

# Baraj gölü yüklemelerinin artezyen akiferine etkileri

## *Effects of reservoir loading on an artesian aquifer*

VEDAT DOYURAN *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara*

**ÖZ:** Artezyen akiferleri kısa süreli yükleme ve boşaltmalara elastik tepki gösterirler. Uzun süreli yükleme ve akiferden sürekli boşalım koşullarının akifer elastisitesindeki etkilerini incelemek amacı ile bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla, A.B.D. Utah eyaletindeki Pineview baraj gölü altında yer alan artezyen akiferi seçilmiştir. Bu çalışmada baraj gölü ile gözlem kuyularına ait uzun süreli su düzeyi ölçümleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, artezyen akiferinin elastisitesinde uzun süreli yükleme ve sürekli boşalım koşulları altında bir azalma ve buna bağımlı olarak akifer yapısında kalıcı deformasyon görülmüştür. Bu deformasyon, akifer veriminde azalmaya yol sağlamaktadır.

**ABSTRACT:** The artesian aquifers show elastic response to alternate loading and unloading of short duration. A study has been carried out in order to investigate the effects of loading of long duration and continuous discharge from the aquifer on the elasticity of the aquifer. The artesian aquifer, underlain by Pineview reservoir, in the State of Utah (U.S.A.), has been selected for this purpose. In this study, the long term reservoir level measurements and the water level measurements taken from the observation wells were compared and evaluated. As a conclusion, under the conditions of loading of long duration and continuous discharge, a slight reduction in the aquifer elasticity and thus a permanent deformation in the skeleton of the aquifer has been observed. This deformation causes a reduction in the yield of the aquifer.

## GİRİŞ

Artezyen akiferlerinin elastik özelliğe sahip oldukları öteden beri bilinmektedir (Ferris ve diğerleri, 1962; Meinzer, 1928). Özellikle sahil şeritlerinde yer alan akiferlerin gel-git olayları ile ilişkileri çoğu kez araştırmacılar konusunu teşkil etmiştir (George ve Romberg, 1951). Ancak bugüne değin yapılan araştırmaların çoğunda akiferlere etkiyen dış yüklerin kısa süreli yükleme-boşaltma türünden olduğu görülmektedir. Genellikle bu tür yüklemeler, akifer yapısında kalıcı deformasyon oluşturmazlar. Ancak, süreli olarak yüklenen akiferlerin yapısında kalıcı deformasyonlar oluşabilir.

Bu yazıda, artezyen akiferi üzerinde yer alan bir baraj gölünün akiferine olan etkileri incelenecektir. Araştırma sahası A.B.D. Utah eyaletinin kuzeyindeki Ogden Ovasında yer almaktadır (şekil 1). Pineview Baraj gölü ve gözlem kuyularına ait uzun süreli veriler dayanılarak yükleme-akifer ilişkileri

saptanmıştır. Araştırmanın yapıldığı süre içinde baraj gölünün boşaltılması ve tekrar su toplamaya başlaması, çok yararlı gözlemlerin yapılmasına olanak sağlamıştır.

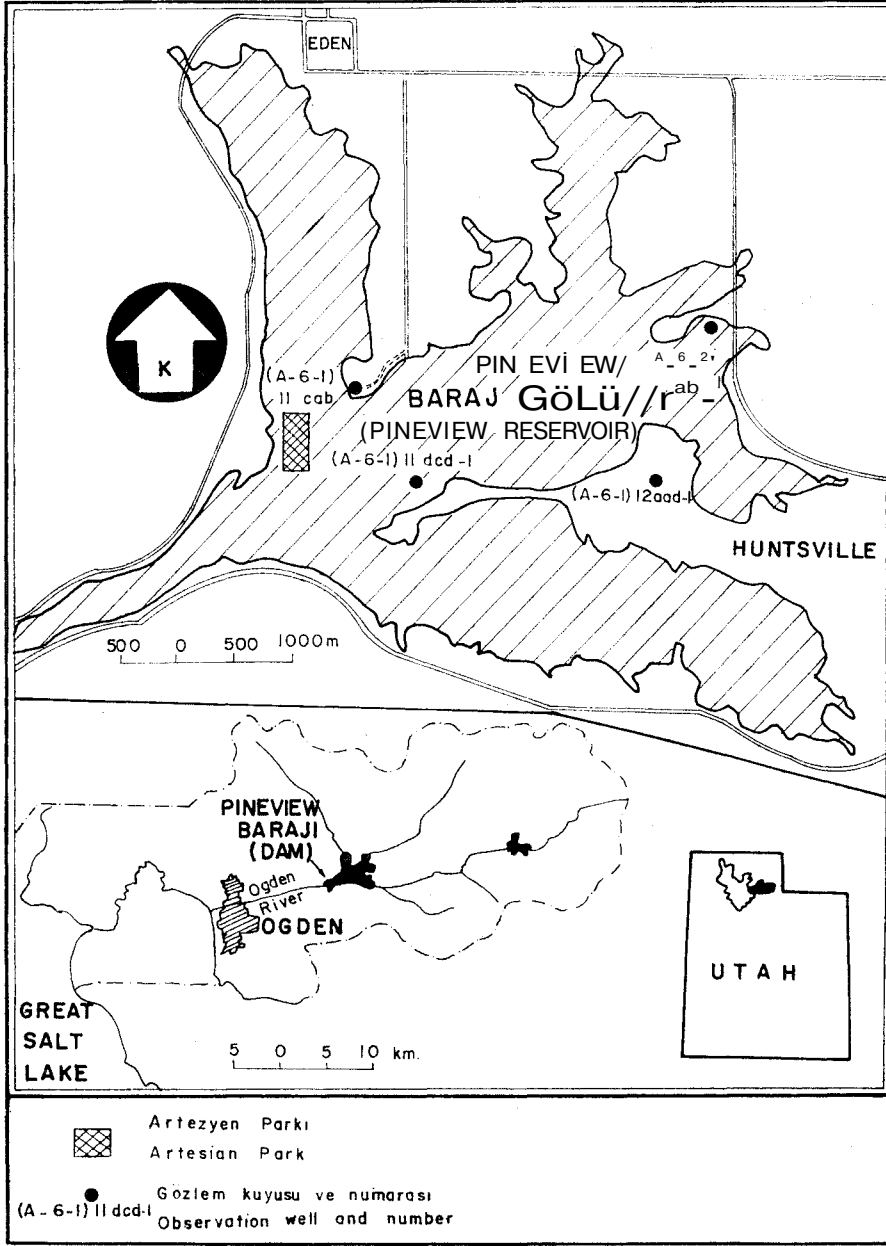
## YÖNTEM

Baraj göllerinde günlük su düzeyi değişimleri ihmal edilebilir derecede azdır. Bu nedenle, uzun süreli gözlemlere gerek duyulmakta ve bu süreler içindeki önemli değişimlerin kaydı gerekmektedir. Gözlem kuyularına ait verilerin de buna göre düzenlenmesi gerekir. Aylık ortalama su düzeyi değişimlerini gösteren hidrograflar bu amaç için yeterli görülmüştür.

Akiferin elastik özelliğini en iyi şekilde izleyebilmek için şu koşullar sağlanmalıdır: akifer fazlaca kil katmanları içermemeli, gözlem kuyuları aynı akiferde son bulmalı, gözlem kuyuları baraj gölü etki sahasında yer almalı, baraj gölü ile akifer arasında hidrolik bir bağlantı bulunmamalı ve

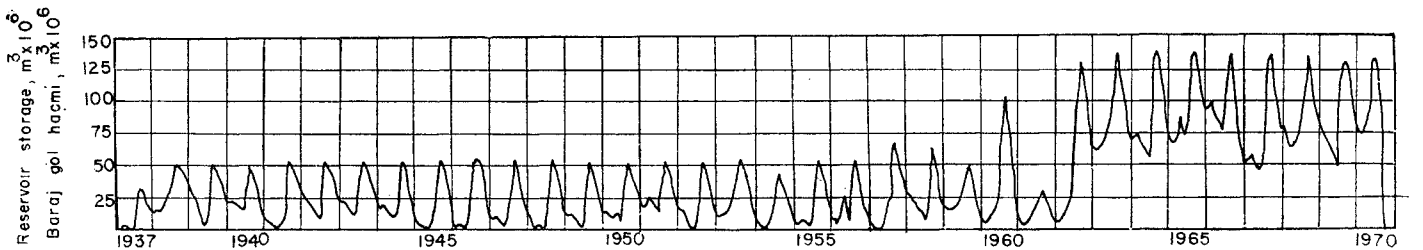
akiferden bir miktar boşalım sağlanmalıdır. Yapılan jeolojik araştırmalardan artezyen akiferinin genellikle homojen olduğu anlaşılmıştır. Baraj gölü ve artezyen akiferi yaklaşık 25 m kalınlıkta bir kil tabakası ile ayrılmakta ve böylece hidrolik bağlantı olasılığı ortadan kalkmaktadır (Doyuran, 1972). Gözlem kuyuları ise şekil 1'de görüldüğü gibi baraj gölü etki sahasında seçilmiştir. Baraj gölü yüklemesi sonucu akiferde teşekkül eden yeni boşluk suyu basıncı ancak bir miktar boşalımın sağlanması ile giderilebilecek ve akiferde hacımsal küçülme oluşacaktır. Akiferden boşalım ise baraj inşasından evvel açılan 46 kuyudan gerçekleşmektedir. Bu kuyular "Artezyen Parkı" olarak adlandırılan sahada yer almaktadır (bak şekil 1).

Araştırma yönteminin esasını, uzun süreli baraj gölü ve gözlem kuyuları su düzeyi ölçmelerinin kıyaslanması teşkil etmektedir. Ayrıca, Ekim 1970'de boşaltılan baraj gölünün 1971 yılı başlarında tekrar su toplamaya sırasında gözlem



Şekil 1: Buldum haritası.

Figure 1: Location map.



Şekil 2: Pineview Barajı göl hacmi aylık değişimleri.

Figure 2: Monthly storage of Pineview Reservoir.

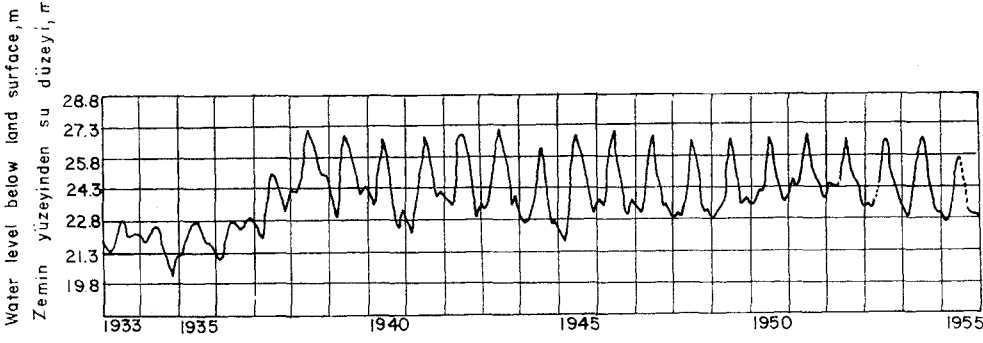
kuyusundan elde edilen su düzeyi ölçmeleri değerlendirilmiştir.

### BARAJ GÖLÜ VE GÖZLEM KUYULARI DÜZEY DEĞİŞİMLERİ

1936 yılında inşası tamamlanan Pineview Barajının göl seviyeleri sürekli olarak hergün sabah 8:00'de ölçülmektedir. Bu seviyelere tekabül eden göl hacmi anahtar eğrilerinden hesaplanmaktadır (U.S.G.S., 1965-69). Aylık ortalama göl hacmi esas alınarak hazırlanan hidrografi şekil 2'de gösterilmiştir.

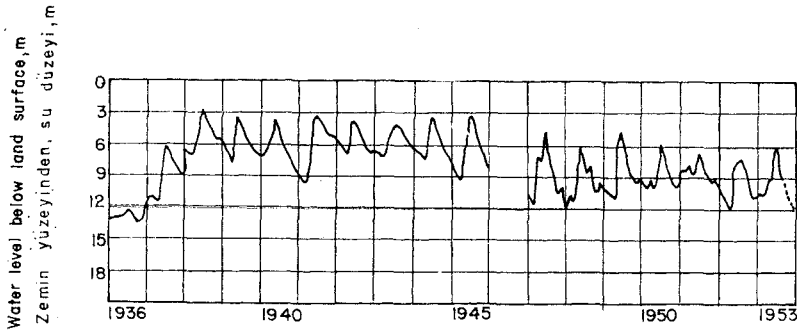
1937-56 yılları arasında maksimum göl hacmi, yaklaşık  $55 \times 10^6 m^3$  dolayında iken; 1957 yılı başlarında, baraj, yüksekliğini artırmak amacı ile ilk kez boşaltılmıştır. Baraj, 1957 yılı ortalarından itibaren tekrar su toplamaya başlamış; ancak, maksimum göl hacmi olan  $135 \times 10^6 m^3$  e 1962 yılında erişebilmiştir. 1970 yılında ise yeni açılan artezyen kuyularını baraj gövdesinden geçen toplama borusuna birleştirmek amacı ile ikinci kez boşaltılmıştır.

Baraj göl hacmindeki değişmelerin akifer ile ilişkisini kurabilmek amacı ile dört adet gözlem kuyusu seçilmiştir (bak şekil 1). Bu kuyuların üçüne ait aylık ortalama su düzeyi değişimlerini gösteren hidrograflar şekil 3, 4 ve 5'de gösterilmiştir. Bu hidrograflardan görüleceği gibi, baraj göl hacmi ile gözlem kuyuları su düzeyi değişimleri arasında belirli bir ilişki vardır. (A-6-1) 12 aad-1 ve (A-6-1) 11 dcd-1 nolu kuyularda 1937 yılından itibaren su düzeyleri belirli bir yükselme göstermekte ve diğer yıllara ait değişmelerin göl hacmi ile son derece uyumlu olduğu görülmektedir. 1957 yılı başlarında baraj gölünün boşaltılması sonucu, (A-6-1) 11 cab-1 nolu kuyudaki su düzeyinde akifere etkileyen dış yüklemdeki azalmaya uyumlu olarak bir düşme görülmektedir.



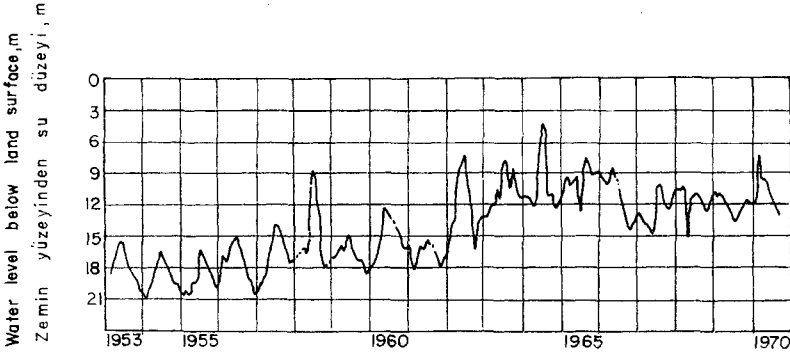
Şekil 3: (A-6-1) 12 aad-1 nolu gözlem kuyusu hidrografisi.

Figure 3: Hydrograph of the observation well, (A-6-1) 12 aad-1.



Şekil 4: (A-6-1) 11 ded-1 nolu gözlem kuyusu hidrografisi.

Figure 4: Hydrograph of the observation well, (A-6-1) 11 ded-1.



Şekil 5: (A-6-1) 11 cab-1 nolu gözlem kuyusu hidrografisi.

Figure 5: Hydrograph of the observation well, (A-6-1) 11 cab-1.

### YÜKLEME-AKİFER İLİŞKİLERİ

Pineview Baraj gölünün oluşumundan önce artezyen akiferi, sadece örtü tabakasının ağırlığına eşit bir yükün etkisi altında kalmaktaydı. Kasım 1936 yılında artezyen akiferinde yeni bir evre başlamıştır. Baraj gölünün su toplama başlaması ile birlikte var olan

denge bozulmuş ve akifer yeni yüklerin etkisi altına girmiştir.

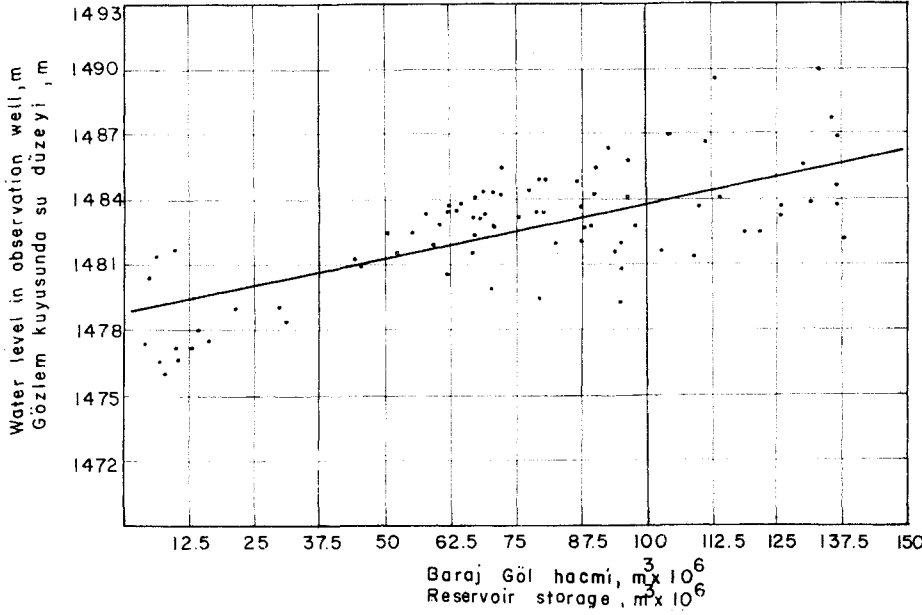
Baraj gölünün yaratmış olduğu hidrostatik basıncın bir kısmı akiferi teşkil eden sedimentler tarafından; diğer kısmı ise gözeneklerde yer alan yeraltı suyu tarafından karşılanmaktadır. Akiferi oluşturan çakıl ve kum

taneleri bu yükleme etkisi ile sıkışarak boşluk suyu basıncında bir miktar artışa yol açmıştır. Akiferden boşalm olanağı sağlandığından, sıkışma modülü son derece az olan su, tane boşluklarından sıyrılarak kuyu içinde yükselmeye başlamıştır. Bu şekilde kısmen boşluk suyu basıncında azalma olacağından taneler sıkışmış ve akiferin gözenekliliği bir miktar azalmıştır. Gözenekliliğin azalması aslında hacimsel daralmanın en belirgin sonucudur.

1957 yılında baraj gölünün boşaltılması ile artezyen akiferi üstündeki hidrostatik basınç kalkmıştır. Böylece ilk yükleme sırasında boşlukları terk eden yeraltı suyu tekrar eski boşluklara dönmüş ve boşluk suyu basıncında bir artışa neden olmuştur. Yeniden teşkil olunan boşluk suyu basıncı kum tanelerini eski yerlerine doğru iterek akifer gözenekliliğinde bir artış meydana getirmiştir. Bu ise, hacimsel genişlemeyi belirtmektedir. Hacimsel genişleme, gözlem kuyularında su düzeyi düşmeleri ile izlenebilmektedir. Ancak, uzun süre ilâve yük altında kalan akiferde, bu yükün boşaltılması ile akiferin ilk gözenekliliğine erişebilmesi beklenemez. Çünkü, bu süre zarfında, akiferden sürekli boşalm oluşu ve yükleme sırasında akiferi oluşturan tanelerin yeni bir yönlene tabi oluşu, az da olsa kalıcı bir deformasyona yol açabilir.

1962 yılından itibaren yeni kapasitesine erişen baraj gölü, akifer üzerine daha fazla yük ilâve ettiğinden, (A-6-1) 11 cab-1 nolu kuyuda, bu yıldan itibaren, su düzeyinde yükselme olduğu görülmektedir.

Baraj göl hacmi ile gözlem kuyularındaki su düzeyi ilişkileri arasında bir ilişki kurabilmek amacı ile şekil 6'daki grafik hazırlanmıştır. Burada kullanılan veriler, 1960-69 yıllarına ait olup;



Şekil 6: (A-6-1) 11 bab-1 nolu kuyudaki su düzeyleri ile baraj göl hacmi ilişkisi.

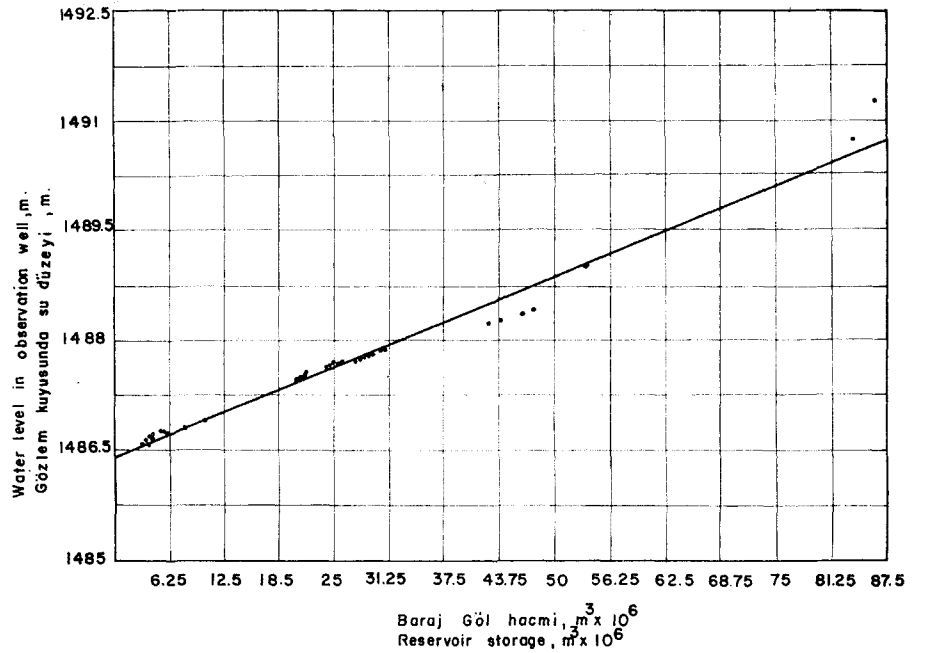
Figure 6: Relation of water level in the well (A-6-1) 11 bab-1 to storage in reservoir.

bu süre içinde artezyen kuyularından boşalım genellikle aynı düzeydedir. Daha gerçekçi bir ilişki kurmak amacıyla, aynı günde alınan ölçmeler kullanılmıştır. Şekil 6'da görülebileceği gibi, göl hacmi ile kuyudaki su düzeyi değişimleri arasında doğrusal bir ilişki vardır. En küçük kareler yöntemi ile saptanan bu ilişki,  $Y = 1479 + 0,048 (10^{-4}) X$  şeklinde ifade edilmektedir. Burada, bağımlı değişken (Y) gözlem kuyusundaki su düzeyini; bağımsız değişken (X) ise baraj göl hacmini belirlemektedir. Göl haciminde yaklaşık 48.000 m<sup>3</sup> lük bir değişmeye karşılık, gözlem kuyusunda 1 m'lik bir değişme oluşmaktadır.

Kasım 1970'de, baraj gölünün ikinci kez boşaltılması ile, evvelce su altında kalan (A-6-2) 18 bab-1 nolu gözlem kuyusuna, kaydedici su düzeyi ölçme cihazı yerleştirilmiştir. Barajın tekrar su topladığı andan itibaren yeraltı suyu (Jüzey değişimleri kaydedilmiştir. Bu değişimlere karşılık olan göl hacmi verileri elde edilmiştir. Şekil 7'de görülebileceği gibi göl hacmi ile yeraltı suyu seviye değişimleri arasındaki ilişki  $Y = 1486,35 + 0,044 (10^{-4}) X$  ile ifade edilmektedir. Bu ilişkiler, her iki gözlem kuyusunun, göl hacmi değişmelerine benzer tepki gösterdiklerini ortaya koymaktadır.

#### SONUÇIAJB

1) Artezyen akiferine uygulanan yükler, akiferde bir hacımsal küçülme meydana getirmektedir. Bunun sonucu olarak akifer gözenekliliğinde ve geçirirliğinde bir miktar azalma beklenebilir



Şekil 7: (A-6-2) 18 bab-1 nolu kuyudaki su düzeyleri ile baraj göl hacmi ilişkisi.

Figure 7: Relation of water level in the well (A-6-2) 18 bab-1 to storage in reservoir.

2) Örtü tabakası, akif eri oluşturan sedimentlerden daha fazla sıkışacağından; geçirirliği büyük ölçüde azalır ve akiferden yukarıya doğru sızma olmadığı olmaz.

3) Akif eri etkileyen yükün azalmasına bağlı olarak, hacımsal genişleme başlar.

4) Gözlem kuyularında görülen su düzeyi yükselmeleri, yüklem sonucu akiferde teşekkül eden basınç artmasının doğurduğu bir sonuçtur.

5) Baraj gölünün meydana getirdiği yüklem, düzgün olmayıp; su kütlesinin derinliğine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, akiferin bazı kısımları daha fazla sıkışmaya uğrar.

Yayıma verildiği tarih: Nisan, 1975

#### DEĞİNİLEN BELGELİK

Doyuran, V., 1972, Geology and ground-water resources of Ogden Valley, Utah: Yayınlanmamış doktora tezi, Utah Üniversitesi, A.B.D.

Ferrir, J. G., Knowles, D.B., Brown, R. H., ve Stallman, R. W., 1962, Theory of aquifer tests: U.S. Geol. Survey Water-Supply Paper 1536-E, 69-174.

George, W. O., ve Romberg, F. E., 1951, Tide-producing forces and artesian pressures: Trans. Amer. Geophysical Union, 28, 108-124.

Meinzer, O. E., 1928, Compressibility and elasticity of artesian aquifers: Econ. Geol., 23, 263-291.

U.S. Geological Survey, 1965-69, Water resources data for Utah, Part 1, Surface water records: Salt Lake City, Utah.