

BARAJ GÖLLERİNDE SEDİMENT BİRİKİMİ VE SEDİMENT YIKAMA (FLUSHING) METHODU

Selay Pekmezci¹, Beyhan Buttanrı²

Özet

Rezervuarlar, suyun depolaması için oluşturulan suni göllerdir. Tüm dünyadaki rezervuarlar, rezervuara boşalan nehirlerin taşıdığı sürüntü malzemelerinin birikimi sonucu, depolama kapasitelerini yitirmektedirler. Oluşan bu kaybın maliyeti kabaca yılda 6 milyar dolar olarak hesaplanmıştır (Mahmood, 1987). Bu konunun önemi gözönünde bulundurularak, rezervuarın depolama kapasitesini korumaya yönelik metodlar geliştirilmiştir. Bunlar şöyle sıralanabilir: sedimentin girişini azaltacak metodlar, sedimentin yıkama (flushing), boşaltma (sluicing) işlemleri ile temizlenmesi ve de sedimentin tarama (dredging) ve sifonlama (syphoning) yöntemleri ile aktarılması (sediment removal). Bu çalışmada geniş bir kaynak taraması yapılarak sediment yıkama (flushing) yöntemi üzerine genel açıklamalar verilmiştir.

1. Giriş

Dünya genelinde yaklaşık 40,000 büyük rezervuar su temini, enerji üretimi, taşkın kontrolü vb. amaçlı işletilmektedir. Katı madde birikimi sebebiyle, bu rezervuarlardaki depolama hacmi kaybının yılda yüzde bir ila elli arasında değiştiği görülmektedir. Sadece günümüz dünya toplam depolama hacminin sürdürülebilmesi için yılda inşa edilmesi gereken yeni baraj sayısı 300'den 400'e kadar çıkmaktadır (White, 2001). Şüphesiz hızla artan dünya nüfusu ve kişi başı tüketim miktarındaki artış, su kaynaklarının etkili yönetilmesi konusuna önem kazandırmaktadır. Mevcut rezervuar kapasitelerinin korunması bu konunun dikkate değer alt başlıklarından birini oluşturur.

Rezervuar kapasitesi koruma yöntemlerinden yıkama (flushing) metodu hem mevcut barajlarda hem de yeni yapılmakta olan barajlarda uygulanabilmektedir. Bu yöntem bugüne değin dünyada birçok rezervuarda uygulanmış ancak belli elverişli koşullar altında etkili sonuçlar vermiştir.

¹ İnşaat Mühendisi, Eser Proje ve Mühendislik A.Ş.

² İnşaat Yüksek Mühendisi, Eser Proje ve Mühendislik A.Ş.

2. Rezervuarlarda Sediment Birikimi ve Sediment Yıkama (Flushing) Yöntemi

2.1. Rezervuarlarda Sediment Birikimi

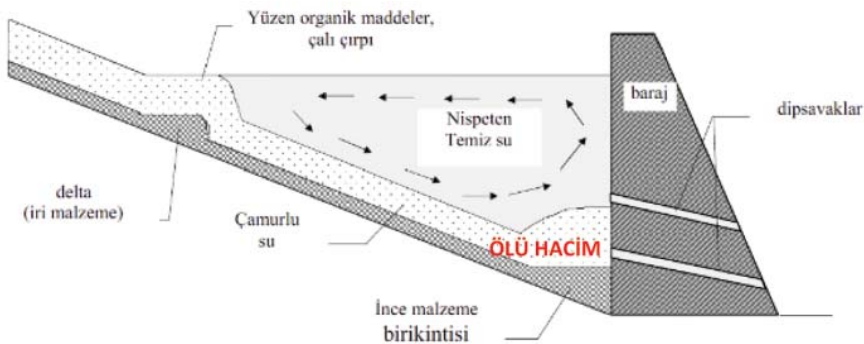
Akarsularda suyun hidro dinamik etkisi ile harekete başlayan, belli bir süre yatak tabanı üzerinde sürüklenerek, sıçrayarak (yatak yükü) veya su içerisinde yüzerek (asılı, süspanse) hareketine devam eden, suyun hızının azaldığı yerde belli bir zaman sonra çökelen katı maddelere Sediment (Rusubat, Çökelti maddesi) denir.

Tüm dünyada her yıl 14x109 ton süspanse yükün ve 1x109 ton yatak yükünün nehirler tarafından yüzeysel su birikintilerine taşındığı tahmin edilmektedir (Annandale, 1987). Sediment yüklü su rezervuara girince, akımın hızı ve türbülanslılığı önemli ölçüde azalır ve bunun bir sonucu olarak asılı durumdaki parçalar ile yatak yükünün büyük bir bölümü çökler. Böylece rezervuarın girişinde delta şeklinde sediment birikmeye başlar.

Akım içerisindeki sedimenti askıda tutan türbülansın ve akım hızının azalması daha ince malzemelerin deltanın mansap bölümlerinde ve baraj gövdesine yakın kısımlarda birikmesi sonucunu doğurur. Askıdaki çok yüksek malzeme konsantrasyonu yığılmayı veya bulanıklılık akımlarının (turbidity currents) aşındırma etkisini hızlandırır. Bu bulanıklılık akımı (turbid flow) baraj gövdesine ulaştıkları bölgelerde çamur gölcükleri oluşturacak şekilde çökler. Bu oluşumlar ve bir rezervuardaki sediment birikiminin dağılımı Şekil 1'de görülmektedir.

Sedimentin göl alanında birikmesi ile barajların kullanılabilir kapasitesi giderek azalır. Baraj haznelerinin ekonomik ömrü boyunca sediment ile dolması beklenen hacmine ölü hacim denir (Şekil 1). Su depolama yapıları inşaatının büyük harcama gerektirmesi ve akarsu güzergahında depolama yerlerinin kısıtlı bulunması, sediment birikimi için ayrılacak olan ölü hacmin güvenilir olarak belirlenmesini zorunlu kılmaktadır.

Ülkemizde mevcut rezervuarların kapasitelerinin korunması, katı madde birikiminin işletim koşullarına zarar vermemesi konusu son yıllarda önem kazanmıştır. EİE'nin 2006 senesinde hazırladığı Süspanse Sediment Gözlemleri Yıllığı işletmedeki baraj rezervuarlarının hacimlerindeki azalmayı gerçekçi bir şekilde ortaya koymaktadır. Bunlara örnek olarak; 1937 senesinde yapılan Çubuk 1 barajının tüm hacminin yarıdan fazlasının, 1956 yılında yapılan Seyhan barajının 1/5'inin, 1960 yılında yapılan Demirköprü barajının



Şekil 1 - Bir Rezervuarda Sediment Birikimi

1/5'inin, 1958'de yapılan Kemer barajının 1/3'ünün, 1965'te yapılan Kartalkaya Barajının ölü hacminin tamamının katı madde ile dolmuş olduğu verilebilir.

Göğüş M. ve Adıgüzel F. DSİ Genel Müdürlüğü tarafından işletmeye alınmış 16 barajın mevcut hidrografik etütlerinin analiz neticelerinde hazırladıkları çalışmada, sediment hesaplarının sadece ölü hacim üst kotunun tayini açısından değil de aktif hacimde oluşacak daralma ve baraj ekonomik ömrü içerisinde beklenen fonksiyonlardaki azalma açısından önemli olduğunu belirtmektedirler.

Sediment karakteristikleri de göz önünde bulundurulması gereken bir diğer konudur. Hidroelektrik enerji tesislerinde türbünlenecek olan suların boyutunun 0,2-0,3 mm'den daha büyük katı maddelerden arındırılmış olması gerekir. Son yıllarda tasarımda önerilen optimum katı madde çapı ise 0.15 mm'dir. Francis türbin projelerinde, göz ardı edilen bir diğer husus ise türbin çarkı ve kapak plakası arası açıklık miktarıdır. Bu açıklık genellikle 0.5 mm'dir ve 0.3-0.4 mm boyutundaki katı maddelerin bu boşluğa girmeleri türbine ciddi hasar vermektedir (Agrawal, 2005). Örneklemek gerekirse; Konya'daki Göksu-Yerköprü elektrik üretim tesislerinin, su alma yapılarına giren çok miktardaki iri malzemeden dolayı, türbin kanatları ve diğer makine kısımlarının kullanılmayacak hale geldiği verilebilir (EİE Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri Yıllığı, 2006).

2.2 Sediment Yıkama (Flushing) Yöntemi

Sediment yıkama (flushing) yöntemi genel anlamda rezervuarda biriken sedimentin dipsavaklarla mansaba bırakılmasıyla hidrolik olarak temizlenmesi olarak tanımlanır. Bu yöntemde sediment tarama (dredging) veya diğer aktarma yöntemlerine başvurulmadan depolama hacmi geri kazanıldığı için, flushing en ekonomik sediment uzaklaştırma metodlardan biri olarak kabul edilmiştir (Emamgholizadeh ve diğ., 2006).

Hidrolik yıkama yöntemi yeni bir teknik olmamakla birlikte, ilk olarak İspanya'da 16. yüzyılda uygulandığı bilinmektedir (Emamgholizadeh ve diğ., 2006). Yöntem uygulanırken farklı işletme senaryolarından biri tercih edilir.

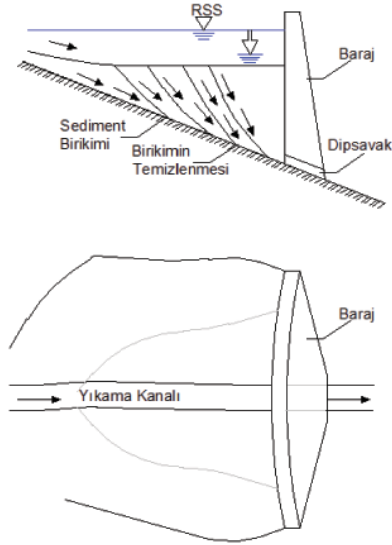
2.2.1 Serbest Yüzeyli Akımla Yıkama

Serbest yüzeyli akımla yıkama yapılırken rezervuar tamamen boşaltılır, enerji üretimi tümü ile kesilir. Membadan gelen akım rezervuardan dipsavaklara doğru bir güzergah izler ve doğal nehir akım koşullarına benzer bir özellik taşır (Şekil 2).

Yıkama akımları biriken sediment içinde kendilerine derin bir kanal oluştururlar, devam eden yıkama işlemlerinde bu kanal genişler. Bu metotta vadilerin yan sırtları ve taşkın yataklarında sediment taşınımı olmaz.

Rezervuarların boşaltılması işlemi daha çok depolama kapasitesi azalarak kullanım dışı kalan küçük rezervuarlarda uygulanmaktadır. Bu barajlarda küçük olan faydalı hacmin büyük bir bölümü hemen baraj gövdesi yanında olduğu için, dipsavak kapaklarının belirli bir süre açık bırakılması halinde çökelen sedimentin bir bölümü akım tarafından yıkanabilmektedir (Fan, 1985).

Rezervuardaki boşaltma ve yıkama işlemleri genellikle taşkın zamanında yapılan yıkamalar ile sediment birikiminin önlenemediği rezervuarlarda uygulanmaktadır.



Şekil 2 - Serbest Yüzeyle Akımla Yıkama

Taşkın debisinin rezervuara ulaşmasından önce boşaltılmış durumda olan rezervuarlarda bu debiler, yüksek sürüklenme gücü ile tam konsolide olmamış zeminleri harekete geçirerek etkili bir şekilde mansaba taşımaktadır. Rezervuarların yıkama periyodunun taşkın periyodu olarak belirlenmesi durumunda yıkamadan sonraki dönemde rezervuarda çok ciddi bir sediment birikimi oluşmamaktadır.

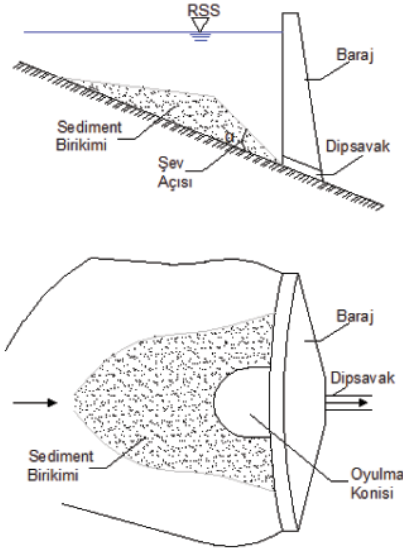
2.2.2 Basınçlı (Orifis Akımı) Yıkama

Rezervuardaki su seviyesi yıkama sırasında yüksek tutulur. Genellikle işlemde elektrik üretiminin etkilenmemesi için rezervuar su seviyesi minimum su seviyesinin üzerinde olacak şekilde bırakılır. Bu yöntemde yıkanma ve taşınma dipsavağın çevresinde limitli bir alanla sınırlıdır.

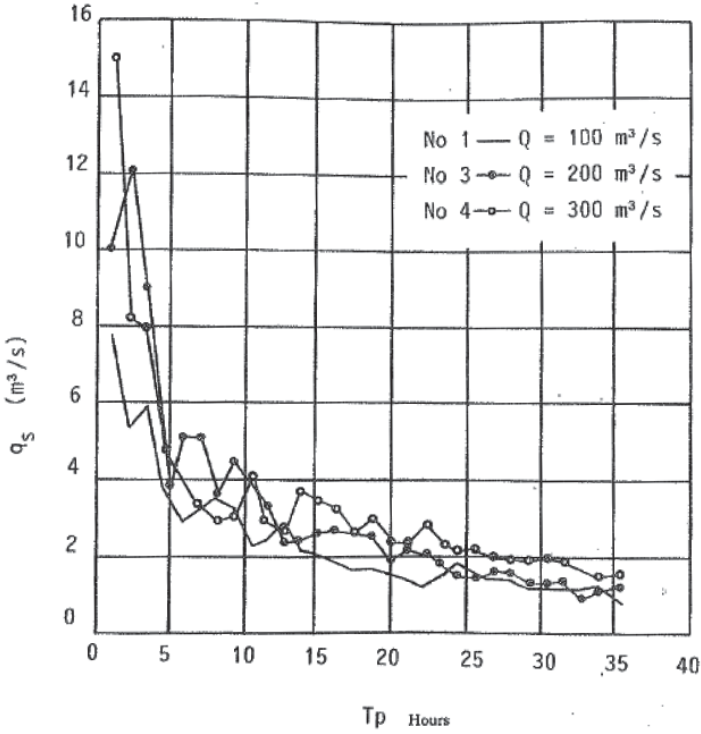
Yıkama akımı sonucu dipsavak önünde huni şeklinde bir oyulma çukuru oluşur (scour cone). Bu oyulma çukuru şevlerin eğimi doğal kayma açısına erişene kadar gelişir (Scheuerlein, 1987). Oyulma çukuru geometrisi sedimentin doğal kayma açısından, rezervuara giren ve çıkan debi miktarından, sedimentin karakteristiğinden vb. etkilenir.

Oyulma çukuru dipsavağın önünde sediment birikiminin azalmasını ve yapının aşınma ve kaviteasyondan etkilenmemesini sağlamaktadır. Rezervuarın yer aldığı vadi tabanının dar oluşu, bu işlemde yıkama verimliliğini büyük oranda arttırmaktadır.

Basınçlı yıkama yöntemi ile sediment boşaltımının zamana bağlı değişimini laboratuvar model çalışmaları doğrultusunda gösterir grafik yukarıda verilmiştir (Takasu, 1982). Zamana bağlı olarak sediment boşaltım miktarı azalış göstermektedir. Dipsavak kapaklarının açıldığı ilk anlarda katı madde boşaltım hızının çok yüksek olduğu, bu süreçte dipsavağın hemen yakınındaki ince malzemenin yıkandığı bilinmektedir. Akabinde enerji gradient eğrisinin ve sediment boşaltım hızının ani bir şekilde düştüğü görülmektedir, bu düşüş denge koşulu yakalanana kadar devam eder.



Şekil 3 - Basıncılı Yıkama

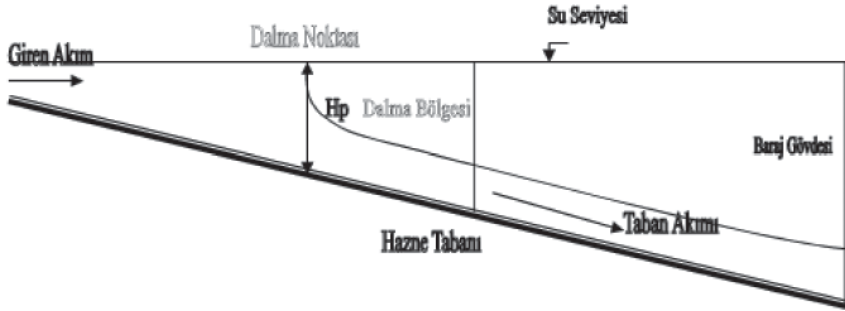


Şekil 4 - Sediment Boşaltımının Zamana Göre Değişimi (Takasu 1982)
 q_s (m³/s) - T_p (saat)

2.2.3 Yoğunluk Akımlarının Yıkanması (Density Current Flushing)

Bir baraj gölüne gelen su, hazne içinde bulunan su ile genelde farklı özgül kütleye sahiptir, çok nadir özgül ağırlıkları aynı olabilir. Özgül ağırlıktaki bu farklılık, sıcaklık farkları, çözülmüş madde konsantrasyonu ve askı maddesi konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir.

Rezervuara gelen suyun özgül kütlesi, haznedeki mevcut suyun özgül kütlesinden düşük olduğu durumlarda, Şekil 5'ten de görüldüğü gibi özgül kütlesi düşük olan akım, hazne suyunun altına girerek, tabanı boyunca akmaya devam eder (Farrel ve Stefan, 1986).



Şekil 5 - Rezervuarda Dalmış Akım Şekli

Rezervuara giren akım, dalmaya başladığı bölgede dalmış akım veya genel bir isimle yoğunluk akımını meydana getirir. Akımın dalmasının bittiği noktadan sonra taban akımı oluşur. Akım yüzeyde dalma noktası olarak tanımlanan noktadan itibaren dalmaya başlar. Rezervuardaki bu dalmış akımdan ötürü ters akımlar meydana gelmektedir.

Günümüzde yoğunluk akımlarının mansaba aktarılması, özellikle depolama amaçlı rezervuarlardaki sediment birikimini önleyici etkili bir metod olarak bilinmektedir.

Yoğunluk akımları barajın ilk işletme döneminde rezervuardaki orijinal nehir yatağı boyunca ilerler. Orijinal nehir, yatağının sediment ile dolmasından sonra daha geniş bir rezervuar tabanı üzerinde hareket eder. Bu durumda yoğunluk akımı birim debisi ilk işletme dönemine nazaran azalır.

Rezervuarlardan yoğunluk akımları ile mansaba bırakılan sediment konsantrasyonu, rezervuarın topografyasına, rezervuara giren debiye, sediment miktarı ve özelliklerine, dipsağın rezervuar tabanından olan yüksekliğine, dipsavak deşarj kapasitesine, yıkama debisine, rezervuarın uzunluğuna, mansaba boşaltım esnasındaki rezervuar su kotuna bağlıdır.

Küçük rezervuara giren büyük debilerle daha etkili bir sediment boşaltımı yapılabilir. Etkili bir boşaltım için diğer etkili faktörler yüksek sediment konsantrasyonu, büyük ve küçük kapasiteli dipsavaklar ve dipsavaklardan büyük debi deşarjı olarak sayılmaktadır.

3. Yıkamanın Etkinliği Üzerindeki Etmenler

Yıkama işleminin başarılı sonuç verebilmesi için aşağıda sıralanan koşullar hesaba katılmalı ve sağlanmalıdır (White, W. R, 2001):

Hidrolik Koşullar: Yapılan çalışmalarda rezervuar su seviyesinin alçaltılmasının yıkama verimliliğini arttırdığı görülmüştür. Bu aşamada önemli etmenler:

- Dipsavağın boşaltım hidrolik kapasitesi yıkama periodu boyunca rezervuarın sabit bir seviyede kalmasını sağlayabilmelidir
- Dipsavaktan boşalan debi, rezervuarın yıllık ortalama debisinin en az iki katı olmalıdır

Yıkama İçin Gerekli Debi Değeri: Taşınacak sedimenti yıkamaya yetecek miktar debi akışı rezervuara sağlanmalıdır.

- Yıllık ortalama akımın rezervuar hacmine kıyasla büyük olduğu rezervuarlar sediment yıkama işlemi için en uygun tiptir.
- Düzenli akım döngüsüne sahip ve de taşkın sezonu bilinen rezervuarlarda yıkama işlemi optimum sonuç verir. Yıkama işleminin başlatılması için en uygun koşul, taşkın debisi gelmeden önce konsolide olmamış biriken malzeme ile çok düşük su seviyesinin bulunduğu veya boş bir rezervuar koşuludur.
- Rezervuarın yapılış amacına göre sulama ve/veya enerji üretimi için ayrılan debi, dipsavaktan boşaltılan debi ve rezervuara gelen akım arasında denge sağlanmalıdır.
- Rezervuardaki yıkama işleminin diğer yöntemlerle (mekanik) birlikte uygulanması yıkama için kullanılan su tüketimini azaltmaktadır.

Rezervuar Sedimentinin Hareketi: Taşınacak sediment boyutu yıkama işlemi için gerekli debinin belirlenmesinde önemli bir etkindir.

- İri daneli sedimentin uzaklaştırılması ince daneliye göre daha zor bir işlemdir. Rezervuarın sürdürülebilir hacminin belirlenmesinde çökelen sediment özellikleri önem taşır.
- Delta oluşumu ince daneli kum ve iri taneli siltten oluşan rezervuarlar yıkama yönteminde etkin sonuç vermektedir. İri daneli malzeme sediment dengesini engellerken, ince taneli silt oyulmuş yatağın etrafında depolanarak yıkama işlemi boyunca akımın önüne geçmez.
- Sediment dengesinin sağlanması açısından, yıkanacak süspanse malzeme ile rezervuara gelen dere yatağı malzemesi arasında sediment boyut katsayısının büyük olması istenmektedir. Yatak malzemesinin iri kum çakıl olduğu nehirler yıkama işleminde başarılı sonuç vermektedir.

Rezervuar Özellikleri: Yıkama işlemi dar vadi tipindeki rezervuarlarda çok daha etkilidir (Daha geniş rezervuarların taşkın yataklarına biriken malzeme yıkanamamaktadır).

4. Baraj Rezervuarının Dipsavaklar ile Boşaltılmasının Mansaptaki Etkileri

Dipsavaktan boşalan debinin yüksek hızlı ve de aşındırıcı olduğu bilinmektedir. Bu sebeple mansapta enerji santrali varsa, debinin mümkün mertebe uzak mesafeye boşal-

ması sağlanmalıdır. Böylelikle hem kuyruksuyu kanalının sedimentle dolmaması hem de yapının tahrip olmaması sağlanarak, ekonomik kayıpların önüne geçilir.

Ayrıca yıkama işleminden sonra barajın mansap bölgesinin ekosisteminde değişim görülmektedir. Mansaba bırakılan kirli su mevcut yerleşim ve tarım alanları ve de doğal hayat için tehlike oluşturabilmektedir. Bu sebeple yıkama işlemi uygulanmadan önce çevresel etki değerlendirme çalışmaları yapılması önerilmektedir (Masahire ve Yumi, 2005).

Japonya'daki Dashidaira Barajı 1991 senesinde inşasından 6 sene sonra 3 milyon m³ sediment hacmine ulaşmıştır ve aynı yıl dipsavak kapakları açılarak yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuçta mansaba bırakılan bulanık, kötü kokulu ve çamurlu suyun çevre halkına rahatsızlık verdiği gözlenmiş ve yıkama işlemi yarıda kesilmiştir. Bölge halkı ve bilirkişilerden oluşan bir topluluğun hazırladığı rapor rezervuarda biriken organik maddelerin uzun süreli depolanma sonucu bozulduğu ve mansaba bırakıldığında çevreye zarar vereceğini ortaya koymuştur. Hazırlanan raporda araştırılan konulardan bazıları şöyledir; suyun kalitesi (su sıcaklığı, pH değeri, bulanıklığı vb), katı madde karakteristiği (koku, pH değeri, çamur sıcaklığı), suda yaşayan organizmalar ve mevcut sedimentasyon durumu (Kokubo ve diğ, 2006).

Kaş, İ. ve Yıldız, D.'nin 2006 senesinde hazırladıkları raporda Çubuk 1 Barajı rezervuarının dipsavaklar ile boşaltılması bir bölüm olarak incelenmiş ve yıkama sonrası mansap etkilerine değinilmiştir.

Çubuk I Barajı Ankara'nın 12 km kuzeyinde Çubuk Çayı üzerindedir. İçme suyu ve taşkın koruma amaçlı olarak 1930 yılında inşa edilen barajın normal su kotunda göl hacmi 5.60 hm³'tür ve baraj kret kotu 908.61 m'dir.1992 senesinde Çubuk I Barajı dipsavak cebri



Şekil 6 - Çubuk I Barajındaki Yıkamadan Sonra Mansap Kanalına Çökelen Malzemenin Görünüşü

boru emniyet kapağı arıza yapmış ve bu arızanın giderilebilmesi için baraj gölündeki 1 milyon m³ su tamamen boşaltılmıştır. Bu aşamada dip savak önündeki sediment de yıkanmış ve de mansaba bırakılmıştır. Boşaltım sonrasında rezervuarda yapılan incelemelerde baraj gölünde 893.90 (89.30) m kotuna kadar sediment biriktiği belirlenmiştir.

Yıkama sonrası oluşan oyulma çukurunun 20 m yarıçapında ve 6-7 m derinliğinde olduğu gözlenmiştir. Mansaba geçen sediment dipsavak çıkışındaki enerji kırıcı yapıyı doldurmuştur, vana odasını korumak için pompa ile su çekilmek zorunda kalınmıştır. Mansap kanalında da büyük ölçüde çevre kirliliği yaratmıştır (Şekil 6).

5. Sonuçlar

Bu çalışmada sediment yıkama (flushing) metodu yapılan kaynak araştırmaları doğrultusunda sunulmuştur. Dünya ve Türkiye genelindeki durum örneklendirilerek mevcut rezervuar kapasitesinin korunmasının önemi ele alınmıştır. Bir rezervuardaki katı madde birikimin ana oluşumları ele alınarak metod genel anlamda tanımlanmıştır.

Serbest yüzeyli akımla yıkama, basınçlı yıkama ve yoğunluk akımlarının yıkanması metodları incelenerek yıkamanın etkinliği üzerine etmenler incelenmiştir. Son olarak ise dipsavaklar ile boşaltılan rezervuarların mansap çevresindeki sonuçlar araştırılmıştır.

Çalışmada öne çıkan sonuçlar; yıllık akımın rezervuar hacmine oranı yeterince yüksek olmalı ki yıkama işlemi için gereken ekstra su sağlanabilmelidir. Nemli ve kurak mevsimlerinin belirgin bir şekilde birbirinden ayrıldığı iklime sahip olan bölgelerde yıkama işlemi avantajlı bir sediment uzaklaştırma metodudur. Nemli sezonun başlangıcında yıkama işlemi uygulanır ve rezervuar bir sonraki kurak sezona kadar yeniden dolabilir. Yıkama yöntemi su temini amaçlı yapılan projelerde, hidroelektrik enerji projelerine göre daha ekonomik sonuçlar doğurur. İşlem sırasında su seviyesinin düşürülmesi hidroelektrik enerji tesislerinde istenmeyen güç kayıplarına neden olur.

Yıkama işleminde dipsavakların membadan taşınan sediment ile tıkanması önlenmelidir aksi takdirde dipsavakların temizlenmesi için pahalı ve de zor bir süreç gerekir. Ayrıca yıkama boşaltma işlemlerinin mansap bölgesinde oluşturacağı etkiler boşaltma öncesinde analiz edilmelidir.

Kaynaklar

Agrawal, A. K., (2005), "Numerical Modelling of Sediment Flow in Tala Desilting Chamber", Yüksek Lisans Tezi, Norwegian University of Science and Technology Faculty of Engineering Science and Technology, Trondheim, Norveç.

Emamgholizadeh, S., Bina, M., Fathi-Moghadam M., Ghomeyshi M., (2006), "Investigation And Evaluation Of The Pressure Flushing Through Storage Reservoir",

ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences Vol.1 No.4, ss.7-16.

Farrel, G.J. ve Stefan, H.G., (1986). "Bouyancy Induced Plunging Flow Into reservoirs and Coastal Regions". Project Report No:241, Minnesota.

Fan, J. (1985). " Methods of Preserving Reservoir Capacity. In: Bruk, S. (ed.) Methods of Computing Sedimentation In Lakes And Reservoirs". Unesco, Paris, ss.65-164.

- Göğüş M. ve Adıgüzel F., (1991). "Türkiye'de Bulunan Rezervuarların Sedimentasyonu", Türkiye İnşaat Mühendisliği XI.Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı Cilt-1 İMO Ekim 1991, İstanbul.
- Kaş, İ. ve Yıldız, D., (2006). "Rezervuarlardaki Sediment Birikimi Ve Uzaklaştırma Yöntemleri Teknik Rapor" Ada Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti., Ankara, ss.126-130
- Masahire, T. ve Yumi, Shimbo, (2005). "Numerical Simulation of an Assessment of the Environmental Impact on a River Ecosystem of Sediment Flushing from a Dam", Annual Report. Kajima Technical Research Institute, Kajima Corporation, Vol. 53, ss. 139-144, Japonya.
- Scheuerlein, H. (1987) "Sedimentation Of Reservoirs - Methods Of Prevention, Techniques Of Rehabilitation". First Iranian Symp. on Dam Engrg., Teheran, Iran, June '87.
- "Sedimentation Control of Reservoirs, Guidelines", Bulletin 67, 1989, ICOLD, Paris – Fransa.
- Takasu, S. "Hydraulic Design and Model Tests On A Sediment Release Facility of Unazuki Dam, Q 54-R 3", 14th ICOLD Congress, Rio de Janeiro.
- Kokubo, T. ve Itakura, M., Harada, M. (1997) "Predicting Method and Actual Results on Flushing of Accumulated Deposits from Dashidaira Reservoir", ICOLD 19th Q74.R47, 1997
- White, W. R. (2001) "Flushing of Sediments from Reservoirs", World Commission on Dams Thematic Review IV.5: Operation, Monitoring and Decommissioning of Dams, ss. 2-6, HR Wallington, UK.
- Yalçın, E., Uludağ, S. ve Düz, M. (2006) "Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri [1999-2005]" Sediment Etütleri Şube Müdürlüğü, Hidrolik Etütler Dairesi Başkanlığı Yayınları, Ankara.