

BURDUR GÖLÜ SU SEVİYESİNDEKİ YÜKSELME ÜZERİNE HAVZADAKİ TOPRAK TAŞINMALARININ VE SİLTASYONUN ETKİLERİ

Yazan :

Ertuğrul GÖRCELİOĞLU
İ. Ü. Orman Fakültesi
Or. İşletme İnşaatı Kürsüsü Asist.

Su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili konu ve problemlerin geniş çapta etüd edilmesini sağlamak üzere Türkiye, büyük ya da -benzer koşullara sahip- orta ve küçük akarsular gözonüne alınarak, 26 drenaj havzasına bölünmüştür (7; S. 12).

Bu havzalardan birisi, başlıcalarını Burdur Gölü, Acı Göl, Çorak Göl, Salda Gölü, Yarışlı (Yarışlı) Gölü, Pınarbaşı Gölü ve Karataş Gölü'nün meydana getirdiği, değişik boyut ve özellikte birçok göllerin havzalarından oluşan «Burdur Göller Havzası»dır. Yüzölçümü 6374 km² olan bu havza, bir «kapalı havzalar topluluğu» niteliğindedir.

Bu kapalı havzalar topluluğu içinde yer alan ve yüzölçümü 3212 km² yi bulan Burdur havzası ise, toprak taşınmalarının yaygınlığı, sedimentasyon zararlarının kapsam ve büyüklüğü bakımından özellikle ilgi çekicidir.

Burdur havzası, oluşum bakımından tektonik bir depresyondur. Ancak çevrede kalker formasyonunun yaygın olması nedeniyle, depresyonun oluşumunda tektonik olayların yanısıra karstik olayların da önemli ölçüde katkısı bulunduğu bir gerçektir (2; S. 1-15). Depresyonun en alçak yerini, yüzölçümü 202 km² (6; S. 12) ve en derin yeri 72 m (8) olan Burdur Gölü kaplamaktadır.

Burdur Gölünün su seviyesi, uzunca bir süredir yükselmekte, bu durum yöredeki halkın sosyal ve ekonomik yaşantısını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu yazıda, adı geçen seviye yükselmesinin söz konusu olabilecek nedenlerine ve özellikle seviye yükselmesinin çevredeki toprak taşınmaları ile ilişkisine değinilecek, gelişmenin zararlı sonuçları üzerinde kısaca durulacaktır.

Burdur Gölünün denizden yüksekliği (kotu), 1949 baskılı ve 1/200 000 ölçekli Türkiye haritasında 845 m, 1960 baskılı ve 1/25 000 ölçekli Türkiye haritasında 850 m, 1968 baskılı ve 1/100 000 ölçekli Türkiye haritasında ise 854 m olarak gösterilmektedir. İlk bakışta kotlar arasındaki bu önemli farkın harita yapım yöntemlerindeki gelişmelerden doğduğu düşünülebilirse de, bunun doğru olmadığı ve söz konusu yükselmenin bir gerçeği ifade ettiği söylenebilir.

Gölün çevresindeki köylerde yaşayan birçok kişiler, göl sularının 1947 yılında yükselmeye başladığında birleşmektedirler. Ancak gölde düzenli seviye ölçmelerine 1960 yılında başlanmış olup, bu ölçmeler günümüzde de sürdürülmektedir. Devlet Su İşleri 182. Şube Baş Mühendisliğinin yönetim ve denetiminde yapılan ölçmelerin 1960-1971 su yıllarına*) ait değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Bu tablodan görüleceği üzere 1960-1971 su yılları arasında kot ortalama olarak 5.64 m yükselmiştir.

Göldeki su seviyesinin yükselmesinde etkili olabilecek faktörler arasında şunlar söz konusu edilebilir:

1. Çevre ikliminin değişerek yağışların artması, dolayısıyla da sıcaklığın ve buharlaşmanın azalması,
2. Epirojenik hareketler sonucu göl tabanında bir kubbeleşme meydana gelmesi,
3. Çevredeki bazı küçük göl ve bataklıkların kurutulması amacıyla, buralardaki suların Burdur Gölüne akıtılması,
4. Göl tabanındaki ve kıyılarındaki gidegenlerin (düden; ponor) zamanla havzadan göle taşınan materyalle tıkanmış olması.

Çevre ikliminde -kısa süreli de olsa- yağışların artması, dolayısıyla da sıcaklığın ve buharlaşmanın azalması sonucunu doğuracak önemli bir değişiklik saptanmamıştır (Burdur'un söz konusu yıllardaki yıllık yağış miktarları, kabaca bir fikir vermek üzere Tablo 1'de gösterilmiştir). Yukarıda sözü edilen dönemde gölde yıllık yüzeysel buharlaşma en yüksek (1961, 1962, 1971 yıllarında) 640 mm, en az (1969 yılında) 430 mm olmuştur. Gölün çevredeki yağıştan sağladığı su geliri, ortalama olarak yılda 502 mm dir. Bu duruma göre gölden bir yılda buharlaşan su miktarı, gölün yüzeysel akıştan sağladığı su miktarından

*) Su yılı, bir önceki yılın Ekim ayında başlayıp, o yılın Eylül ayı sonunda biter. Örneğin 1970 su yılı, 1969 yılının Ekim, Kasım, Aralık, 1970 yılının Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarını kapsamaktadır.

fazladır. Dolayısıyla Burdur Gölünün esas itibariyle karstik yeraltı suyu ile beslendiği anlaşılmaktadır. Bu nedenle göldeki seviye yükselmesinin çevredeki iklim değişikliğiyle önemli bir ilişkisi olmadığını söylemek mümkündür (4; S. 1-4). Beyşehir Gölünde Burdur Gölüne benzer seviye değişmelerinin 35 yıllık «Brückner Peryodu» na uygun olduğu görülmüştür (1; S. 79-80). Ancak Burdur Gölündeki seviye değişmelerinin periyodik olup olmadığı, seviye ölçmelerinin kısa süreli olması nedeniyle şimdilik belli değildir.

TABLO : 1

BURDUR GÖLÜNDE 1960-1971 YILLARI ARASINDA SEVİYE DEĞİŞİMİ

Su Yılı	Maksimum Seviye (m)	Minimum Seviye (m)	Yıl içindeki Seviye Farkı (m)	Ortalama Seviye (m)	Yıllar Arasında Seviye Farkı (m)	Yıllık Toplam Yağış (mm)
1960	851.82	851.14	0.68	851.48		518.9
1961	852.21	851.23	0.98	851.72	+ 0.24	366.0
1962	851.94	851.31	0.63	851.63	- 0.09	418.1
1963	852.52	851.29	1.23	851.91	+ 0.28	412.7
1964	852.25	851.76	0.49	852.01	+ 0.10	394.0
1965	853.10	851.66	0.44	852.35	+ 0.34	474.4
1966	853.80	852.45	1.35	853.12	+ 0.77	503.3
1967	854.40	853.10	1.20	853.75	+ 0.63	353.8
1968	855.34	853.73	1.61	854.53	+ 1.78	515.8
1969	857.10	854.90	2.20	856.00	+ 1.47	615.2
1970	857.45	856.58	0.87	857.02	+ 1.02	286.6
1971	857.43	856.81	0.62	857.12	+ 0.10	—
Toplam Fark	5.61	5.67	—	5.64	—	—

Göl tabanında su seviyesini önemli ölçüde etkileyecek epirojenik bir kubbeleşme meydana gelmiş olması ihtimali de çok zayıftır. Çünkü böyle bir olayın, gölü çevreleyen arazide de yükselme ve alçalmalar şeklinde bazı deformasyonlara yol açması beklenir. Böyle bir durum saptanmadığına göre, bu ihtimal de bir yana bırakılabilir. Kaldı ki 1971 yılında Devlet Su İşleri tarafından yapılan göl tabanına ait eşyükseleli eğri haritasında da böyle bir durum görülmemektedir.

Çevredeki küçük göl ve bataklıkların kurutulması amacıyla buradaki suların Burdur Gölüne akıtılması, ayrıca ve etraflı olarak üzerinde durulması gereken bir konudur. Örneğin Karataş Gölü sularından bir kısmının bir kanalla Burdur Gölüne akan Bozçay'a verilmesi, göle

belli ölçüde bir katkı sağlamıştır. Bu ve buna benzer bazı tedbir ve uygulamalarla Burdur Gölüne akan su miktarında bir ölçüde artış meydana geldiğini kabul etmek gerekir. Ancak kesin miktar verilmemekle birlikte bu artışın, yukarıda belirtildiği gibi yüzeysel akıstan sağlandığı sudan fazlasını buharlaşmayla kaybeden gölün seviyesinde devamlı bir yükselme meydana getirebilecek ölçüde olmadığını söylemek mümkündür.

Bu durumda, gölü tabanından karstik galeri sistemleriyle dış drenaja bağlayan yeraltı ırmaklarına ait ağız kısımlarının, siltasyon sonucu kapanmış olduğu düşüncesi önem kazanmaktadır. Bu düşüncenin haklı olduğunu kanıtlayan bazı hususlara kısaca değinelim:

Yerli halk arasında, Karakent köyü civarındaki Kapıburnu kalker kütlesinin önünde gölün bir gidegeni (suyutan) olduğunu bilen ve buraya atılan samanların 40 km kadar kuzeybatıda, Çardak'taki kaynaklardan ve Acı Göl'den çıktığını söyleyenler vardır. Bir zamanlar gölde karşidan karşıya kereste taşıyan ve anafordan korkarak Kapıburnu yakınlarından geçmekten dikkatle kaçındıklarını söyleyen yaşlı kayıkçılar halen hayattadır. Ayrıca Kapıburnu önünde zaman zaman yeraltından patlamaya benzer sesler geldiği ve bu olaylardan sonra göldeki su seviyesinin hızla düştüğü yaşlılar tarafından söylenmektedir.

1971 yılı yaz aylarında İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Fiziki Coğrafya Kürsüsünden Doç. Dr. Muzaffer Bener ile As. Dr. Korkut Ata Sungur'un Burdur Gölü çevresinde yaptıkları, benim de katılmak ve yararlanmak fırsatını bulduğum morfolojik etüdler sırasında, Kapıburnu kalker kütlesinin içinde büyük bir galeri sisteminin varlığı saptanmıştır. Bu sistemin ağız bugün su seviyesinin çok üstünde olup, açıktır. Bu galeri ile bağlantılı olan göl tabanındaki suyutanın, zamanla çevreden göle gelen taşıntı materyali ile tıkanıp anlaşılmaktadır.

Öte yandan Çerçin köyü civarında ve göl kenarında, ayrıca Gölbaşı köyü arazisinin göle bitişik olan kısmında yakın zamanlara kadar varlığı bilinen düdenlerin de tıkanmış olduğu, çevre halkı tarafından söylenmektedir.

Havzanın yukarı kısımlarından aşınıp taşınarak gölge kadar gelen topraklar, yalnız göldeki su dengesini sağlayan gidegelenleri tıkamakla kalmamakta, aynı zamanda gölün tabanını da yavaş yavaş doldurarak, su seviyesinin yükselmesine yardımcı olmaktadır.

Burdur Gölü havzasında toprak erozyonunun hız ve şiddet kazanmasında, arazinin yanlış kullanılmasının yanısıra doğal koşulların

da rolü büyüktür. Thorntwaite sınıflanmasına göre havzanın iklimi (DB₂'sb₁'), «yarıkurak, ikinci dereceden mezotermal, su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede, karasal iklim koşullarından çok deniz (Akdeniz) iklimi koşullarına yakın» iklim tipine girmektedir.

Ortalama yağış miktarı bakımından Burdur Gölü havzası, yurdumuzun orta derecede yağış alan kısımlarındandır (9; S. 3). Ancak aylık ve yıllık yağış miktarları yıldan yıla önemli farklar gösterdiği gibi, yağışların yıl içindeki dağılımları da eşit değildir. Nitekim Temmuz başından Eylül sonuna kadar Burdur'da yıllık yağışın ancak % 7,1 i düşmekte, bundan da anlaşılacağı üzere yaz başlarından sonbahar ortalarına kadar havzada oldukça şiddetli bir kuraklık söz konusu olmaktadır.

Havzadaki yağışların özellikle sıcak mevsimlerde sağanaklar şeklinde olması dikkati çekiyor. Daha çok toprağın henüz nemli olduğu ilk yaz aylarıyla, sonbaharın ilk aylarında görülen «konvektif» yağışlar, geniş alanlardan çok dar alanlara su bırakan, kısa süreli ve şiddetli yağışlardır. Nitekim zaman zaman Burdur'da yıllık ortalama yağışın yaklaşık olarak % 25 inin 24 saat içinde düştüğü görülmektedir.

Jeolojik yapı da erozyonun şiddetini belirleyen faktörlerdendir. Burdur havzasında genellikle Mesozoik, Tersiyer ve Kuaterner'de oluşmuş jeolojik formasyonlar görülür. Bunlar içinde Mesozoik'e ait Kretase ve özellikle Üst Kretase formasyonu genel olarak kalker, marn ve konglomeralarla temsil edilmektedir. Kalker, kalkerli gre ve marn tabakaları birbirleri ile münavebelidirler. Üst Tersiyer'e ait Neojen formasyonu içinde konumuz açısından önem taşıyan Neojen fliş serisi ise, gölün doğu ve güneydoğu kesimlerinde yaygındır. Bu seriyi meydana getiren kalker, marn, kil ve kalkerli gre tabakaları da münavebelidirler (3; S. 1-36).

Bilindiği gibi fliş formasyonu, litolojik özellikleri bakımından aşınmaya ve taşınmaya çok elverişlidir. Çünkü flişleri meydana getiren gre (kumtaşı), kum, marn ve ender olarak da kil tabakaları, aşınmağa karşı direnci zayıf olan tabakalardır. Killi ve marnlı tabakaların üst yüzeyleri yağışlar sırasında çabucak su ile doymuş ve geçirimsiz hale gelmektedir. Bu durumda yağıştan yüzeysel akışa geçen su miktarı fazla olmakta ve bu sular, şişerek gevşemiş olan zeminin yüzeyindeki materyali kolaylıkla taşıyarak, oyuntuların hızla oluşup gelişmesine yol açmaktadır.

Bunların yanısıra, havzada bitki ve özellikle orman örtüsünün yok denecek kadar zayıf olması, yamaç eğimlerinin-özellikle Burdur depres-

yonunun doğu ve güneydoğu kesiminde NNE-SSW doğrultusunda uzanan fay dikliğinin önündeki yamaçlarda- % 100 ün üzerine çıkması da toprak erozyonunun hız ve kuvvet kazanmasına yol açan faktörlerdendir. Toprakların genellikle organik maddelerden yoksun olmaları da bu arada sayılabilir.

Burdur Gölü havzasındaki toprak taşınmalarının şiddetini saptamak amacıyla tarafımdan yapılan araştırmalarda, değişik toprak, bitki örtüsü, eğim ve bakı koşulları altında yüzeysel erozyonla her yıl 1,5-7 mm kalınlığında toprağın taşınmakta olduğu bulunmuştur. Ortalama bir değer olarak yılda 4 mm kalınlığında toprağın taşındığı kabul edilebilir. (Bütün Türkiye için bu ortalama değer, bilindiği gibi en az 1 mm kabul edilmektedir) (12; S. 7). Bu duruma göre yılda 40 m³/ha, ya 4000 m³/km² toprak yüzeysel erozyonla taşınıyor demektir. Bu miktara bir de oyuntu ve mecra erozyonu ile taşınan toprak miktarlarını katmak gerekmektedir. Oyuntu ve mecra erozyonları için, yüzeysel erozyonun % 20 si gibi bir değer almak yoluna gidilebilir (5; S. 20). Bu takdirde Burdur Gölü havzasından yılda 48 m³/ha, ya da 4800 m³/km² toprağın taşınmakta olduğu ortaya çıkar. Gölün kapladığı alan dışında kalan havza yüzölçümü 3212-202 = 3010 km² olduğundan, havzadan yılda toplam olarak 14.448.000 m³ toprağın taşınmakta olduğu anlaşılmaktadır.

Yerlerinden koparılarak yamaçlardan aşağılara taşınan bu materyalden ne kadarının göle kadar gelebildiğini, başka bir deyişle «iletim katsayısı» nın ne olduğunu hesaplayabilmek için elde yeterli veriler yoktur. Ancak yağış alanının pek büyük olmaması, dere sıklığının-özellikle sel derelerinin çokluğu nedeniyle- fazla olması ve dere boylarının çoğunlukla uzun olmamaları düşünülürse, havzadan taşınan bu materyalin en az % 10 unun göle kadar ulaştığını kabul etmek mümkündür. Bu hesaba göre her yıl çevreden göle en az 1,5 milyon m³ toprak akmaktadır. Çeşitli topraklar için özgül ağırlığın 1,5 ton/m³ olarak kabul edilebileceğini düşünürsek, göle yılda 2,25 milyon ton toprak taşındığı söylenebilir.

Burdur Gölü çevresinde yaygın bir biçimde görülen taşıntı konileri ve birçok derelerin göle ulaştığı noktalarda oluşmuş bulunan deltalar da havzadaki materyal taşınmalarının kapsam ve önemi hakkında kabaca bir fikir verebilmektedir. Burdur Gölü çevresinde görülen ve yer yer birbirine eklenerek geniş bir «etek ovası» görünümü kazanmış bulunan taşıntı konileri, genellikle eski konilerdir. Bu arada birçok yeni taşıntı konileri de oluşum ve gelişimlerini sürdürmektedirler.

Göl çevresinde görülen deltaların en büyüğü, Burdur ilinin içinden

geçen Kurna Deresi tarafından meydana getirilmiştir. Gerçekten de bu derenin yukarılardan getirdiği taşıntı materyali gölü bu kısımda daraltmış ve Alibey Çiftliği civarında geniş bir deltanın, gölün içerilerine doğru ilerleyerek 6 km lik bir yay meydana getirmesine yol açmıştır. Buna benzer bir durum, gölün güneybatısındaki Karakent köyü yakınında görülmekte, Kuru Deresinin oluşturduğu delta gölün içerisine doğru ilerlemektedir.

Kısaca söylemek gerekirse, jeolojik devirler boyunca Burdur depresyonunun gelişimi üzerinde önemli etkiler yapan sedimentasyon olayları günümüzde de etkisini -artan bir biçimde- sürdürmekte, havzadaki bitki örtüsünün özellikle yakın zamanlarda tahrip edilmesi sonucunda, doğal dengenin bozulmasıyla hız kazanan erozyon ve siltasyon süreçleri (process), havzanın yukarı kesimlerinden taşınan materyalin göl çanağını giderek doldurmasına yol açmaktadır. Göl tabanındaki gidegenlerin tıkanmasına ve göl hacminin azalmasına sebep olan bu materyalin, son yıllarda gölün su seviyesinde görülen önemli ölçüdeki yükselmenin de başlıca nedeni olması, akla yakın bir düşüncüdür. Aynı düşünüşü dayanılarak göl tabanında eski gidegenlerin, ya da yenilerinin açılması Devlet Su İşleri tarafından denenmiş, fakat bu girişimden şimdilik olumlu bir sonuç alınmamıştır.

Bilindiği üzere yeryüzü şekilleri sürekli bir değişim içinde bulunmakta, başlıca yeryüzü şekillerinden olan göller de jeomorfolojik görüş açısından «geçici» oluşumlar biçiminde nitelendirilmektedir. Göller zamanla ortadan kalkarak, yerlerini alüvyal ovalara, ya da turbalıklara bırakırlar (10; S. 100). Göllerin ortadan kalkmasına yol açan nedenlerin en önemlisi, göllere dökülen akarsuların fazla miktarda taşıntı materyaliyle yüklü olmalarıdır. Bu durum göl çanağının dolmasına yol açmakta, özellikle sığ göllerde dolma, kısa sürede gerçekleşebilmektedir.

Burdur Gölünün en derin yerinin Kapı Geçidi önlerinde olduğu ve bu derinliğin eski ölçmelere göre (gölün su seviyesi 845 m kotunda iken) 110 m yi bulduğu bildirilmektedir (11; S. 36). Buna göre göl tabanındaki en alçak yerin kotununun 845 -110 = 735 m olması gerekir. Oysa D. S. İ.'nin 1970 yılı sonunda tamamladığı iskandil haritasında, en alçak noktanın kotununun 782 m civarında olduğu açıkça görülüyor. Sözü edilen ve yaklaşık olarak aynı yere rastlayan iki kot arasında 782-735 = 47 m fark vardır. İlk ölçmenin yaklaşık bir değer olarak kabul edilmesi halinde bile, göl tabanının en alçak kısmında -siltasyon sonucu dolma nedeniyle- 40 m kadar bir yükselme meydana geldiği ortaya çıkmaktadır. Ancak bundan sonra belli aralarla yapılacak iskan-

diller, göl tabanındaki değişikliklerin gerçek durumu hakkında kesin bir bilgi sahibi olunmasını sağlayacaktır.

Burdur Gölüne çevredeki yamaçlardan taşınıp gelen fazla miktardaki materyalin, gölün su seviyesinde izlenen önemli ölçüdeki yükselmenin başlıca nedeni olduğu görülüyor. Bu yükselme sonucunda gölü çevreleyen ve havzanın en verimli tarım alanlarını oluşturan ovaların göle bitişik olan geniş bir şeridi su altında kalmış, gölün güneyindeki verimli ovanın bir kısmı da bataklık haline gelmiştir.

Gölün su seviyesindeki yükselmenin dolma ile orantılı olarak sürüp gitmesi beklenemez. İklim koşullarının değişmeden kalacağı düşünülse bile, su seviyesinin yükselmesi ve dolayısıyla gölün yüzey alanının büyümesi sonucu artacak olan buharlaşma ile gölün su geliri arasında bir noktada denge meydana gelecektir. Kaldı ki, 1970 yılından bu yana yağışların önemli ölçüde azalması nedeniyle su seviyesinde önce bir duraklama, sonra da gerileme meydana gelmiştir. Ancak havzadaki toprak taşınmaları ve gölün taşıntı materyaliyle dolması, olanca hızıyla sürüp gitmektedir. Burdur havzasında Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü'nün, Burdur Toprak Muhafaza Grup Müdürlüğü eliyle yürütmekte olduğu başarılı çalışmalar sonunda birçok derelerde yamaçların ve mecraların stabil duruma getirilmeleri sağlanmıştır. Bu çalışmaların olumlu sonuçlarını çevre halkı da görmüş ve yararlarını kavramış bulunmaktadır. Ancak bu çalışmaların daha yaygın ve daha etkili bir biçimde sürdürülmesi için Toprak Muhafaza Örgütüne para, teknik ve yönetim açılarından daha geniş olanaklar sağlanması gereklidir. Toprakların korunması, sel ve taşkın zararlarının önlenmesi ve çıplaklaşmış yurt parçalarının yeşil bir orman örtüsüne kavuşturulması, ancak bu çalışmalara daha çok önem verilmesiyle gerçekleşecektir.

Ö Z E T

Burdur Gölünün su seviyesi uzunca bir süredir yükselmekte ve bu yükselmenin olumsuz etki ve sonuçları havzada önemli zararlara yol açmaktadır.

Burdur Gölünün denizden yüksekliği (su yüzünün yaklaşık ortalama kotu), 1949, 1960 ve 1968 yıllarında basılmış topoğrafya haritalarında sırasıyla 845, 850 ve 854 m olarak gösterilmiştir. 1960 yılında başlanan düzenli seviye ölçmelerine göre ise, 1960-1971 yılları arasında

göldeki ortalama su seviyesinin 851.48 m den 857.12 m ye çıktığı ve böylece 5.64 m lik bir yükselme meydana geldiği anlaşılmaktadır.

Gölün su seviyesinin yükselmesinde etkili olabilecek değişik faktörler arasında en önemlisi, gölü tabanından karstik galeri sistemleriyle dış drenaja bağlayan yeraltı ırmaklarına ait ağız kısımlarının siltasyon sonucu kapanmış bulunması ve havzadaki akarsuların göle kadar getirdiği taşıntı materyalinin, gölün sığıştırma (istiâb) hacmini azaltmakta olmasıdır.

Yapılan ölçme ve hesaplara göre her yıl havzanın yukarı kısımlarından koparılıp taşınan yaklaşık olarak 14,5 milyon m³ toprak materyalinin 1,5 milyon m³ kadarı akarsular tarafından göle kadar ulaştırılmaktadır. Eski ve yeni ölçmelerin karşılaştırılmasıyla, göl tabanındaki en derin kısmın çevreden taşınan materyalle dolarak 40 m den fazla yükseldiği görülmüştür. Ayrıca, yukarılardan taşınıp gelen materyalin büyük kısmı göl çevresinde taşıntı konilerinden ve deltalarından oluşan geniş bir ovanın meydana gelmesini sağlamış bulunmaktadır. Bu koni ve deltalardan çoğu, oluşum ve gelişimlerini bugün de sürdürmektedirler.

Burdur Gölü kapalı havzasının iklim, jeolojik yapı ve bitki örtüsü koşulları açısından toprak erozyonuna çok elverişli bir durumda bulunması ve arazinin yanlış kullanılması, havzada toprak muhafaza konularına bugün olduğundan daha çok önem verilmesini gerekli ve zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmalardan, hem Burdur'u çevreleyen çıplak yamaçların yeşil bir orman örtüsüne kavuşturulması, hem tarım ve yerleşme alanlarının sel ve taşkın zararlarından korunması, hem de çevreye ayrı bir güzellik ve özellik kazandıran Burdur Gölünün siltasyondan korunması gibi çok yönlü yararlar sağlanmış olacaktır.

Y A R A R L A N I L A N K A Y N A K L A R

1. Alagöz, C.: «D.S.İ. Sulama Sempozyumu ve Erozyon Semineri» D.S.İ. Yayını, Sayı 106, Ankara 1959.
2. Ardel, A. : «Göller Bölgesinde Morfolojik Müşahadeler» İ.Ü. Coğr. Enst. Dergisi, Cilt I. Sayı 2, 1951.
3. Atalay, İ. : «Burdur Gölü Depresyonu ve Civarının Jeomorfolojik-Sedimentolojik Etüdü» A. E. K. Etüd Raporu, Kızılcahamam 1972.
4. Bener, M., Sungur, K. A. : «Burdur Depresyonu» Burdur Valiliğine sunulmuş 23 Ağustos 1971 tarihli Jeomorfolojik Rapor.
5. Cöntürk, H. : «Erozyon, Sediment ve Sedimentasyon Etüdüleri» E. İ. E. Yayını, Ankara 1968.

6. D. İ. E. : «Türkiye İstatistik Yıllığı - 1971» D. İ. E. Yayın No. 670, Ankara 1973.
7. D.S.İ. : «Haritalı İstatistik Bülteni - 1970» Genel Yayın No. 689, Ankara 1970.
8. D.S.İ.: «Burdur Gölü İskandil Haritası 1/25000» Ankara 1970.
9. Irmak, A. : «Türkiye'de Kuraklık Meselesi ve Kurak Sahalarımızda Yapılması Gereken Toprak Araştırmaları» İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt I, Sayı 2, 1951.
10. İnandık, H.: «Akarsular ve Göller» İ.Ü.Coğr. Enst. Yayın No. 28, İstanbul 1964.
11. İnandık, H. : «Türkiye Gölleri» İ.Ü. Coğr. Enst. Yayın No. 44, İstanbul 1965.
12. Tavşanoğlu, F. : «Sel Yataklarının Tahkimi» İ. Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 119, İstanbul 1967.

INFLUENCES OF SOIL EROSION AND SEDIMENT DISCHARGE ON RISE OF WATER-LEVEL OF LAKE BURDUR¹⁾

By

Ertuğrul GÖRCELİOĞLU

Assistant at the Faculty of Forestry,
University of Istanbul

An area located in southwest of Turkey is called as «Lakes Region», which comprises many closed basins and lakes. Western part of this region, namely «Lakes District of Burdur», is also a composition of closed basins where many lakes, small and large, are spread over.

One and the most important of the basins in the Lakes District is Burdur basin, which has a special importance because of excessive soil erosion and comprehensive sediment problems.

This basin is originally a tectonic depression; but, as the southern coast of Anatolia is known to be composed, geologically, mainly of fractured rocks, and because of widespread calcareous formations in the District, it can be said that karstic processes, also, have played an important role -together with those of tectonic ones- on geologic development of this depression (1)²⁾

Lake Burdur, having a catchment area of 3212 sq. km, covers an area of 202 sq. km (5) in the middle of the basin, and has a depth of maximum 72 meters.

Water-level of Lake Burdur had been rising continuously for a long period of time and this phenomenon had brought some unfavourable social and economic limitations for the population living around the Lake. In this paper, some comments on possible reasons for this

1) Prepared for and submitted to the Eleventh Session of the Working Party on the Management of Mountain Watersheds (EFC/FAO) held in Ankara, Turkey, 3-13 June 1974.

2) Number in brackets denotes the literature cited.

rising of water-level will be set forth, and a special importance will be given to the relations between the rising of water in the Lake and soil erosion-sedimentation processes of its environment.

Elevation of Lake Burdur - or its mean water-level above that of the sea - was shown as 845 m, 850 m, and 854 m respectively on topographic maps printed in 1949 (scale: 1/200 000), 1960 (scale: 1/25 000), and 1968 (scale: 1/100 000). These differences between the elevations aren't coming from the use of various methods of map-production; but, we can say that they simply show different mean water-levels of the Lake in those years.

Many persons who live in the surrounding villages agree that the water-level of Lake Burdur had begun to rise in the year 1947. But regular measurements of level dates back to only 1960. Results of these measurements made by State Waterworks Organization, are shown in Table 1 for the years between 1960 and 1971. It can be seen clearly in this table that the average water-level in 1971 is 5.64 m higher than that of 1960.

The most important factors, which possibly may have some influences on the rise of the water-level of Lake Burdur, can be thought as follows:

1. Regional climate may be changed in favor of precipitation, and, on the other hand, evaporation may be decreased because of lower temperatures.
2. A partial or local height in the form of a dome may be raised up at the bottom of the Lake as a result of epeirogenic movements.
3. Canalizing some of the waters from neighbouring small catchments into Burdur basin in order to drain some swamps for gaining of agricultural land may be effective on water-level of the Lake
4. Sinkholes transferring water into the underground galleries or rivers may be plugged with eroded soil material delivered into the Lake by several streams and sheet floods.

Now, let's consider each of these probabilities separately and try to find out which one may be the most important reason for the rise of water-level of Lake Burdur:

— A change of climate in favor of precipitation wasn't observed in the region for the years between 1960 and 1971 (Annual precipitations for this period is given in Table 1). Maximum annual evaporation

from the Lake surface -during this period- occurred in 1961, 1962 and 1971 as 640 mm, and minimum in 1969 as 430 mm. 502 mm of water as an average was supplied annually into the Lake from the catchment area. And it can be seen that the annual amount of water lost by surface evaporation from the Lake is more than that received from the catchment area. So it is obvious that Lake Burdur is highly supplied with karstic underground waters. It is possible, therefore, to say that this levelrise of water observed in Lake Burdur is not related to regional climatic changes. By the way, we must point out here that similar level fluctuations observed in Lake Beyşehir since 1905 were said to happen in accordance with a periodic change of climate which is called as «Brückner period» of 35 years (6). But it isn't possible to say the same thing for Lake Burdur, because regular measurements of level don't comprise a long period yet.

— Any deformation at the bottom of the Lake as a result of epeirogenic movements seems improbable, because such an epeirogenic mo-

TABLE : 1

WATER-LEVELS OF LAKE BURDUR BETWEEN THE YEARS 1960-1971

Water Year*	Maximum Level (m)	Minimum Level (m)	Annual Level Fluctiation (m)	Average Level (m)	Annual Rise of Level (m)	Annual Precipitation (mm)
1960	851.82	851.14	0.68	851.48	+ 0.24	518.9
1961	852.21	851.23	0.98	851.72	— 0.09	366.0
1962	851.94	851.31	0.63	851.63	+ 0.28	418.1
1963	852.52	851.29	1.23	851.91	+ 0.10	412.7
1964	852.25	851.76	0.49	852.01	+ 0.34	394.0
1965	853.10	851.66	0.44	852.35	+ 0.77	474.4
1966	853.80	852.45	1.35	853.12	+ 0.63	503.3
1967	854.40	853.10	1.20	853.75	+ 0.78	353.8
1968	855.34	853.73	1.61	854.53	+ 1.47	515.8
1969	857.10	854.90	2.20	856.00	+ 1.02	615.2
1970	857.45	856.58	0.87	857.02	+ 1.02	286.6
1971	857.43	856.81	0.62	857.12	+ 0.10	—
Difference between 1960-1971	5.61	5.67	—	5.64	—	—

*) «Water year» begins on October 1st of the previous year and ends on September 30 th of that year; e.g., water year 1970 involves the months October, November, December of 1969, and January, February, March, April, May, June, July, August and September of 1970.

vement would also lead to some deformations on lands surrounding the Lake; but, there hasn't been noticed any deformation around the Lake (3). In addition, there isn't such a deformative situation seen on the isobatic map of the Lake which was made by State Waterworks Organization in 1971.

— It seems necessary to consider carefully the matter of canalizing some of the waters from some adjacent catchments to Lake Burdur in order to drain agricultural lands and swamps. Lake Karataş, for example, is partly drained by a constructed canal into Bozçay Creek which flows to Lake Burdur, and this may be thought as an extra input for the natural water balance of the latter. It is acceptable that some local treatments and applications of this kind have increased the amount of water flowing into the Lake. But, this increase of a certain amount seems not to be the reason of that continuous rising of the water-level because there is an important difference between the quantities of water flowing into the Lake and evaporating from it, as had been stated before.

— And so, while other probable reasons are being excluded or pushed back to the second plan, the idea of plugged sinkholes and silting comes out clearly as having a strong effect on the rise of water-level.

This idea is also supported by many proofs, and seems as an expression of the real situation. There are old inhabitants, for example, who know that there was a sinkhole at the bottom of the Lake not far from the calcareous mass of Kapıburnu Cape, and it is also said that straw thrown to the Lake near that sinkhole had come out some time later from the springs near Çardak and from Lake Acıgöl, which is located in the NW of Lake Burdur. This underground connection of the two basins has a length of about 40 km. Besides, an old boatman who used to carry timber many years ago across the Lake Burdur said he -and the others who used to do the same job- always had to be careful not to come close to that cape because of dangerously eddied waters around it. Also some other old people said that a booming sound was heard occasionally coming from underground at the same place, and this was followed by a fast fall of water-level. As a matter of fact, during geomorphological studies around the Lake in 1971 (3), it was found out that there is a widespread system of galleries inside the calcareous mass of Kapıburnu. Mouth of this system is above the water-level today, and it is highly possible that the sinkhole -which was working years ago- at the bottom of the Lake is combined to this sys-

tem. But, it seems that this sinkhole was plugged later with soil material brought to the Lake by surface waters from the catchment area, and doesn't work anymore since a long time.

On the other hand, some other sinkholes known to be and work at the eastern shore of the Lake and near the villages of Gölbaşı and Çerçin are plugged now with material brought by some torrential creeks.

These sinkholes and possibly many others are not transferring water-at least enough water-any more into the underground galleries or rivers. Besides, of course, soil material itself is also filling the Lake gradually. And so, it can be said that soil erosion and siltation are playing important roles on the rise of water-level of Lake Burdur.

Soil erosion in the catchment area of Lake Burdur is highly accelerated by misuse of lands in addition to unfavourable natural conditions. It will be useful to summarize these conditions briefly:

According to Thorntwaite's classification, Burdur has a semiarid and mesothermal climate with some water excess in winter, and is closer to oceanic conditions rather than continental ones.

Annual average amount of precipitation is about 437,8 mm. But, monthly and annual amounts of precipitations are highly different from year to year and, also, annual precipitation isn't distributed normally all the year round. In fact, only % 7.1 of annual precipitation is seen to fall between early July and late September in Burdur, and so there is an extremely drought period from the beginning of Summer to the middle of Autumn.

Convectional rainfalls, which generally effect relatively small areas, often have a torrential character, and are seen especially at the beginning and at the end of Summer. For example, nearly % 25 of annual average precipitation is observed to fall in a period of 24 hours in Burdur.

Geologic structure and lithologic characteristics of the District, also, play an important role on the rate of erosion. Mesozoic, Tertiary and Quaternary formations are lying in and around the basin of Burdur. Cretaceous and particularly Upper Cretaceous formations of Mesozoic are generally represented by limestones, marls and conglomerates. Strata of limestone, calcareous sandstone and marl are alternatively sitting on each other. Neogenic flysch formations of the Upper Tertiary, on the other hand, are widespreadly seen in the eastern and

southeastern parts of the catchment area. These flysch formations are combined of alternative limestone, marl, clay and calcareous sandstone strata (2).

Flysch formations are known as having not enough resistance to erosive agents, because each stratum of sandstone, sand, marl and -rarely- clay which builds up these formations are highly erodible. Outer surfaces of clayey and marly strata, for example, are being saturated with water and swelled in a short time during rainfalls, and then, a large amount of water flowing down on the surface of the slope is eroding these swollen material easily. This phenomena seems to be one of the most important reasons of those deep gully formations developing on the eastern slopes facing to the Lake.

In addition, destructed and inadequate vegetative cover of the catchment area, slopes rising occasionally over % 100, and soils with a little or without organic matter are also important factors which are highly accelerating the soil erosion.

According to my researches and observations in Burdur basin carried for more than three years, it was found that 1.5-7.0 mm of soil is being surficially eroded every year under relatively different soil, cover, slope, and slope exposure conditions. Let's say that 4 mm of soil is eroded, as an annual average, and then it will mean that 40 cu. meter per hectare, or 4000 cu. meter per sq. kilometer of soil is transported downward as a product of surface erosion. This amount is generally accepted as being 10 cu. meter per hectare annually for Turkey (8). In addition, it is possible to take % 20 of the surface erosion for watercourse and gully erosions. Then, it can be said that 48 m³/ha, or 4800 m³/km² of soil is being transported annually in Burdur basin. As the catchment area -except surface area of the Lake- is 3212-202 = 3010 sq. km., we can say that totally 14 448 000 cu. meter of soil is eroded every year from the catchment area of Lake Burdur.

We haven't enough data yet to find out a *sediment delivery ratio* for the catchment area. It is possible, however, to think that at least % 10 of the material eroded from the catchment area is being delivered into the Lake of Burdur. Hence, at least 1.5 million cu. m of eroded material, or in other words, *more than 2 million tons of soils are being carried to the Lake every year.*

By the way, widespread alluvial cones and deltas all around the Lake are also giving reliable impressions of those highly important erosion and sedimentation processes going on in the catchment area.

Old and wide alluvial cones have a scenery of a piedmont plain especially on the eastern side of the Lake. Also many young cones of dejection are continuously developing all over the lowlands around the Lake.

The largest delta has been formed up near Alibey Çiftliği (Alibey Farm), on the eastern shore, by Kurna Deresi (Kurna Creek), which passes through the city of Burdur. In fact, material delivered by this creek has developed a delta with an arch of 6 km, extending into the Lake and narrowing that part of it. A similar situation can be seen on the southwestern shore of the Lake, where a delta is developing at the mouth of Koru Deresi (Koru Creek) near the Village of Karakent.

Briefly we can say that these erosion and sedimentation processes which had played important roles on the formation of Burdur depression throughout the geologic epochs were accelerated especially during the last two or three decades by gradual destruction of vegetative cover and natural balance. As a result of accelerated erosion, a large amount of soil material is being delivered to the Lake every year. This material, which is plugging many sinkholes and filling the Lake, seems to be one of the most important reasons of that rise of water-level. The same idea, on the other hand, was the motive of efforts done by State Waterworks to clear the mouths of the plugged sinkholes, or to blow out new ones; but, unfortunately, these efforts couldn't be successful.

By the way, there is a difference of about 40 meters between the previous and recent measurements of the deepest point of Lake Burdur (7). This, also, shows clearly that Lake is silting up gradually. We'll have more reliable knowledge about the rate of silting, however, when fathometric measurements will be done periodically.

Rising waters of Lake Burdur, on the other hand, has covered a large strip of agricultural land surrounding the Lake, and some part of the plain at the southern end of the Lake has turned into a swamp.

However, this rise of water-level can't go on in accordance with silting up, of course. Even if the climatic conditions remain unchanged, there will be a level of balance, because more water will evaporate from a larger water surface. In fact, rise of the level tends to stop in 1970s, and even a gradual regression has been observed in these years because of the lower rainfalls. But, unfortunately, it isn't possible to use the land which, once, was covered with salty

waters of the Lake for agricultural purposes at least for a long period of time.

Soil erosion all over the catchment area, sediment problems on lowland fields, and silting up of the Lake, however, are keeping their importance. By the way, it is a necessity of appreciation to tell that numerous watercourses and slopes of many streams or torrential creeks around the Lake were successfully stabilized by persistent efforts of Soil Conservation Group of Forest Service in Burdur. Useful results of these efforts are clearly seen and understood by a large amount of population living in the area. Nevertheless, it is necessary to support the Conservation Group with more favourable financial and technical possibilities in order to maintain and extend its work in a more effective manner.

An effective conservation of soils, prevention of flood damages and reforestation of denuded landscapes all around the country can be executed completely, I believe, when more importance and sufficient possibilities are given to the regional groups of Forest Soil Conservation.

S U M M A R Y

Water-level of Lake Burdur had been rising for a long period of time and this phenomenon was the source of widespread hazards in Burdur basin.

Topographic maps printed with different scales in 1949, 1960 and 1968 shows the levels of Lake Burdur as 845 m, 850 m, and 854 m respectively in those years. And according to proper measurements made by State Waterworks Organization, average water-level of the Lake had risen up from 851.48 m to 857.12 m between the years 1960 and 1971. In other words, average measured water-level rise was 5.64 m in the last decade.

One of the most important factors affecting this rise of level seems to be large amounts of eroded material delivered into the Lake by numerous streams and torrential floods. This material has plugged some sinkholes at the bottom and on the shores of the Lake, which were transferring water from this closed basin into the underground galleries or rivers. The bowl of the Lake is also being silted up by this material and losing its capacity gradually.

It is estimated that nearly 14.5 million cu. meters of soil is eroded annually in the catchment area, and about 1.5 million cu. meters - or more than 2 million tons- of this material is delivered into the Lake every year. In fact, the deepest point of the Lake Burdur seems to be lessened about 40 meters, according to the previous and recent measurements. Besides, a large amount of material eroded and brought down from the hills has developed a large strip of piedmont plain which is composed of several cones of accumulation and deltas. Also many other cones and deltas are on their way to development.

Climatic, geologic and vegetative conditions are quite favourable for accelerated erosion in the closed basin of Burdur. Therefore, it is absolutely necessary to consider the problems of soil conservation more seriously and to widen proper measures in the framework of a complete watershed management plan. These efforts will bring multiple advantages, and, for example, denuded hills and slopes in and around Burdur will be covered with green forests, arable and inhabited lowlands will be protected from torrential floods, and silting up of Lake Burdur, which has a special effect on environmental beauty, will be prevented to a certain degree.

LITERATURE CITED

1. Ardel, A. «Göller Bölgesinde Morfolojik Müşahadeler» - (Morphologic Observations in Lakes Region). İ. Ü. Coğrafya Enst. Dergisi, Cilt I, Sayı 2, İstanbul 1951 (pp 1 - 15).
2. Atalay, İ. «Burdur Gölü Depresyonu ve Civarının Jeomorfolojik - Sedimantolojik Etüdü» - (A Geomorphologic - Sedimentologic Study of Burdur Depression and Its Environment). A. E. K. Etüd Raporu, Kızılcahamam 1972.
3. Bener, M. - Sungur, K. A. «Burdur Depresyonu» - (Geomorphologic Report on Burdur Depression). Burdur Valiliğine Sunulmuş Rapor, Burdur 1971.
4. Cöntürk, H. «Erozyon, Sediment ve Sedimentasyon Etüdüleri» - (Studies on Erosion, Sediment and Sedimentation). E. İ. E. Yayını, Ankara 1968 (p 20).
5. D. İ. E. (Turkish State Institute of Statistic) «Türkiye İstatistik Yıllığı-1971» (Statistical Yearbook of Turkey - 1971). D. İ. E. Yayın No. 670, Ankara 1973 (p. 12).
6. D. S. İ. (Turkish State Waterworks Organization) «Sulama Sempozyumu ve Erozyon Semineri» - (Irrigation Symposium and Seminary on Erosion). D. S. İ. Yayını, Sayı 106, Ankara 1959 (pp 79-80).
7. İnandık, H. «Türkiye Gölleri» - (Lakes of Turkey). İ. Ü. Coğrafya Enst. Yayın No: 44, İstanbul 1965 (p. 36).
8. Tavşanoğlu, F. «Sel Yataklarının Tahkimi» - (Torrent and Avalanche Control). İ. Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 119, İstanbul 1967 (p. 7).