33
2007	8,01	4,41	0,88	2,31	1,58	2,07	1,35	3,08	0,02	0	0	0	23,75
2008	7,53	9,21	8,31	2,10	0,63	4,2	4,31	0,34	0,028	0	0	3,85	40,53
2009	0,84	6,48	7,07	14,28	11,56	12,29	5,86	3,10	0,58	0	0	3,58	65,68

Tablo 5.46 İZSU tarafından Halkapınar-Çamdibi kuyularından aylık üretilen su (hm<sup>3</sup>/ay) ve rezerv miktarları (hm<sup>3</sup>/yıl) (Kaynak:İZSU arşivi)

Yıllar	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam Üretim (hm <sup>3</sup> /yıl)	Yıllık Rezerv hm <sup>3</sup> /yıl	Eklenik Rezerv hm <sup>3</sup> /yıl
2001	3,191	3,031	3,975	4,144	3,339	3,574	3,671	3,715	3,795	3,992	3,940	3,733	44,10	-1.401	- 1,40
2002	3,399	3,199	3,385	2,854	2,534	2,774	2,615	2,873	2,658	2,550	2,997	2,906	34,74	24.250	22,85
2003	2,632	2,488	2,837	3,132	3,696	4,482	4,229	4,298	4,107	4,272	4,127	4,062	44,36	11.995	34,84
2004	4,112	3,815	4,301	4,306	4,244	4,971	4,481	4,431	4,397	4,535	4,253	3,918	51,76	-15.182	19,66
2005	4,041	3,314	3,387	4,056	3,271	3,588	3,367	3,241	3,653	4,284	4,218	3,196	43,61	9.738	29,40
2006	2,858	2,485	3,571	3,940	3,484	3,473	3,419	3,802	3,281	3,428	3,301	2,673	39,71	16.620	46,02
2007	2,864	3,108	2,760	3,235	2,857	3,548	3,459	3,354	3,133	3,540	3,514	2,899	38,27	-14.513	31,51
2008	2,805	2,593	2,733	2,999	2,883	2,987	2,237	3,055	3,604	3,916	3,635	3,784	37,23	3.304	34,81
2009	3,674	3,470	2,989	2,957	2,233	2,495	2,221	2,278	2,535	2,691	2,766	2,469	32,77	32.902	67,71

Tablo 5.47 Hallkapınar –Çamdibi kuyuları aylık eklenik su potansiyeli (hm<sup>3</sup>/ay)

YILLAR	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
2001	3,221	7,743	6,259	8,479	12,748	10,294	11,236	8,809	6,212	2,219	0,723	-1,401
2002	-4,800	11,860	27,367	26,985	26,845	30,420	31,340	29,181	26,523	24,126	21,129	22,849
2003	26,272	32,632	40,176	44,233	54,608	51,896	54,982	51,406	47,305	43,034	38,907	34,845
2004	35,387	32,665	36,505	48,194	45,903	42,423	40,062	36,422	32,284	27,833	23,580	19,662
2005	15,741	19,427	21,479	26,103	42,950	45,697	43,541	42,805	40,622	36,338	32,134	29,400
2006	28,138	36,566	37,720	39,205	42,259	51,448	50,087	46,300	43,719	40,290	36,989	46,020
2007	51,171	52,480	50,609	49,691	48,416	46,947	44,839	44,572	41,460	37,920	34,406	31,507
2008	36,241	42,859	48,443	47,550	45,297	46,510	48,585	45,873	42,297	38,381	34,745	34,811
2009	31,977	34,989	39,070	50,400	59,731	69,536	73,180	74,003	72,055	69,364	66,598	67,713

### 5.3.3.2 Thornthwaite Yöntemiyle Su Bilançosu

Halkapınar-Çamdibi Kaynağı için Thornthwaite yöntemine göre (Thornthwaite, 1948), yeraltı suyu kullanabilir su bilançosu İzmir DMI'nin yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak ortalama yıllık Etp 854,54 mm, Etr 362,07 mm olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.48). İzmir Meteoroloji İstasyonundan alınan (1970-2006) ölçümlere göre 680,88 mm ortalama yağış miktarı elde edilmiştir. Halkapınar kaynağı için 175 km<sup>2</sup> lik beslenme alanı dikkate alındığında beslenme alanına düşen yağış miktarı 119,0 hm<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplanmıştır.

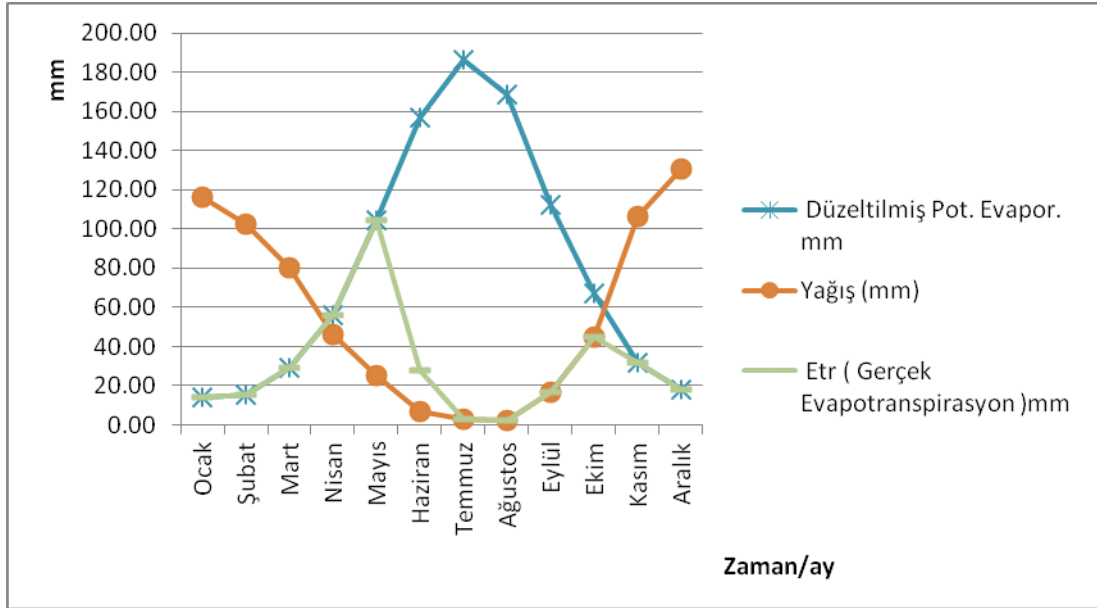
Thornthwaite yönteminde hesaplanan ortalama gerçek buharlaşma (Etr) 362,07 mm olarak hesaplanmıştır ve beslenme alanı için bu miktar 63,36 hm<sup>3</sup>/yıl' dır. Beslenme alanı için boşalım ve beslenme miktarları eşit kabul edilmesi halinde, beslenme – boşalım arasındaki fark 55,64 hm<sup>3</sup>/yıl olarak bulunmaktadır. Ölçümlerde ve hesap hatalarından doğacak hatalardan dolayı emniyetli kullanılacak su miktarı olarak beslenme ve boşalma farkı % 60 alınarak Halkapınar kaynakları için emniyetli kullanılacak su miktarı 33,38 hm<sup>3</sup>/yıl bulunmuştur.



Tablo 5.48 İzmir Meteoroloji İstasyonu yağış değerleri ile hazırlanan Thornthwaite buharlaşma- terleme bilançosu

<b>Aylar</b>	<b>Ocak</b>	<b>Şubat</b>	<b>Mart</b>	<b>Nisan</b>	<b>Mayıs</b>	<b>Haziran</b>	<b>Temmuz</b>	<b>Ağustos</b>	<b>Eylül</b>	<b>Ekim</b>	<b>Kasım</b>	<b>Aralık</b>	<b>Yıllık Toplam</b>
Aylık Sıcaklık (T°C)	8,78	9,26	11,68	15,88	20,82	25,66	27,97	27,44	23,58	18,77	13,61	10,14	<b>17,80</b>
Aylık Isı İndisi (i)	2,34	2,54	3,61	5,75	8,67	11,90	13,55	13,17	10,47	7,41	4,55	2,92	<b>86,88</b>
Etp (Potansiyel-Evapotranspirasyon) mm	16,32	18,09	28,16	50,64	84,90	126,65	149,24	143,89	107,76	69,70	37,69	21,49	<b>854,54</b>
Enlem Düzeltme Katsayısı (38, enlem için)	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83	
Düzeltilmiş Pot, Evapor, mm	13,87	15,20	29,01	55,70	104,43	157,05	186,55	168,35	112,07	66,91	31,66	17,83	<b>958,64</b>
Yağış (mm)	116,11	102,55	80,26	46,26	25,30	7,14	2,74	2,11	16,46	45,06	106,54	130,69	<b>680,88</b>
ilave su(mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	79,13	149,92	183,81	166,24	95,61	21,86	0,00	0,00	
Zemin Rezervi (mm)	<b>100,00</b>	100,00	100,00	100,00	20,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	74,88	100,00	
Etr ( Gerçek Evapotranspirasyon )mm	13,87	15,20	29,01	55,70	104,43	28,00	2,74	2,11	16,46	45,06	31,66	17,83	<b>362,07</b>
Su Fazlası (mm)	102,24	87,36	51,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	112,86	<b>353,71</b>
Su Noksanı (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	129,05	183,81	166,24	95,61	21,86	0,00	0,00	<b>596,56</b>

Halkapınar Kaynakları için Thornthwaite (1948)'e göre ortalama değerler kullanılarak çizilen yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiğinde (Şekil 5.21), su fazlasının yıllık toplamı 353,71 mm, Haziran-Ekim ayları arasında gerçekleşen su noksanı 596,56 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 59,29 sini oluşturmaktadır.



Şekil 5.21 İzmir Meteoroloji İstasyonu Thornthwaite yöntemi ortalama yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği

## 5.4 Menemen-Çavuşköy Kuyuları

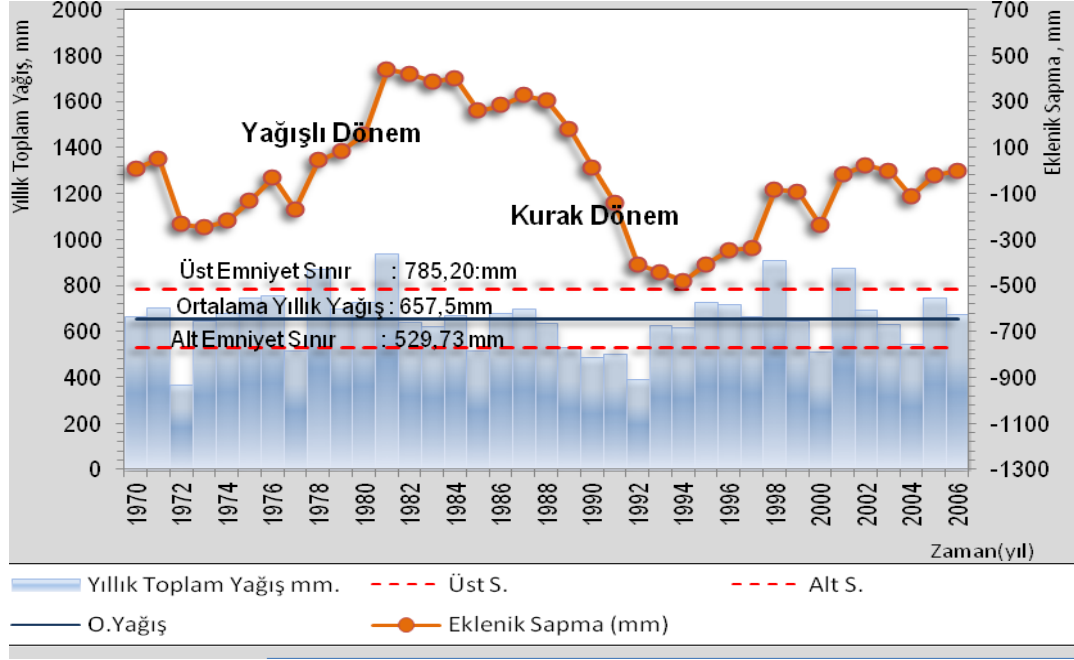
### 5.4.1 Yağış

Menemen - Çavuşköy kuyuları için Manisa, Seferihisar ve İzmir Meteoroloji İstasyonları yağış gözlemlerinin (Bölüm üç Tablo 3.6, 3.9 ve 3.12) aritmetik ortalaması alınarak 1970-2006 dönemi yağış ve sıcaklık ölçümlerinden yıllık ortalama yağış 657,5 mm, yıllık ortalama sıcaklık ise 17,8 °C olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam yağış değerlerinden ortalama yıllık toplam yağış çıkarılarak eklenik sapma değerleri hesaplanmış olup, Tablo 5.49'da verilmiştir.

Tablo 5.49 Ortalama yağış gözlemlerinin 1970-2006 dönemi yıllık yağış ve yıllık yağıştan eklenik sapma değerleri

<b>Manisa, Seferihisar İzmir Ortalama</b>	<b>YILLIK</b>	<b>Sapma (mm) (<math>\Delta P_i = P_i -</math> Portalama)</b>	<b>Eklenik Sapma (mm) (<math>\Delta P_i</math>, eklenik=<math>\Delta P_i - 1</math>, eklenik + <math>\Delta P_i</math>)</b>
<b>1970</b>	665,4	7,9	7,9
<b>1971</b>	702,5	45,0	53,0
<b>1972</b>	371,0	-286,5	-233,5
<b>1973</b>	647,0	-10,4	-243,9
<b>1974</b>	682,3	24,8	-219,1
<b>1975</b>	746,5	89,0	-130,1
<b>1976</b>	757,7	100,2	-29,9
<b>1977</b>	518,3	-139,1	-169,0
<b>1978</b>	870,9	213,4	44,4
<b>1979</b>	700,2	42,8	87,2
<b>1980</b>	727,5	70,0	157,2
<b>1981</b>	940,9	283,5	440,6
<b>1982</b>	639,7	-17,8	422,8
<b>1983</b>	621,0	-36,5	386,3
<b>1984</b>	671,5	14,0	400,3
<b>1985</b>	517,3	-140,2	260,1
<b>1986</b>	682,0	24,6	284,7
<b>1987</b>	700,0	42,6	327,3
<b>1988</b>	635,1	-22,4	304,9
<b>1989</b>	533,2	-124,2	180,7
<b>1990</b>	489,8	-167,7	13,0
<b>1991</b>	502,8	-154,7	-141,7
<b>1992</b>	391,0	-266,5	-408,2
<b>1993</b>	625,5	-32,0	-440,2
<b>1994</b>	617,2	-40,2	-480,4
<b>1995</b>	730,6	73,1	-407,3
<b>1996</b>	720,2	62,8	-344,5
<b>1997</b>	666,4	8,9	-335,6
<b>1998</b>	912,0	254,5	-81,1
<b>1999</b>	646,4	-11,0	-92,1
<b>2000</b>	513,8	-143,6	-235,7
<b>2001</b>	879,2	221,7	-14,0
<b>2002</b>	696,5	39,0	25,0
<b>2003</b>	633,2	-24,3	0,7
<b>2004</b>	547,1	-110,4	-109,7
<b>2005</b>	748,5	91,1	-18,7
<b>2006</b>	676,1	18,7	0,0
<b><math>P_{ortalama}</math> (mm)</b>	657,5	<b>Değişim katsayısı (<math>C_v</math>)</b>	0,194287452
<b>Standart Sapma (<math>\sigma</math>)</b>		127,73	
<b>Alt emniyet sınırı (<math>P_{ortalama} - \sigma</math>), mm</b>	529,7	<b>Üst emniyet sınırı (<math>P_{ortalama} + \sigma</math>), mm</b>	785,2

Menemen Ovası için 26 ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma grafiğine (Şekil 5.22) göre 1976-1982 yılları arası yağışlı dönem 1982-1988 yılları arası kararlı dönem, 1989-1994 yılları arası kurak dönem olarak görülmektedir.

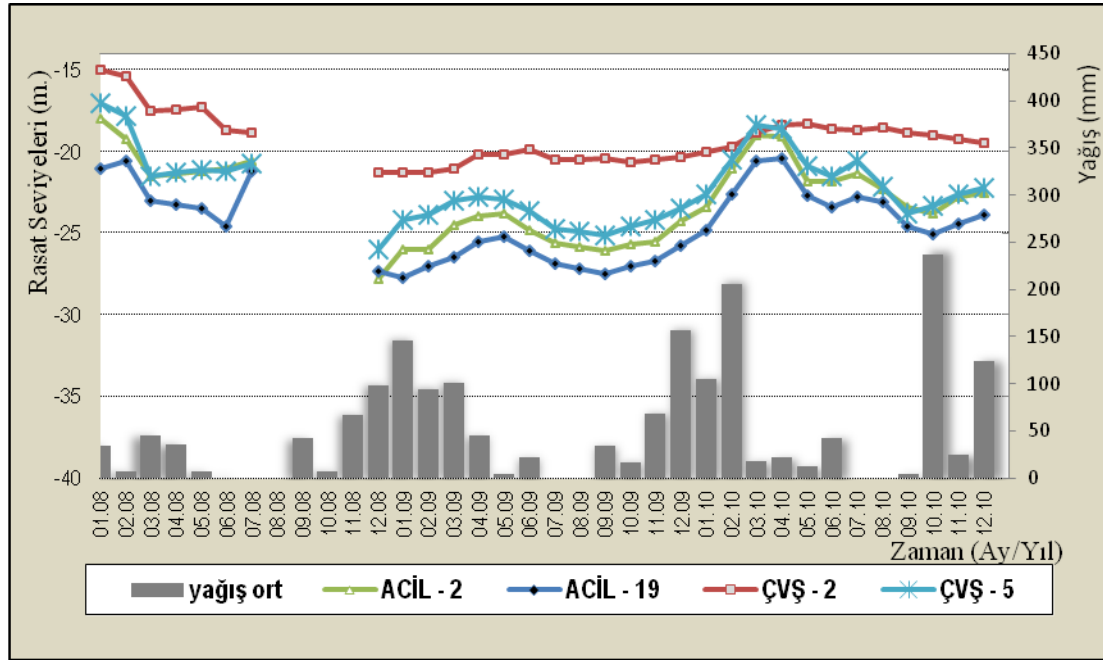


Şekil 5.22 Menemen-Çavuşköy kuyuları için 1970-2006 dönemi yıllık yağış ve yıllık ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

## 5.4.2 Yeraltı Suyu Dinamiği

### 5.4.2.1 Yeraltı Suyu Seviye Değişimleri

Menemen-Çavuşköy kuyularının yağış ve yeraltı su seviye ilişkisini irdeleyebilmek amacıyla uzun süreli yağış, kuyu su seviye ölçümleri ve üretim değerlerine ihtiyaç duyulmuştur. Ancak günümüze kadar süren uzun süreli rasat kuyusu seviye ölçümleri elde edilememiştir. İZSU'dan alınan bilgiye göre 2008 yılından itibaren kuyu ölçümleri yapıldığı ve 2000-2009 yılları arasında da su üretim değerleri kayıtları tutulduğu öğrenilmiştir. Ortalama yağış gözlemleri ile 2008-2010 yılları arası rasat kuyusu seviyeleri Şekil 5.23' de kıyaslanmıştır.



Şekil 5.23 Ortalama yağış (İzmir-Manisa-Seferihisar) istasyonu 2008-2010 dönemi aylık ortalama yağış (mm) ve Menemen-Çavuşköy rasat kuyuları seviye grafiği

Menemen-Çavuşköy kuyuları için 2008-09 yıllarına ait aylardaki üretim, yağış ve rasat kuyu seviye değerleri verilmiştir. Sağlıklı bir sonuca varabilmek için daha uzun süreli rasat su seviyelerine ihtiyaç vardır. Menemen-Çavuşköy kuyularından 2008-09 yılında kente su temini için üretilen aylık ve yıllık su üretimlerinde çok farklılık göstermediğinden Şekil 5.23'e göre yağış ve rasat kuyuları seviyeleri kıyaslandığında rasat seviyeleri ile yağışın gecikmeli olarak irtibatlı olduğu görülmektedir (ağustos-kasım 2008 arası ayların rasat kuyu seviyeleri ölçülmemiştir).

İzmir Şehri İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temin ve Dağıtımı Kat'i Proje Revizyonu Raporu'nda 1966-1986 yılları arası DSİ tarafından sürekli yeraltı suyu seviye gözlemleri sürdürüldüğü ve yeraltı suyu seviyesinin en yüksek olduğu ayların Nisan-Mayıs, en düşük olduğu aylar da Ekim-Kasım ayları olduğu belirtilmiştir. Rapor'a göre özel gözlem kuyusu olarak kullanılan 19204-A (MK5) kuyusunda ovada yeraltı suyu işletmesine geçmeden önce kaydedilen en yüksek su kotu Nisan-1975'de 8,20 m, 2825 no' lu kuyuda 6,80 m olarak ölçülmüştür. En düşük kot ise 19204-A nolu kuyuda eylül 1975 de 5,95 m, 2825 nolu kuyuda ağustos 1975 de

4,65 m ölçülmüştür. 1975 eylül ayından itibaren kuyular kısmen işletmeye açılmıştır. İşletme süresince yeraltı suyunda düşüm başlamış ve 1979 yılından itibaren, yeraltı suyu yeni seviyesine normal mevsimsel dalgalanmalara geçtiği ifade edilmiştir.

İZSU 'dan temin edilen bilgilere göre dört gözlem kuyusundaki su seviyesi Ocak-2008 yılında Acil-2 kuyuda 18 m, ÇVŞ-2 kuyusunda en düşük değer 15 m, Aralık-2008 yılında Acil-2 kuyusunda en yüksek değer 27,8 m ÇVŞ-2 kuyusunda 26 m ölçülmüştür. Bu duruma göre 1975 yılından bu yana yeraltı su seviyelerinde en yüksek ölçülen değerlerde yaklaşık 20 m kadar, en düşük ölçülen seviyelerde yaklaşık 10 m civarında yeraltı su seviyesinde düşme meydana gelmiştir.

Bu durum Menemen Ovasından işletme kuyuları ve civar kuyulardan çekilen su miktarının beslenme miktarından daha fazla olduğundan sürekli düşüme neden olduğunu göstermektedir. Aşırı çekim aynı zamanda ovanın denizle bağlantılı olan kısmında deniz suyunun yeraltı sularına girişimine neden olmakta ve bu girişim yeraltı suyunda tuzlanmayı hızlandırmaktadır.

#### 5.4.2.2 Yeraltı Suyu Üretim Debileri

Menemen-Çavuşköy kuyularından üretilen su miktarları 2000-09 yılları arası Tablo 5.50'de verilmiştir. 2000 yılında 23,89 hm<sup>3</sup>/yıl üretilen su miktarı 2007 yılına kadar her sene üretilen miktarda azalma olmuş ve 2007 yılında 10,52 hm<sup>3</sup>/yıl su üretilmiştir. 2008 ve 2009 yıllarında ise tekrar üretim miktarlarında artış olmuş ve 2009 senesinde 17,78 hm<sup>3</sup>/yıl su üretilmiştir. 2000-09 yılı ortalama 15,3 hm<sup>3</sup>/yıl üretim yapılmıştır.

Tablo 5.50 Menemen-Çavuşköy kuyularının 2000-2009 yıllarına ait üretilen su miktarları (İzsu arşivi)

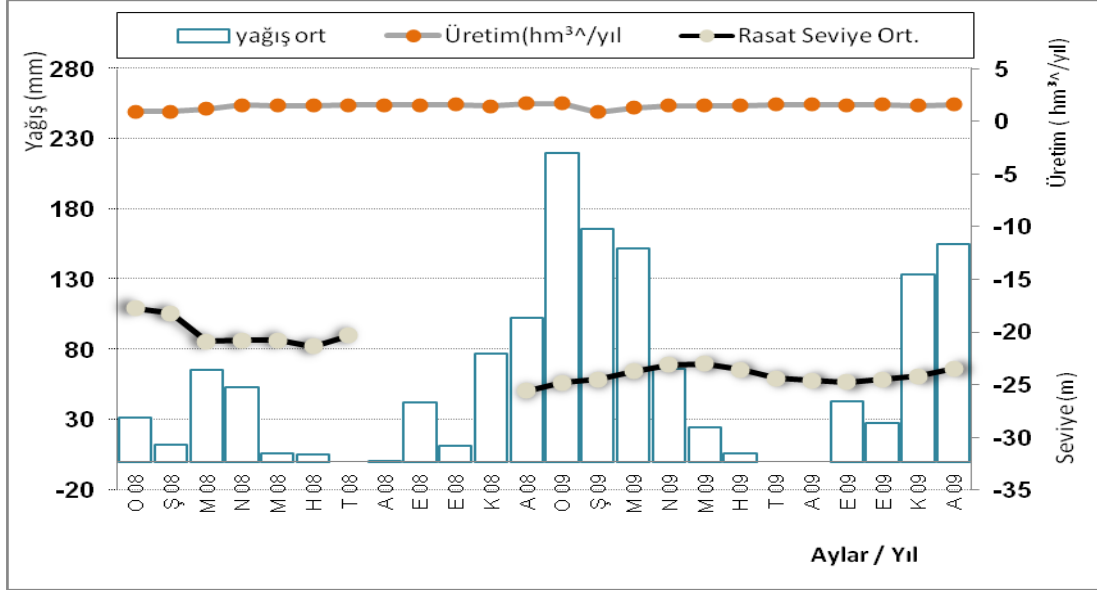
Yıl	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Üretilen su hm <sup>3</sup> /yıl	23,89	19,87	19,29	14,9	9,68	10,29	9,74	10,52	16,99	17,78
Ortalama hm <sup>3</sup> /yıl	15,3									

Menemen-Çavuşköy kuyularının 2008-2009 yıllarına ait aylardaki üretim, yağış ve rasat kuyu seviye değerleri Tablo 5.51’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.51 Menemen-Çavuşköy kuyularının 2008-2009 yıllarına ait aylardaki üretim, yağış ve rasat kuyu seviye değerleri (Kaynak:İZSU arşivi)

Yıl	Ay	Ortalama yağış mm	Üretim debisi (hm <sup>3</sup> /yıl)	Acil-2 (m)	Acil-19 (m)	ÇVŞ-2 (m)	ÇVŞ-5 (m)	Rasat ort.seviye (m)
2008	Ocak	31,9	0,95	-18	-21	-15	-17	-17,75
	Şubat	12,0	0,91	-19,2	-20,6	-15,4	-17,8	-18,25
	Mart	65,5	1,21	-21,5	-23	-17,5	-21,5	-20,87
	Nisan	52,8	1,55	-21,35	-23,25	-17,4	-21,3	-20,82
	Mayıs	6,1	1,50	-21,2	-23,5	-17,3	-21,1	-20,77
	Haziran	5,5	1,48	-21	-24,6	-18,7	-21,2	-21,37
	Temmuz	0,0	1,56	-20,6	-21,2	-18,8	-20,7	-20,32
	Ağustos	0,1	1,53	-	-	-	-	
	Eylül	42,1	1,54	-	-	-	-	
	Ekim	11,2	1,61	-	-	-	-	
	Kasım	76,9	1,46	-	-	-	-	
	Aralık	102,6	1,72	-27,8	-27,3	-21,3	-26	-25,6
2009	Ocak	219,8	1,72	-26	-27,7	-21,3	-24,2	-24,8
	Şubat	166,2	0,90	-26	-27	-21,25	-23,9	-24,53
	Mart	151,8	1,31	-24,5	-26,5	-21	-23	-23,75
	Nisan	66,4	1,47	-23,95	-25,5	-20,2	-22,8	-23,11
	Mayıs	24,4	1,49	-23,8	-25,2	-20,15	-22,95	-23,02
	Haziran	5,8	1,48	-24,8	-26,05	-19,85	-23,6	-23,57
	Temmuz	0,0	1,61	-25,6	-26,85	-20,5	-24,7	-24,41
	Eylül	0,0	1,60	-25,825	-27,175	-20,45	-24,9	-24,58
	Ekim	43,1	1,56	-26,05	-27,5	-20,4	-25,1	-24,76
	Kasım	27,7	1,60	-25,7	-27	-20,65	-24,6	-24,48
	Aralık	133,6	1,48	-25,5	-26,7	-20,45	-24,15	-24,2

Şekil 5.24’deki grafikte 2008-2009 yıllarında üretim değerleri çok farklı olmamasına rağmen seviyelerde düşüş görülmektedir.



Şekil 5.24 Menemen –Çavuşköy kuyuları 2008-09 yıllarındaki aylara ait üretim-rasat seviyesi-yağış ilişkisi

### 5.4.3 Su Bilançosu

#### 5.4.3.1 Yeraltı Suyu İşletme Rezervi

Menemen-Çavuşköy kuyularının bulunduğu havza Gediz Nehri yatağı boyunca bulunan alüvyon çökelleri içerisinde yer almaktadır. Gediz Nehrinin getirmiş olduğu, oldukça geniş alanlarda (yaklaşık 250 km<sup>2</sup>) yayılım gösteren, Kuvaterner yaşlı (0,8-5 milyon yıl), kil, silt, kum, çakıl ve blok boyutunda malzemelerden oluşan serbest, alüvyon akifer özelliği göstermektedir. Alüvyon akifer bölgede önemli miktarda yeraltı suyu rezervine sahiptir (Kazanasmaz, 2008).

Menemen Ovasındaki yeraltı suyu beslenimi yağıştan, yüzeysel akıştan, Gediz Nehrinden, sulama suyu ve yer yer de deniz suyundan olmaktadır. Menemen Ovasının toplam drenaj alanı 450 km<sup>2</sup> dir (DSİ, 1973). Bunun 210 km<sup>2</sup> si dağlık kesim, 240 km<sup>2</sup> lik ovalık kesimi alüvyon oluşturmaktadır. Ancak 1/3 oranındaki kısmın yüzeyi silt ve killi silt ile kaplı olduğundan bu alanlardan beslenme olmamaktadır.



Yapılan yüzey jeolojisi çalışmaları alüvyonun litolojik özelliği açılmış sığ ve sondaj kuyularında geçilen formasyonlar ve topoğrafik durum dikkate alındığında yağışın % 20'sinin yeraltına süzölebileceği kabul edilmektedir (Ateşli, 2002).

Yapılan hesaplarda alüvyon akifer yaklaşık 160 km<sup>2</sup>, dağlık kesim 210 km<sup>2</sup> ve süzölme oranı 0,2 olarak kabul edilmiştir. Menemen-Çavuşköy kuyuları için hesaplanan yağış değerleri İzmir-Manisa-Seferihisar Meteoroloji İstasyonlarının aritmetik ortalaması rezerv hesabı yapılan 2002-2009 yılları için Tablo 5.52'de verilmiştir. Havzanın yayılım alanı ve süzölme oranlarıyla (Tablo 5.53) çarpılarak her aya dolayısıyla da her yıla ait beslenme miktarları bulunmuştur (Tablo 5.54). Elde edilen beslenme miktarlarından Menemen-Çavuşköy kuyularının üretim miktarları çıkarılarak eklenik rezerv, yıllık rezerv miktarları hesaplanmıştır (Tablo 5.55). Ayrıca her aya ait eklenik rezerv miktarları da Tablo 5.56'da gösterilmektedir.

Bu durumda 2002-2009 dönemi ortalama beslenme miktarı 20,72 hm<sup>3</sup>/yıl, boşalma miktarı 13,67 hm<sup>3</sup>/yıl, eklenik toplam ortalama rezerv miktarı 30,52 hm<sup>3</sup>/yıl, yıllık rezerv miktarı ortalaması 7,05 hm<sup>3</sup>/yıl olarak bulunmuştur.

Menemen Ovası için yapılan beslenme hesabında, alüvyondan beslenme 16,8 hm<sup>3</sup>/yıl alınarak, akıştan, sulama suyundan, Gediz Nehrinden ve deniz suyundan olan beslenimler dikkate alındığında toplam 49,7 hm<sup>3</sup>/yıl bulunmuştur. Boşalım hesabında ise 2002 yılı kuyu üretim değeri 20 hm<sup>3</sup>/yıl alınarak, sulama birliği, civar köylerdeki kuyular, TPAO Aliğa rafinerisindeki kuyularda alınan su miktarları da dikkate alınarak toplam 50,5 hm<sup>3</sup>/yıl bulunmuştur (Ateşli, 2002). Boşalımın beslenimden fazla olması emniyetli verimin aşılması dinamik rezervin kullanıldığı ve aşırı üretimler nedeniyle seviyelerin düştüğü ve deniz suyu girişiminin nedenlerinden birini oluşturduğu söylenebilir (Ateşli, 2002).

Bu durumda kente su veren işletme kuyularından üretilen miktarın beslenme ve boşalım miktarları arasındaki önemini ortaya koymaktadır. 2002-09 yılları üretim miktarı ortalaması 13,67 hm<sup>3</sup>/yıl olmasına karşın beslenmenin az olduğu yıllarda ortalamanın üstünde üretim boşalımın daha fazla olmasına neden olacaktır.

Bu nedenle özellikle Menemen Ovasında boşalırna etki eden birçok faktör olduğundan kente su üretimi yapılırken bu ortalama değerin üstüne çıkılmaması gerekmektedir.

Tablo 5.52 Yağış istasyonlarının (İzmir –Manisa-Seferihisar) 2002-2009 dönemi aritmetik ortalama yağış gözlemleri (kg/m<sup>2</sup>)

YIL	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Toplam
2002	54,1	30,1	108,8	53,1	11,0	0,0	1,4	0,0	85,6	61,8	125,5	165,0	696,5
2003	103,1	183,7	29,7	91,8	11,3	1,8	0,2	0,0	2,2	66,5	14,1	128,8	633,2
2004	255,2	47,1	16,2	33,4	13,0	5,6	2,2	0,0	0,5	1,5	89,8	82,6	547,1
2005	96,4	236,1	81,3	22,7	32,5	28,3	4,1	6,0	7,0	11,5	146,0	76,5	748,5
2006	71,9	89,7	163,4	25,5	4,9	14,7	1,8	0,0	135,3	87,5	69,1	12,4	676,1
2007	33,2	24,0	29,0	19,6	45,4	9,0	0,0	0,0	0,0	113,5	97,9	106,3	477,8
2008	31,9	12,0	65,5	52,8	6,1	5,5	0,0	0,1	42,1	11,2	76,9	102,6	406,8
2009	219,8	166,2	151,8	66,4	24,4	5,8	0,0	0,0	43,1	27,7	133,6	155,2	994,1

Tablo 5.53 Menemen Ovası yayılım alanı ve süzölme oranı (Ateşli, 2002)

Süzölme yüzdesi %	20
Yayılım alanı	160000000 m <sup>2</sup>
Süzölün alan	32000000 m <sup>2</sup>

Tablo 5.54 Menemen-Çavuşköy kuyularının yağışın yeraltına süzölün miktarı (beslenme) hm<sup>3</sup>/ay

Yıl	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Toplam Beslenme hm <sup>3</sup> /yıl
02	1,73	0,96	3,48	1,70	0,35	0,00	0,05	0,00	2,74	1,98	4,02	5,28	22,29
03	3,30	5,88	0,95	2,94	0,36	0,06	0,01	0,00	0,07	2,13	0,45	4,12	20,26
04	8,17	1,51	0,52	1,07	0,42	0,18	0,07	0,00	0,02	0,05	2,87	2,64	17,51
05	3,09	7,56	2,60	0,73	1,04	0,91	0,13	0,19	0,22	0,37	4,67	2,45	23,95
06	2,30	2,87	5,23	0,81	0,16	0,47	0,06	0,00	4,33	2,80	2,21	0,40	21,64
07	1,06	0,77	0,93	0,63	1,45	0,29	0,00	0,00	0,00	3,63	3,13	3,40	15,29
08	1,02	0,39	2,10	1,69	0,20	0,17	0,00	0,00	1,35	0,36	2,46	3,28	13,02
09	7,03	5,32	4,86	2,12	0,78	0,19	0,00	0,00	1,38	0,89	4,27	4,97	31,81

Tablo 5.55 İZSU tarafından Menemen-Çavuşköy aylık üretilen su (hm<sup>3</sup>/ay) ve rezerv (hm<sup>3</sup>/yıl) miktarları (Kaynak:İZSU arşivi)

Yıllar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Toplam Üretim	Yıllık Rezerv	Toplam Rezerv
2002	2,11	1,57	1,55	1,35	1,54	1,49	1,56	1,59	1,52	1,54	1,73	1,75	19,30	2,99	2,99
2003	1,76	1,52	1,71	1,29	1,53	1,55	1,53	0,83	0,79	0,80	0,78	0,80	14,90	5,36	8,35
2004	0,80	0,75	0,80	0,78	0,81	0,76	0,85	0,85	0,82	0,85	0,78	0,84	9,69	7,82	16,16
2005	0,84	0,76	0,84	0,81	0,83	0,81	0,83	0,85	0,85	1,06	0,85	0,95	10,29	13,66	29,82
2006	0,92	0,82	0,84	0,78	0,79	0,76	0,84	0,81	0,79	0,81	0,79	0,83	9,75	11,89	41,71
2007	0,81	0,96	0,96	0,83	0,93	0,83	0,98	0,87	0,86	0,87	0,84	0,90	10,65	4,64	46,35
2008	0,95	0,91	1,21	1,55	1,50	1,48	1,56	1,53	1,54	1,61	1,46	1,72	16,99	-3,98	42,37
2009	1,72	0,90	1,31	1,47	1,49	1,48	1,61	1,60	1,56	1,60	1,48	1,58	17,78	14,03	56,40

Tablo 5.56 Menemen-Çavuşköy kuyularının aylık eklenik su potansiyeli (hm<sup>3</sup>/ay)

Yıllar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2002	-0,38	-0,99	0,94	1,29	0,11	-1,38	-2,89	-4,48	-3,26	-2,82	-0,54	2,99
2003	4,53	8,88	8,12	9,77	8,60	7,10	5,58	4,75	4,03	5,35	5,03	8,35
2004	15,71	16,46	16,18	16,47	16,08	15,49	14,71	13,86	13,06	12,26	14,36	16,16
2005	18,41	25,20	26,96	26,87	27,08	27,17	26,47	25,82	25,19	24,50	28,32	29,82
2006	31,21	33,26	37,65	37,69	37,06	36,77	36,00	35,18	38,73	40,72	42,14	41,71
2007	41,96	41,77	41,73	41,53	42,06	41,51	40,53	39,66	38,80	41,56	43,85	46,35
2008	46,42	45,90	46,78	46,93	45,62	44,32	42,76	41,24	41,05	39,80	40,80	42,37
2009	47,69	52,12	55,67	56,32	55,61	54,32	52,71	51,11	50,93	50,22	53,02	56,40

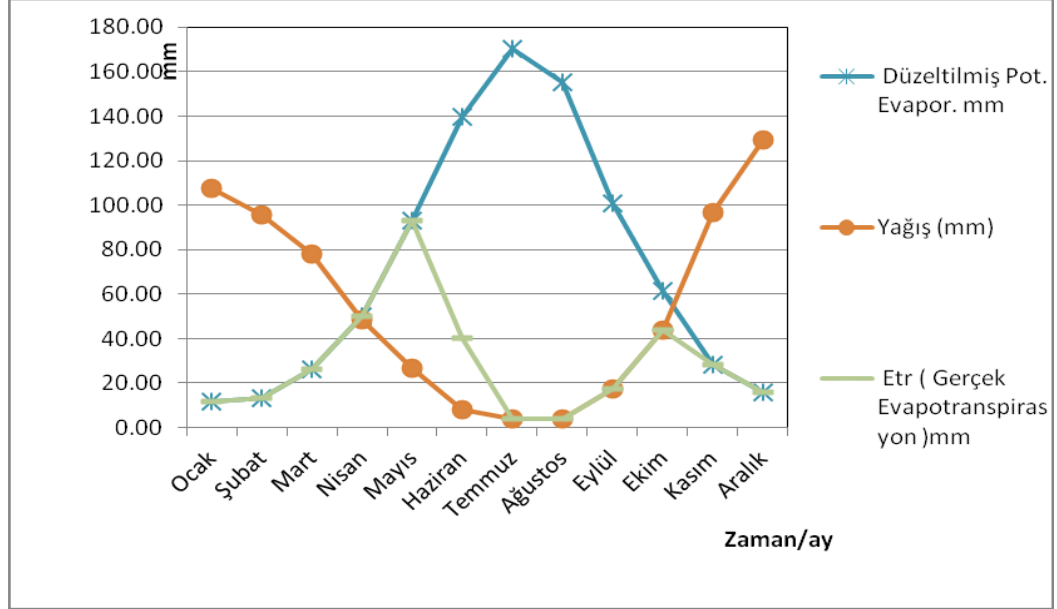
#### 5.4.3.2 Thornthwaite Yöntemiyle Su Bilançosu

Menemen-Çavuşköy Kaynağı için Thornthwaite yöntemine göre (Thornthwaite, 1948), yeraltı suyu kullanılabilir su bilançosu ortalama yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak ortalama yıllık Etp 865,284 mm, Etr 347,68 mm olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.57). Menemen Ovası için hesaplanan ortalama yağış değerlerine göre (1970-2009) 655,12 mm ortalama yağış miktarı elde edilmiştir. Menemen kuyuları için 160 km<sup>2</sup> lik beslenme alanı dikkate alındığında beslenme alanına düşen yağış miktarı 104,8 hm<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplanmıştır. Thornthwaite yönteminde hesaplanan ortalama gerçek buharlaşma (Etr) 347,68 mm olarak hesaplanmıştır ve beslenme alanı için bu miktar 55,63 hm<sup>3</sup>/yıl' dır. Beslenme alanı için boşalım ve beslenme miktarları eşit kabul edilmesi halinde, beslenme–boşalım arasındaki fark 49,17 hm<sup>3</sup>/yıl olarak bulunmaktadır. Ölçümlerde ve hesap hatalarından doğacak hatalardan dolayı emniyetli kullanılacak su miktarı olarak beslenme ve boşalma farkı % 60 alınarak Menemen-Çavuşköy kuyuları için emniyetli kullanılacak su miktarı 29,5 hm<sup>3</sup>/yıl bulunmuştur.

Tablo 5.57 Menemen –Çavuşköy kuyuları için hazırlanan Thornthwaite buharlaşma- terleme bilançosu

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam
Aylık Sıcaklık (T°C)	6,95	7,59	9,93	14,04	18,85	23,83	26,66	26,26	21,82	17,08	11,67	8,39	<b>16,09</b>
Aylık Isı İndisi (i)	1,65	1,88	2,83	4,77	7,46	10,64	12,61	12,32	9,30	6,42	3,61	2,19	<b>75,68</b>
Etp (Potansiyel-Evapotranspirasyon)	13,85	16,08	25,41	45,73	75,47	112,49	136,11	132,68	96,78	63,85	33,43	19,07	
Enlem Düzeltme Katsayısı (38, enlem)	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83	
Düzeltilmiş Pot, Evapor, mm	11,77	13,51	26,17	50,30	92,83	139,48	170,14	155,23	100,65	61,29	28,08	15,83	<b>865,28</b>
Yağış (mm)	107,58	95,68	78,20	48,35	26,71	8,15	4,16	3,71	17,29	43,95	96,48	129,38	<b>655,12</b>
ilave su(mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	66,11	131,34	165,98	151,52	83,36	17,34	0,00	0,00	
Zemin Rezervi (mm)	<b>100,00</b>	100,00	100,00	98,05	31,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,40	100,00	
Etr ( Gerçek Evapotranspirasyon)	11,77	13,51	26,17	50,30	92,83	40,08	4,16	3,71	17,29	43,95	28,08	15,83	<b>347,68</b>
Su Fazlası (mm)	95,80	82,17	52,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,40	113,55	<b>411,95</b>
Su Noksanı (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,40	165,98	151,52	83,36	17,34	0,00	0,00	<b>517,61</b>

Menemen-Çavuşköy kuyuları için Thornthwaite (1948)'e göre çizilen yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiğinde (Şekil 5.25), su fazlasının yıllık toplamı 411,95 mm, haziran-ekim ayları arasında gerçekleşen su noksanı 517,61 mm'dir. Su fazlası, yıllık toplam yağış miktarının % 0,63'nü oluşturmaktadır.



Şekil 5.25 Ortalama yağış verileri için Thornthwaite yöntemi ortalama yağış-potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği

## **BÖLÜM ALTI**

### **SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada İzmir kenti için büyük öneme sahip olan ve dört ana kaynaktan oluşan kuyular genel olarak hidrolik ve hidrolojik yönden değerlendirilmiştir.

Kuyulara yönelik bilgi ve dökümanlar temin edilmiş ve elde edilen bilgiler ışığında hesaplamalar yapılmıştır. Kuyuların açıldığı tarihlerdeki pompa deneyleri ve her kaynağa yönelik günümüze kadar statik ve dinamik kuyu seviye ölçümleri düzenli olmadığından elde edilen veriler değerlendirilerek inceleme yapılmıştır. Ancak 2008 yılında aşırı kuraklıktan dolayı su kalitesinde ortaya çıkan olumsuzluk sonucunda ilave yeni yeraltı su kaynaklarının temini için acil olarak açılan kuyulara dair pompa deneylerinin hesaplamalar için yeterli olmadığı görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar şunlardır.

**Sarıköz kuyuları**, Memba, Göcek Değirmeni ve Arpalı kaynağı olmak üzere üç grup kaynaktan oluşmakta olup, 1974 yılından bu yana çeşitli tarihlerde açılmış 30 adet ve 2008 yılında kuraklık nedeniyle acil içme suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla açılmış 8 adet yedek kuyudan oluşmaktadır.

Kaynakları temsilen Akhisar yağış istasyonu verilerinden yararlanılmış olup ortalama yıllık toplam yağış 575 mm, yıllık ortalama sıcaklık ise (1937-05) 16,1 °C olarak belirlenmiştir. DSİ tarafından hazırlanan Sarıköz kaynaklarından emniyetle alınabilecek su miktarının tespitine ait rapor'da 1929-1981 yılları arası Akhisar DMİ'nin 53 yıllık ortalaması 610,9 mm 'dir. Bu durumda 35,9 mm kaynaktan girdisinde azalma olmuştur.

Temin edilen kuyulara ait rasat seviyeleri incelendiğinde 1991 yılında rasat seviyeleri -20 m civarındayken 1997-98 yıllarında -50 m ile -60 m'lere kadar düşmüş daha sonra yükselerek 2002-03 yılları arası tekrar -40 m ile -50 m'lere düşmüştür. En son 2008 yılında -66,75 m ile ciddi bir yeraltı su seviyesinde düşme meydana gelmiştir. 2009 yılı yağışlarıyla tekrar seviyeler yükselmeye başlamıştır. 20 senelik

periyot genel anlamda değerlendirilirse kaynak yeraltı su seviyelerinde 1991 yılından bu yana 40 m 'lere varan düşme olmuştur. Son on yıla bakıldığında Sarıkız kaynakları yeraltı su seviyelerinde özellikle kurak döneme girildiği 2007 yılında itibaren yaklaşık 10 m'nin üstünde azalmalar meydana gelmiştir. Yeraltı suyu rezervlerinde yağış ve çekimin etkili olduğu kesindir. Yeraltı suyu rezerv anlamında kurak dönemde bir süre çekime izin verecek kaynağa sahip olabilir ancak çekimin sürekli yapılması durumu ciddi rezerv kayıplarına neden olacaktır.

İşletme rezerv miktarları hesabına göre 2003-2009 yılları arası beslenme miktarı ortalama 31,78 hm<sup>3</sup>/yıl, boşalma miktarı 25,46 hm<sup>3</sup>/yıl, toplam rezerv miktarı ortalama 20,06 hm<sup>3</sup>/yıl, yıllık rezerv miktarı ortalaması 6,32 hm<sup>3</sup>/yıl olarak bulunmuştur. Thornthwaite yöntemine göre (Thornthwaite, 1948), yeraltı suyu kullanılabilir potansiyeli su bilançosu Manisa- Akhisar DMI'nun yağış ve sıcaklık verilerine kullanılarak ortalama yıllık Etp 876,18 mm, Etr 292,12 mm olarak hesaplanmıştır. Sarıkız Kaynakları için emniyetli kullanılacak su miktarı 42,45 hm<sup>3</sup>/yıl bulunmuştur.

Sarıkız üçlü kaynak grubunda her kaynağı ayrı temsil eden üç adet rasat kuyusunun su seviye verileri tam ve uygun yıllara ait olanlarının ayrı ayrı boşalım katsayıları hesaplanmıştır. Bu duruma göre Sarıkız Memba, Göcek Değirmeni ve Arpalıya ait ortalama boşalım katsayıları sırasıyla 0,001565 gün<sup>-1</sup>, 0,001737 gün<sup>-1</sup>, 0,001695 gün<sup>-1</sup> bulunmuştur. Bu değerlere göre Sarıkız üçlü kaynak grubu (Korkmaz,1989)'a göre 2.tip akifer özelliği taşıdığı için boşalım kotuna göre yeraltı suyu seviye değişimi, ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma grafiğinin yağışlı ve kurak devrelere göre ayrı ayrı ilişkili akiferler olduğu, seviye değişim oranları  $6 < hd < 27$  arasında ve emniyetli verim % 60-80'i arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Sarıkız üçlü kaynak grubu için veri anlamında en uygun yıla sahip 2003-04 yıllarına ait EİE'nin Kumçayı-Killik (510) akım gözlem istasyonunun ortalama akım değerleri kullanılarak Transmisibilite (T)ve depolama katsayısı (S) hesabı yapılmıştır. S ve T değerleri Memba Kaynağı için S: 0,268 %, T: 0,1368 m<sup>2</sup> / s, G.



Değirmeni Kaynağı için S: 0,1155 % ve T: 0,2969 m<sup>2</sup>/s ve Arpalı Kaynağın için S : 0,2049 %, T : 0,1796 m<sup>2</sup>/s değerleri bulunmuştur.

Bir yıllık sürede kuyuların birbirlerine olan etkilerinden kaynaklanan düşüm miktarları ortalama Memba Kaynağı için 1,34 m, Göcek Değirmeni için 2,15 m, Arpalı Kaynağı için 1,46 m hesaplanmıştır. Sarıkız kaynak grubundaki kuyular hesaplanan etki yarıçapları içinde kaldığı görülmektedir. Kuyuların etki yarıçaplarına uygun mesafelerde olması halinde kaynaklardan daha iyi verim elde edilecektir.

**Göksu kuyularının** Manisa Meteoroloji İstasyonuna ait yağış verilere göre 1985-2010 dönemi yağış ve sıcaklık ölçümlerinden ortalama yıllık toplam yağış 673,1 mm, yıllık ortalama sıcaklık ise (1985-05) 17,1 °C olarak belirlenmiştir.

Yeraltı su seviyesi 2001 yılı başında -17 m civarı iken yıl sonu ve 2002 yılında -20 m' nin altına düşmüş daha sonraki yıllarda -13, -15 m civarlarına çıkmıştır. Ancak yağışların azaldığı 2007-08 yıllarında tekrar -20 m seviyelerin altına inmiş ve 2009 yılından sonra yağışların artmasıyla tekrar seviyeler -10 m ve üstüne çıkmıştır.

İşletme rezerv miktarları hesabına göre 2003 - 2009 yılları arası beslenme miktarı ortalama 63,1 hm<sup>3</sup>/yıl, boşalma miktarı 48,2 hm<sup>3</sup>/yıl, toplam rezerv miktarı ortalama 57,58 hm<sup>3</sup>/yıl, yıllık rezerv miktarı ortalaması 14,90 hm<sup>3</sup>/yıl olarak bulunmuştur. Thornthwaite yöntemine göre (Thornthwaite, 1948) emniyetli kullanılacak su miktarı 49,6 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/yıl bulunmuştur.

Kaynağı temsilen dört rasat kuyusunun seviye değerlerinden yararlanılarak ortalama boşalım katsayısı 0,001356 gün<sup>-1</sup> bulunmuştur. Göksu kaynağının tamamını karakterize eden 0,001356 gün<sup>-1</sup> boşalım katsayısı (Korkmaz, 1989) Sarıkız kaynaklarında olduğu gibi 2.tip akifer özelliği taşımaktadır.

**Halkapınar - Çamdibi kuyularını** temsilen İzmir Meteoroloji istasyonu yağış verilere göre 1970-2010 yıllarına ait yağış ve sıcaklık ölçümlerinden ortalama yıllık toplam yağış 690,1 mm, yıllık ortalama sıcaklık ise (1975-2010) 17,9 °C olarak

belirlenmiştir. Halkapınar-Çamdibi kuyularına ait gözlem kuyusu bulunmadığından son on yıla ait düzenli olarak yeraltı suyu seviye ölçümleri elde edilememiştir. Ancak kuyulardan farklı aralıklarla ölçülen değerlere göre 2001 ve 2008 yıllarında yeraltı suyu en düşük seviyelerine inerken 2009 yağışlarıyla su seviyesinde tekrar yükselme görülmektedir.

2009 yılında ortalamanın % 159'u oranında fazla yağış alan Halkapınar kaynaklarının drenaj alanında yağışların 2010 yılında da (ilk 3 ay için %160) yüksek düzeyde devam etmesi kaynakları besleyen karstik akiferin tamamen dolmasına neden olmuştur (Atış, 2010). Bu da Halkapınar kaynaklarının yağışlarla doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.

2001-09 yılları arası üretilen su miktarı ortalama  $40,07 \text{ hm}^3 / \text{yıl}$  ve eldeki farklı zamanlarda alınmış yer altı su seviyelerin ortalamasına göre  $-17,91 \text{ m}$  karşılık gelmektedir. İşletme rezerv miktarları hesabına göre 2001-2009 yılları arası ortalama beslenme miktarı  $48,25 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ , boşalma miktarı  $40,72 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ , toplam ortalama rezerv miktarı  $31,71 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ , yıllık rezerv miktarı ortalaması  $16,61 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  olarak bulunmuştur. Halkapınar kaynakları için Thornthwaite yöntemine göre (Thornthwaite, 1948) emniyetli kullanılacak su miktarı  $33,38 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$  bulunmuştur.

**Menemen - Çavuşköy kuyuları** için Manisa, Seferihisar ve İzmir yağış istasyonları gözlemlerinin aritmetik ortalaması alınarak 1970-2006 dönemi yağış ve sıcaklık ölçümlerinden ortalama yıllık toplam yağış  $657,5 \text{ mm}$ , yıllık ortalama sıcaklık ise  $17,8^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiştir.

Menemen – Çavuşköy kuyularının son dönemlere ait sadece 2008 yılından itibaren yeraltı su seviye ölçümleri yapılmış olduğundan birkaç yıllık bir karşılaştırılma yapılmak durumunda kalınmıştır. Bu duruma göre 2008 yılından itibaren dört gözlem kuyusunda ölçülmüş değerler Ocak-2008 yılında Acil-2 kuyuda  $18 \text{ m}$ , ÇVŞ-2 kuyusunda ölçülen en düşük değer  $15 \text{ m}$ , Aralık-2008 yılında Acil-2 kuyusunda ölçülen en yüksek değer  $27,8 \text{ m}$  ÇVŞ-2 kuyusunda  $26 \text{ m}$  ölçülmüştür. İzmir Şehri

İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temin ve Dağıtım Kat'i Proje Revizyonu Raporu'nda 1966-1986 yılları arası DSİ tarafından sürekli yeraltı suyu seviye gözlemleri ile kıyas yapıldığında kaynakların işletmeye alındığı 1975 yılından bu yana yeraltı su seviyelerinde en yüksek ölçülen değerlerde yaklaşık 20 m kadar, en düşük ölçülen seviyelerde yaklaşık 10 m civarında yeraltı su seviyesinde düşme meydana gelmiştir. Bu durum Menemen Ovasından işletme kuyuları ve civar kuyulardan çekilen su miktarının beslenme miktarından daha fazla olduğundan sürekli düşüme neden olduğunu göstermektedir. Aşırı çekim aynı zamanda ovanın denizle bağlantılı olan kısmında deniz suyunun yeraltı sularına girişimine neden olmakta ve bu girişim yeraltı suyunda tuzlanmayı hızlandırmaktadır.

İşletme rezerv miktarları hesabına göre 2002-2009 dönemi ortalama beslenme miktarı  $20,72 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ , boşalma miktarı  $13,67 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ , eklenik toplam ortalama rezerv miktarı  $30,52 \text{ hm}^3/\text{yıl}$ , yıllık rezerv miktarı ortalaması  $7,05 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  olarak bulunmuştur. Thornthwaite yöntemine göre (Thornthwaite, 1948) emniyetli kullanılacak su miktarı  $29,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$  bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlar neticesinde;

- Yeraltı suyu kaynaklarından temin edilen miktarın optimum emniyetli ve sürdürülebilir olabilmesi için havza bazında yeraltı formasyonları, akifer özellikleri, su potansiyelleri, kuyuların yerleri, kapasiteleri, üretim miktarları, yağış, hidrolik, hidrojeolojik, hidrolojik yönden geçmiş ve günümüze kadar olan durumları belirlenerek yeraltı suyu yönetim modeli oluşturulmalıdır. Bu su yönetim modeliyle en uygun işletme şekli belirlenmelidir.
- Kuyular hakkında detaylı bilgi edinebilmek için öncelikle işletme halindeki tüm kuyulara ait statik ve dinamik seviye değerleri, üretim miktarları düzenli olarak ölçülmeli ve kayıt altına alınmalıdır. Bu konuda gerekli özen gösterilmeli ekip ekipman artırılmalıdır.

- Yapılan çalışmada kuyuların ilk açıldığı tarihten bu yana yeraltı su seviyelerinde göz ardı edilemeyecek miktarlarda azalmalar gözlenmiştir. Yağışların azalması ve çekiminde yaklaşık aynı miktarda olması akiferin yetersiz beslenmesine dolayısıyla da yeraltı suyu rezervlerinin azalmasına neden olmaktadır.
- Havza kirliliğini önleyici tedbirler alınarak kaliteli yeraltı suyu elde edilmesinin yanı sıra mevcut suyun kontrolsüz kullanımı da su potansiyeli ve ve kalitesi açısından önem arz etmektedir.
- Birbirinin etki sahası içinde bulunan kuyulardan pompaj yapıldığında su seviyesindeki düşme tek kuyudan pompaj yapıldığından farklı olacaktır. Yeni açılacak kuyularda optimum verim sağlayabilmek için etki yarıçapları dikkate alınmalıdır. İşletme halindeki kuyulardan devre dışı bırakılacak kuyularda bu durum dikkate alınmalıdır.
- Kaynakların emniyetli verimleri dikkate alınarak üretim yapılmalıdır. Yeraltı suyunun beslenimine katkıda bulunacak yöntemler araştırılmalı ve gerekli tesisler kurulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Apaydın, A.(1997). Kireçtaşı Akiferlerinde Yağıştan Süzülmenin Hesabı Üzerine Bir Araştırma: Triyas Kireçtaşları, Çorum, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Sayı 2,49-55.
- Ateşli, Y. (2002). Yamanlar Dağı ve Menemen Ovasının İçme Suyu Amaçlı Hidrojeolojisi. *Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.*
- Atış, İ. (2010). *Halkapınar Kaynakları Ocak-Nisan 2010 Dönemi Hidrolik Değerlendirme Raporu*, İzmir:İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi (yayınlanmamış).
- Driscoll, F.G. (2010). *Kuyu Hidroliği*. (A.F. Öztan, Çev.). Ankara: Devlet Su İşleri Yayınları. (Orijinal çalışma basım tarihi 2010).
- DSİ, (1971). *İzmir Projesi Su Temini Ana Plan ve Fizibilite Raporu*. Cilt I, II., İzmir.
- DSİ, (1974). *İzmir Şehri İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Dağıtım Şebekesi Kat'ı Projesi*, İzmir:Devlet Su İşleri II. Bölge Müdürlüğü.
- DSİ, (1980). *Menemen Ovası Hidrolojik Etüd Revize Raporu*, İzmir:Devlet Su İşleri II. Bölge Müdürlüğü.
- DSİ, (1980). *Manisa-Sarıköz Kaynakları Beslenme Sahasının Belirlenmesi Hidrojeolojik İncelenmesi*, Ankara.
- DSİ, (1981). *İzmir Su Temini Master Plan Revizyonu*, İzmir:Devlet Su İşleri II. Bölge Müdürlüğü.
- DSİ, (1982). *Göksu Kaynak Grubunun (Göksu-Göldeğirmeni-Çullu) Derleme ve 1981 Yılı Değerlendirme Raporu*, İzmir:Devlet Su İşleri II. Bölge Müdürlüğü.

DSİ, (1983). *İzmir-İçme Suyu Temini I. Merhale Kapsamında Bulunan Sarıkız Kaynakları Pompaj Tesisleri Fizibilite Raporu*, İzmir:Devlet Su İşleri II. Bölge Müdürlüğü.

DSİ, (1986). *İzmir Şehri İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temin ve Dağıtım Kat'ı Proje Revizyonu Raporu*, İzmir:Devlet Su İşleri II. Bölge Müdürlüğü.

DSİ, (1992). *Manisa-Saruhanlı-Sarıkız Kaynakları Değerlendirme Raporu*, İzmir:Devlet Su İşleri II. Bölge Müdürlüğü.

DSİ, (1997). *İzmir Su Temini Projesi Master Plan Raporu*, İzmir.

Dumlu, O. (2007/3). Yeraltısularında Emniyetli Verim. *JMO Haber Bülteni*, 137.

İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Arşiv, Proje ve Dökümanları, İzmir.

İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, (2010). *Sağlıklı İçme Suyu Üretimi*, 12 Kasım 2010, <http://www.izsu.gov.tr/Pages/simplepage.aspx?page=18>.

Kaya, A. (1975). Sondaj Kuyularında Düşüm, Girişim ve Tesir Mesafelerinin Tespiti İle İlgili Grafik Metot. *DSİ Teknik Bülten*, 33, 39-45.

Kıncal, C. (2006). İzmir İç Körfezi Çevresinde Yer Alan Birimlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi, *Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir*

Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü. (2011). *Hidrojeoloji Ders Notları*. 16 Nisan 2011 <http://www.izsu.gov.tr>

Korkmaz, N. (1976). Yeraltı Suyu Rezervuarlarında Rezerv Değişimi Yardımıyla Yıllık Boşalım Miktarını Hesaplama Metodu. *DSİ Teknik Bülten*, 39, 46-55.

- Korkmaz, N. (1976). Karstik Akiferlerde Boşalım Eğrisiyle Depolama Katsayısı ve Transmisibilite Tayini. *DSİ Teknik Bülten*, 40, 47-53.
- Korkmaz, N. (1980). Akiferlerde Su Seviyesi-Yağış İlişkisinin Araştırılması. *DSİ Teknik Bülten*, 49, 19-28.
- Korkmaz, N. (1989). Akiferin Boşalım Katsayılarına Göre Gruplandırılması Üzerine Bir Araştırma. *DSİ Teknik Bülten*, 69, 51-63.
- Kaya, N. (1997). Hidrojeolojik Etütlerde Kuyu Rasatlarından Faydalanarak Çekim Miktarının Belirlenmesi. *DSİ Teknik Bülten*, 89, 49-66.
- Kazanasmaz, E. (2008). Kentimiz ve Çevresinin Yeraltısuyu Kaynakları, Yeraltısuyunu Kirletici Etkenler ve Su Kıtlığı Riski, *TMMOB İzmir Kent Sempozyumu*.
- Meriç, B.T. (2004). Su Kaynakları Yönetimi ve Türkiye. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 28(1), 32.
- Sargın, A.H. (2010). *Yeraltı Suları*. DSİ yayınları, Ankara.