

BARAJLARDA ARAŞTIRMA SONDAJ SIKLIĞININ GÖVDE ALTI KAZI SINIRININ BELİRLENMESİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ: ÜÇ ARAZİ ÖRNEĞİ

Ahmet APAYDIN
Giresun Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü-GİRESUN
ahmet.apaydin@giresun.edu.tr

Berna TOPUZ
Devlet Su İşleri 5. Bölge Müdürlüğü-ANKARA
btopuz@dsi.gov.tr

Harun ÖZGÜR
Devlet Su İşleri 5. Bölge Müdürlüğü-ANKARA
harunozgur@dsi.gov.tr

Nurşen ŞAHİN
Devlet Su İşleri 5. Bölge Müdürlüğü-ANKARA
nursen.turhan@dsi.gov.tr

(Makalenin geliş tarihi: 05.07.2019, Makalenin kabul tarihi: 16.12.2019)

ÖZ

Barajlarda gövdenin ve diğer yapıların oturacağı jeolojik ortamın tanımlanması ve sınırlarının tespitine yönelik olarak açılan araştırma sondajlarının sıklığı ve temsil ediciliği; kazı miktarı, gövde hacmi ve konumu başta olmak üzere birçok hususu etkilemektedir. İnşaat sırasında gövde altında kazı sınırının planlama veya projede öngörülenden farklı çıkması, özellikle de daha derin çıkması arzu edilmeyen bir durumdur. Böyle bir durum hem maliyet artışı, hem inşaat süresinde uzama, hem de bazı yapıların yer ve konumlarının değişmesi, yani proje değişikliği ile sonuçlanmaktadır. Ankara-Haymana-Sırçasaray Göleti ve Çorum-İskilip-Derekargın Göleti gövde altında kazı derinliği uygulamada projesinden farklı çıkan ilginç örneklerdir. Ankara-Bala-Süleymanlı Göleti ise proje aşamasında sondajlar sıklaştırıldığında kazı sınırı ilk tespite göre değişen örneklerdendir. Bu örneklerden Sırçasaray Göleti'nde inşaat aşamasında gövde altı kazı miktarı %27 artmış, buna karşın memba batardosu, projedeki konumundan 300 m membaya çekilerek batardo hacmi küçülmüştür. Derekargın Göletinde gövde altı kazıları başladığında gövde ekseninin sağ tarafında, aralarında 90 m mesafe bulunan iki araştırma sondaj kuyusu arasında kazılması gereken kısmın projede öngörülenden yaklaşık 4 m daha kalın olduğu görülmüştür. Bunun sonucunda toplam kazı miktarı % 20 oranında artmıştır. Projesine göre, geçirimli alüvyon kaldırılmayarak, gövde altında 2-3 m sıyırma yapılmak suretiyle gövdenin alüvyon üzerine oturtulması öngörülmüştür. Batardo altında inşa edilecek plastik beton perdenin derinliğine karar verebilmek için ilk açılan sondajlara göre en fazla 30 m düşünülen perde derinliği, batardo eksenini boyunca sık aralıklarla açılan ilave sondajlardan elde edilen bilgilere 40 m'ye yaklaşmış ve perde alanı üçte bir oranında artmıştır. Barajlarda yukarıdaki üç örnekte yaşananlara benzer olumsuzluklarla karşılaşılmasını için sondajlardan önce iyi bir jeolojik araştırma yapılarak jeolojik modelin doğru kurulması, daha sonra bu modele göre mümkün olduğunca sık aralıklı ve temsil edici sondaj kuyularının açılarak modelin test edilmesi ve gerekiyorsa ilave sondajlarla modelin revize edilmesi son derece önemlidir. Bunun başarılması araştırmalarda yeterli maliyet, yeterli süre ve bilgi birikimini gerektirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Baraj yeri, araştırma sondajı, zemin-kaya sınırı, kazı derinliği

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF BOREHOLE SPACING ON THE EXCAVATION DEPTH UNDER DAMS: THREE CASE STUDIES

ABSTRACT

The frequency and representativeness of the exploration boreholes to determine the geological environment where the body and other structures of dams will be located may affect such factors as excavation volume, body volume and location. It is undesirable that the excavation boundary during the construction is different from the project or plans, particularly being deeper than the predicted. This results in both an increase in costs and construction time, and a change in the location of some structures, ie a change of project. Ankara-Haymana-Sırçasaray and Çorum-İskilip-Derekargın dams are interesting examples for the difference between the predicted and actual excavation depths. Ankara-Bala-Süleymanlı Dam is one of the examples where the excavation depth was modified upon drilling additional boreholes. Under the construction of Sırçasaray Dam, the excavation volume increased by 27%, while the upstream cofferdam was shifted to 300 m upstream from its position in the project. When the excavations started in the Derekargın dam, it was seen that the part to be excavated between the two exploration wells with a distance of 90 m on the right side of the dam axis was approximately 4 m thicker than the predicted in the project. As a result, the total volume of excavation has increased by 20%. According to the project, the permeable alluvium is not removed and it is envisaged that the dam wall will be placed on the alluvium by 2-3 m excavating under the body. In order to determine the depth of the slurry wall to be constructed under the cofferdam, the depth of the wall, which is thought to be 30 m at most compared to the first drillings, has approached 40 m according to the data obtained from the additional boreholes drilled frequently along the axis of the cofferdam and the wall area has increased by one thirds. In order to avoid similar problems as mentioned above, it is very important to realize the detailed geological exploration before drilling, to establish the geological model properly, then to test the model with frequent and representative boreholes, and to revise the model with additional drillings as necessary. Achieving this goal depends on sufficient budget and time for explorations and expertise.

Keywords: Dam site, exploration borehole, soil-rock boundary, excavation depth

1 GİRİŞ

Boyutları ne olursa olsun, gölet ve baraj gibi su depolama yapılarında “geçirimsizlik” ve “duraylılık” olmazsa olmaz iki koşuldur. Geçirimsizlik hem gövdenin kendisi, hem gövde altı, hem de bütün rezervuar için söz konusudur. Duraylılık (yani stabilite) ise başta gövde olmak üzere bütün sanat yapılarında ve diğer yapılarda istenen bir koşuldur. Baraj gövdesinin duraylılığı kendi özelliklerine (tasarım, boyut, gövdeyi oluşturan malzeme, imalat-işçilik vb) ve üzerine oturduğu jeolojik ortama bağlıdır. Bir depolama yapısında gövdenin oturacağı jeolojik ortamın (zemin, ayrılmış kaya veya kaya) jeolojik ve jeoteknik değerlendirmesi, inşa edilecek mühendislik yapılarının güvenli ve ekonomik olarak yapılabilirliği açısından önemlidir. Baraj yeri planlamasında gövde ve diğer yapıların oturacağı jeolojik birimlerin taşıma gücü, geçirimsizliği, kazılabilirlik ve kazı şevlerinin duraylılıklarının araştırılması gereklidir (DSİ 2016a; Ulaş vd. 2017). Özellikle gövdenin sağlam ve taşıma gücü yüksek bir temel üzerine (kaya ortamları tercih edilir) oturması için varsa üzerinde taşıma gücü düşük ve/veya geçirimli ortamın (çoğunlukla zemin olarak tanımlanır) kazılarak kaldırılması gerekir. Aslında mühendislikte zeminleri kayalardan, özellikle de

yumuşak kayalardan veya ayrılmış kayalardan ayırmak çoğu zaman kolay değildir. İki ortamı ayıran temel özellik zeminlerin taneli ve gevşek oluşudur. Mühendislik parametresi olarak da jeolojik malzemenin veya ortamın kayma direnci (kesme mukavemeti) ve geçirgenliği (permeabilite) en önemli ayırıcı özelliklerdir (Şekercioğlu 2002). Kaya ve zeminlerin kazılabilirlik özellikleri de birbirinden farklılık göstermektedir (Abdullatif ve Cruden, 1983; Bieniawski, 1989; Church, 1981; Tsiambaos and Saroglu, 2009).

Su depolama yapılarında gövdenin ve dolusavaşın duraylılığının sağlanması ve gövde altından su kaçaklarının meydana gelmemesi için gövde altındaki gevşek (taşıma gücü zayıf) ve geçirimli malzemenin kazılarak gövdenin sağlam (taşıma gücü yeterli-yüksek) ve geçirimsiz (en azından enjeksiyonla ıslah edilebilen) jeolojik ortam üzerine oturtulması istenir. Kazılması gereken malzeme kum, çakıl gibi kohezyonsuz, yani bağlayıcısı olmayan zeminler ile kil ve silt gibi kohezyonlu zeminlerdir. Ayrıca, taşıma gücü ve geçirimsizlik yönünden sorun yaratabilecek ayrılmış kaya özelliğindeki kısmın da kazılarak kaldırılması gerekir.

Gövde altında kazılarak atılacak kısmın kalınlığı ve yayılımı planlama aşamasında yapılan

jeolojik-jeoteknik araştırmalar kapsamında yapılan sondajlarla belirlenir. Ancak, sondaj öncesinde problemin doğru tanımlanmaması ve jeolojik modelin doğru kurulmamasına bağlı olarak sondaj yerlerinin ve derinliklerinin doğru seğilmemesi, sondajların yeterince sık olmaması, sondaj numunelerine göre jeolojik ortamın yanlış tanımlanması gibi nedenlerle kazı sınırının tespiti doğru yapılmayabilmektedir. Özellikle küçük depolama yapısı olan göletlerde ön inceleme-planlama-proje aşamasında araştırmaların barajlar kadar ayrıntılı olmaması (örneğin, sondaj sayısının azlığı) ve biraz daha hızlı karar verilmesi nedeniyle bu sorunla daha sık karşılaşılmaktadır.

Göletlerde inşaat aşamasında ana kaya sınırının projedekine göre daha derin, başka bir ifade ile gövde altından kazılarak kaldırılacak taşıma gücü zayıf ve/veya geçirimli malzemeden oluşan zonun daha kalın veya geniş çıkması halinde řu olumsuzluklar meydana gelmektedir:

- 1- Kazı hacminde artış; dolayısıyla maliyet artışı ve inşaat süresinin uzaması
- 2- Dolgu hacminde artış; dolayısıyla maliyet ve inşaat süresinin uzaması
- 3- Kazı çukuruna gelen suda artma nedeniyle pompa kapasitesinde artış; ilave maliyet ve süre artışı
- 4- Artan dolgu hacminin malzeme yetersizliği nedeniyle karşılanmasında güçlükler; ilave saha aranması; maliyet artışı ve süre uzaması
- 5- Kazı tabanının derinleşmesi nedeniyle kazı alanının genişlemesi ve bunun sonucunda gövde yerleşiminde değişiklik, batardonun membaya çekilmek zorunda kalınması, batardo arkasında biriken suyun tünel veya kondüviye akıtılması için ilave çalışmalara gerek duyulması, bu işlemler için ilave zaman ve maliyet gerekmesi.

Bu çalışmada yukarıdaki sorunların yaşandığı Ankara-Haymana-Sırçasaray Göleti, Bala-Süleymanlı Göleti ve Çorum-İskilip-Derekargın Göleti incelenmiştir. Bu projeler gövde yüksekliği yönüyle baraj sınıfındadır; ancak, ihaleleri gölet kapsamında gerçekteştirilmiştir. 2019 yılı itibariyle bu depolama yapılarından Süleymanlı ve Sırçasaray göleti inşa halinde, Derekargın göletinin inşaatı tamamlanmıştır. Bu projeler, gövde altında sıyırma derinliğinin uygulamada projesinden farklı olduğu görölen veya sondajlar sıklaştırıldığında kazı sınırı değişen örneklerdir.

2 GÖLET EKSEN YERLERİNDE AÇILAN SONDAJLAR VE FONKSİYONLARI

Türkiye’de su yapılarının yer seğimine yönelik ilk incelemelerden sonra sırasıyla Ön İnceleme (1),

Planlama (2), Proje-Kesin (Kati) Proje (3), Uygulama (İnşaat) (4) ve Uygulama Sonrası (5) adı altında 5 evre bulunmaktadır. Su yapılarının yer seğimine yönelik ilk çalışma büroda haritalar veya uydu görüntüleri üzerinde yapılır, sonrasında arazi çalışmaları başlar. Her evrede yapılacak işlemler şartname ve sözleşmelerle şekillenmektedir. Örneğin, su yapılarının jeolojik-jeoteknik yönden incelenmesi, araştırılması, arazi ve laboratuvar testleri, haritalanması, raporlanması başta olmak üzere bütün konular 2016 yılında revize edilerek yeniden yayınlanan DSİ Jeoteknik Etüt şartnamesi (DSİ 2016a)’da ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Ayrıca, yapı yerlerinde açılacak sondajlar ve enjeksiyon çalışmaları için Temel Sondaj ve Enjeksiyon Teknik şartnamesi (DSİ 2016b) bulunmaktadır. Gölet yerlerinde jeolojik yapıyı aydınlatmak ve gövdenin ve diğer yapıların oturacağı formasyonların jeolojik/jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla temel sondaj kuyuları açılır. Bu kuyular için kuyuların açılma amaçları, yerleri, derinlikleri, çapları ve yapılacak deneyleri kapsayan temel sondaj talimatı hazırlanır. Formasyon tanımlamalarının doğru yapılması, karotlar üzerinde inceleme-ölçüm ve laboratuvar deneylerine göre zeminin mühendislik özelliklerinin doğru anlaşılması için yüksek oranda karot alınmasına özen gösterilir. Kaya ortamlarında basınçlı, zeminlerde ise basınçsız su testleri (serbest permeabilite) yapılarak gövde altındaki jeolojik formasyonun geçirimsizliği araştırılır. Permeabilite özellikleri karot ve kırıntı örnekleri ile deneştirilerek ana kaya üzerinde sıyrılması düşünölen taneli ve gevşek zeminin kalınlığına her kuyu için karar verilir. Ayrıca, perde enjeksiyonu da boyutlandırılır (DSİ 2016b).

şartnameler ne diyor?

2016 tarihli DSİ Jeoteknik Etüt şartnamesinde Baraj ve göletlerin ön inceleme aşamasında temel araştırmaları yapılmamasına rağmen bazı özel durumlarda (örneğin; alüvyon veya örtü kalınlığının bilinmesi, yeraltı su seviyesinin belirlenmesi, karstlaşma vb) temel araştırma sondaj kuyusu, araştırma çukuru veya yarmalar açılabilceği belirtilmekte; ancak, sondaj aralıkları veya sondaj sayısı konusunda bir öneri sunmamaktadır. şartnamede, planlama aşamasındaki temel araştırmalarında ise sondajların amacı, yeri, adedi konusunda açıklama bulunmaktadır. Buna göre, özel teknik şartnamelerde aksi belirtilmedikçe aşağıda yeri, adedi ve derinliği verilen temel sondajlar planlanacaktır. Jeolojik koşulların gerektirdiği durumlarda kuyu adetleri artırılabilir.

- Homojen, zonlu ve kaya dolgu baraj ve göletlerde aks boyunca sağ ve sol yamaçlarda en az 2'şer adet, talveg kotunda en az 1 adet,
- Ön yüzü beton kaplı barajlarda topuk plağı (plinth) boyunca (yamaçlarda ve talvegde olmak üzere) 6-10 adet, gövde altında ve mansap eteğinde en az 1'er adet,
- Beton ağırlık/silindirle sıkıştırılmış beton (SSB)/silindirle sıkıştırılmış katı dolgu (SSKD/hardfill) barajlarda aks boyunca sağ ve sol yamaçlarda en az 2'şer adet,
- talveg kotunda 2 adet, gövde altında 2-4 adet,
- Baraj ve göletlerde gerekmesi durumunda göl alanında en az 1 adet,
- Regülatörlerde, batardolarda sağ ve sol yamaç ile talvegde olmak üzere en az 3 adet,
- Dolusavak ve derivasyon güzergahlarında yapıların boyutlarına bağlı olarak en az 3 adet (giriş/çıkış ve orta kesimlerde), yükleme havuzu, cebri boru, santral yeri, şalt sahası, köprü ayakları gibi yerlerinde en az 2-4 adet,
- Yeraltı barajlarında eksen yerinde en az 3 adet,
- Yapılacak kazılara bağlı olarak oluşturulacak şevler (dolusavak, kondüvi, santral yeri, su alma yapısı, yol güzergahı vb) için en az 2 adet,

Titreşimli yükler altında çalışan yapılar ve binalarda en az 3 adet temel sondaj kuyusu planlanacaktır. Temel sondaj kuyularının derinliği yapıların temel kazı kotu altına en az 2B (B= yapı temel genişliği) altını kapsayacak şekilde yapılacaktır.

Yeraltı su seviyesinin derin olduğu, yapılan geçirimsizlik deneyleri sonucunda geçirimli-çok geçirimli seviyelerin çok derinlere kadar devam ettiği ve tabanda geçirimsiz seviyelerin yer almadığı vb durumlar ile İdare'nin (DSİ) uygun gördüğü projelerde deneme enjeksiyonları yapılarak enjeksiyon perde boyutları ve metodolojisi belirlenecektir.

3 GÖVDE ALTI KAZI SINIRININ ÜÇ GÖLET ÖRNEĞİNDE İNCELENMESİ

3.1 Örneklenen Göletlerin Genel Özellikleri

Bu çalışmada örnek olarak incelenen göletler Ankara'ya bağlı Haymana sınırları içinde

bulunan ve baraj özelliğine sahip Sırçasaray Göleti, yine Ankara'ya bağlı Bala-Süleymanlı Göleti ve Çorum'un İskilip ilçesindeki Derekargın Göletidir (Şekil 1). 2019 yılı başı itibarıyla Süleymanlı ve Sırçasaray göletleri inşa halinde, Derekargın Göletinin inşaatı tamamlanmıştır (Çizelge 1). Her üç gölete ait gövde en kesitleri Şekil 2'de verilmiştir.

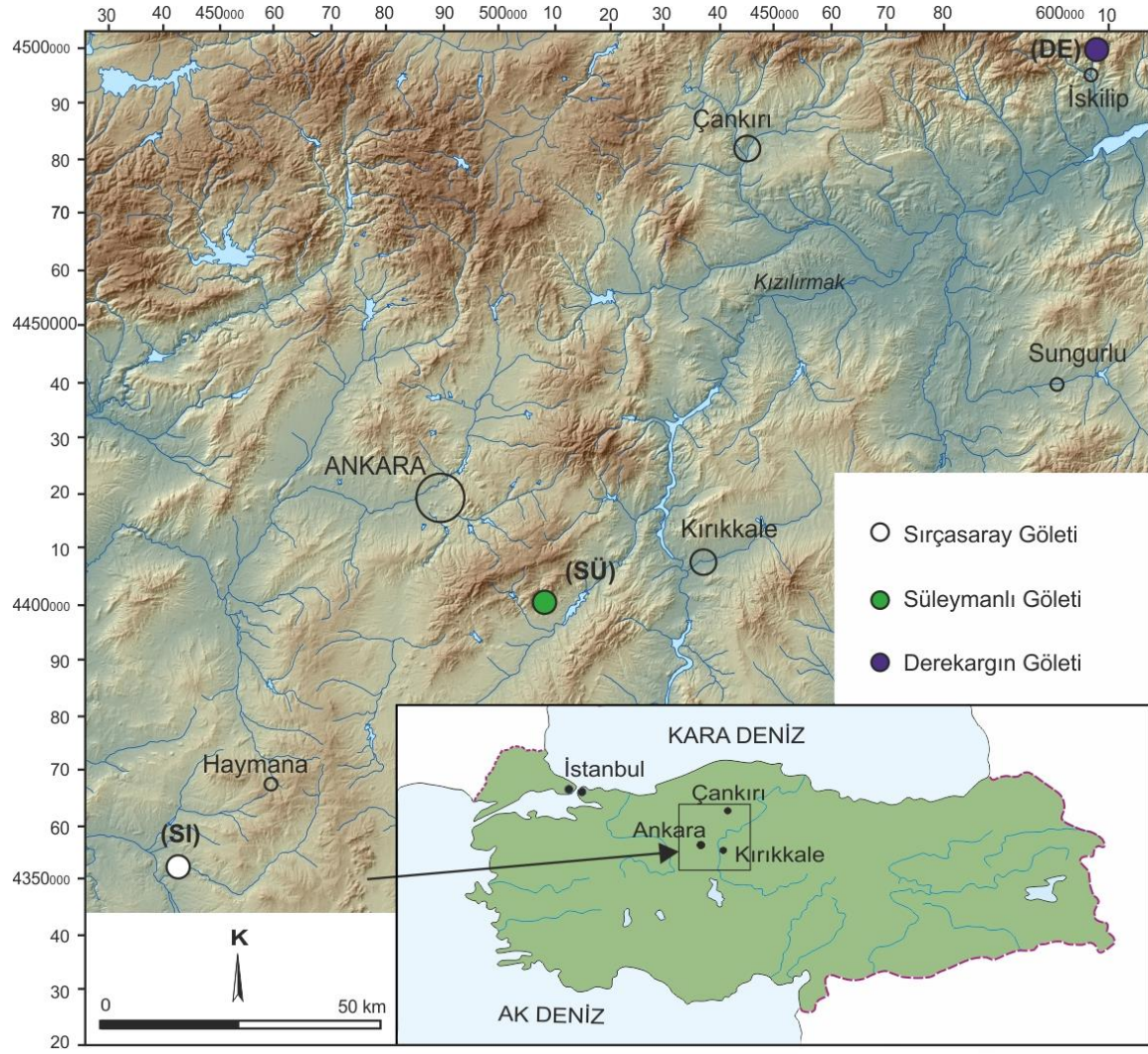
3.2 Haymana Sırçasaray Göleti

Sırçasaray göleti Acıöz Dere vadisindedir. Kil çekirdekli kaya dolgu tipinde projelendirilen göletin geçirimsiz malzemesi göl alanından sağlanacaktır. Göletin gövde yüksekliği projesine göre temelden 59,5 m, talvegden ise 40 m olan baraj kriterlerinde bir depolama yapısıdır. Projeye göre gövde altı sıyırma derinliği maksimum 19.5 m'dir. 1970'li yıllarda Sırçasaray Barajı adı altında planlama çalışmaları yapılan ancak daha ileri aşamalarına geçilemeyen gölette, 2013-2014 yıllarında proje çalışmaları yapılmıştır.

Sırçasaray gölet yerinde Eosen yaşlı fliš fasiyesine çökel kayaçlar ile bu birim üzerine Üst Miyosen ve Pliyosen yaşlı karasal çökeller yüzeyler. Gövde ekseni boyunca orta kısımda en fazla 30 m kalınlığında alüvyon, alüvyonun altında kumtaşları, her iki uca doğru ise kumtaşı, marn ve çakıltaşları bulunmaktadır. Sol tarafta kumtaşı ve marnlar ince bir yamaç molozu tarafından kısmen örtülmüştür. Sağ taraftaki derivasyon tüneli çakıltaşları içinde olup, sol tarafta bulunan dolusavak ise kumtaşı ve çakıltaşları üzerine oturtulacak şekilde projelendirilmiştir (Şekil 3).

Proje revizyonu kapsamında eksen boyunca 9 adet araştırma amaçlı temel sondaj kuyusu açılmış, bu sondajlara göre kazı sınırı belirlenmiştir (Şekil 4a).

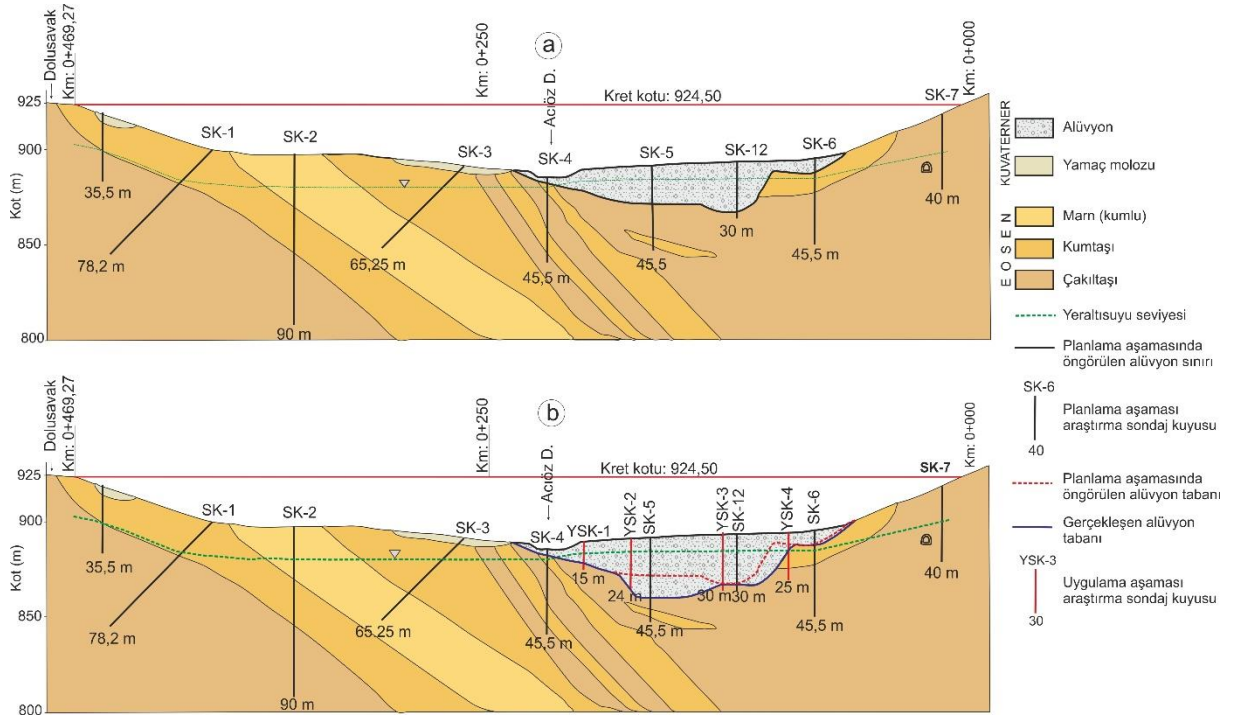
Göletin inşaatına 2015 yılında başlanmıştır. Gövde altı sıyırma kazıları devam ederken alüvyonun orta bölümlerinde, SK-5 ile SK-12 araştırma sondajları arasında ve SK-12-SK-16 arasındaki bölgede alüvyonunun projede öngörülenden daha kalın olduğu görülmüştür (Şekil 4b ve Şekil 5).



Şekil 1 - İncelenen göletlerin bulduru haritası

Çizelge 1 - İncelenen göletlere ait karakteristik bilgiler

Gölet Adı	Sırçasaray	Süleymanlı	Derekargın
Yer	Haymana'nın 30 km güneybatısı	Ankara'nın 30 km güneydoğusu	İskilip'in 5 km kuzeydoğusu
Akarsu	Acıöz D.	Miskince D.	İkipınar D.
Amacı	Sulama	Sulama	Sulama
Gövde Tipi	Kil çekirdekli kaya	Ön yüzü beton kaplı kum-çakıl	Kil çekirdekli kum-çakıl
Temelden Gövde Yüksekliği (m)	59,5	40	34
Talvegden Gövde Yüksekliği (m)	38,5	37	21
Kret Uzunluğu (m)	469	263	318
Gövde Hacmi (hm ³)	1,483	0,508	0,582
Depolama Hacmi (hm ³)	29,33	4,31	1,17
İnşaat Yılları	2015-	2017-	2015-2017
2019 Başı itibariyle	İnşa halinde	İnşa halinde	İşletmede
Gövde altı jeoloji	Alüvyon altında Eosen marn-kumtaşı-çakıltaşı	Alüvyon altında Eosen çakıltaşı	Alüvyon ve Pliyosen doğu altında Eosen kumtaşı-marn



Şekil 4 - Sırçasaray Göletinde planlama aşamasında öngörülen (a) ve uygulama aşamasında gerçekleşen (b) alüvyon taban sınırını gösteren jeolojik kesitler (HİDROMARK, 2014'ten sadeleştirilmiştir)

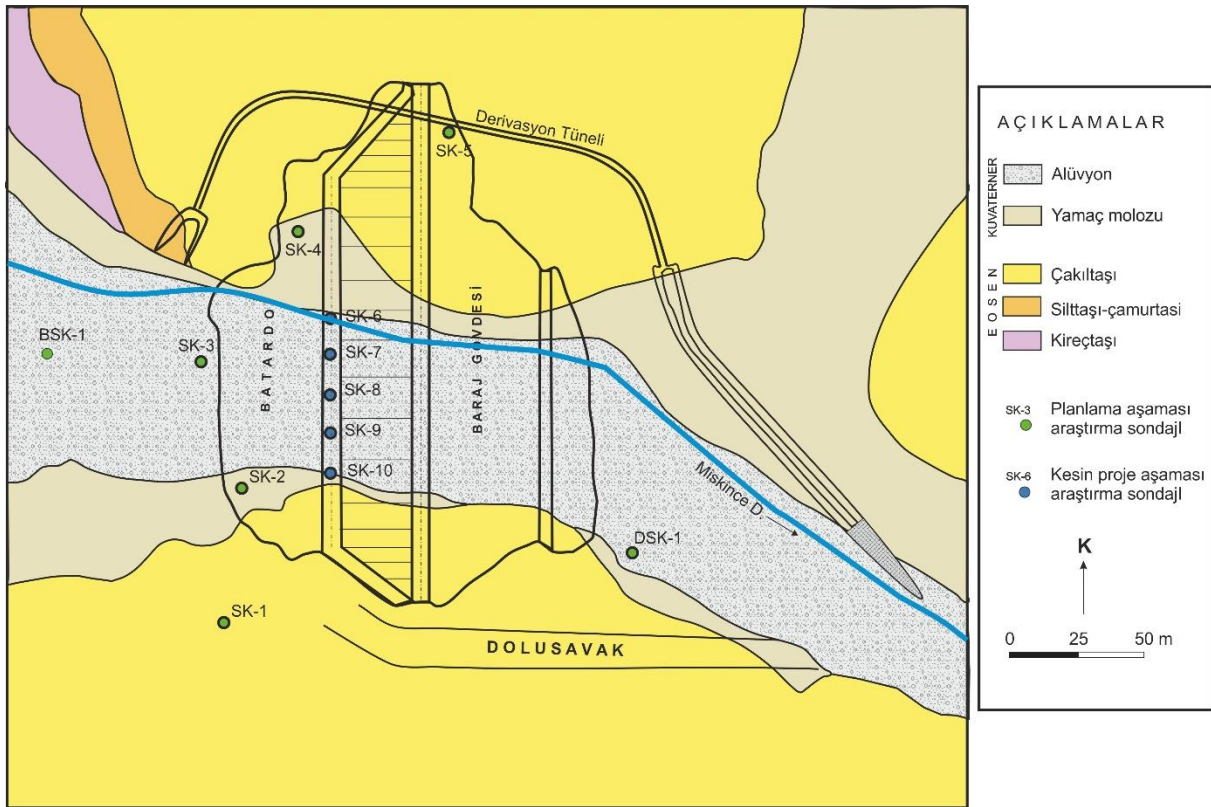


Şekil 5 - Sırçasaray göletine ait görüntüler (a: Gövdenin konumu, b: gövde altında sıyrılan alüvyon ve Eosen'e ait gevşek zemin, c: çekirdek hendeğinde sert ve sağlam çakıltaşları, d: gövde dolgu inşaatı devam ederken)

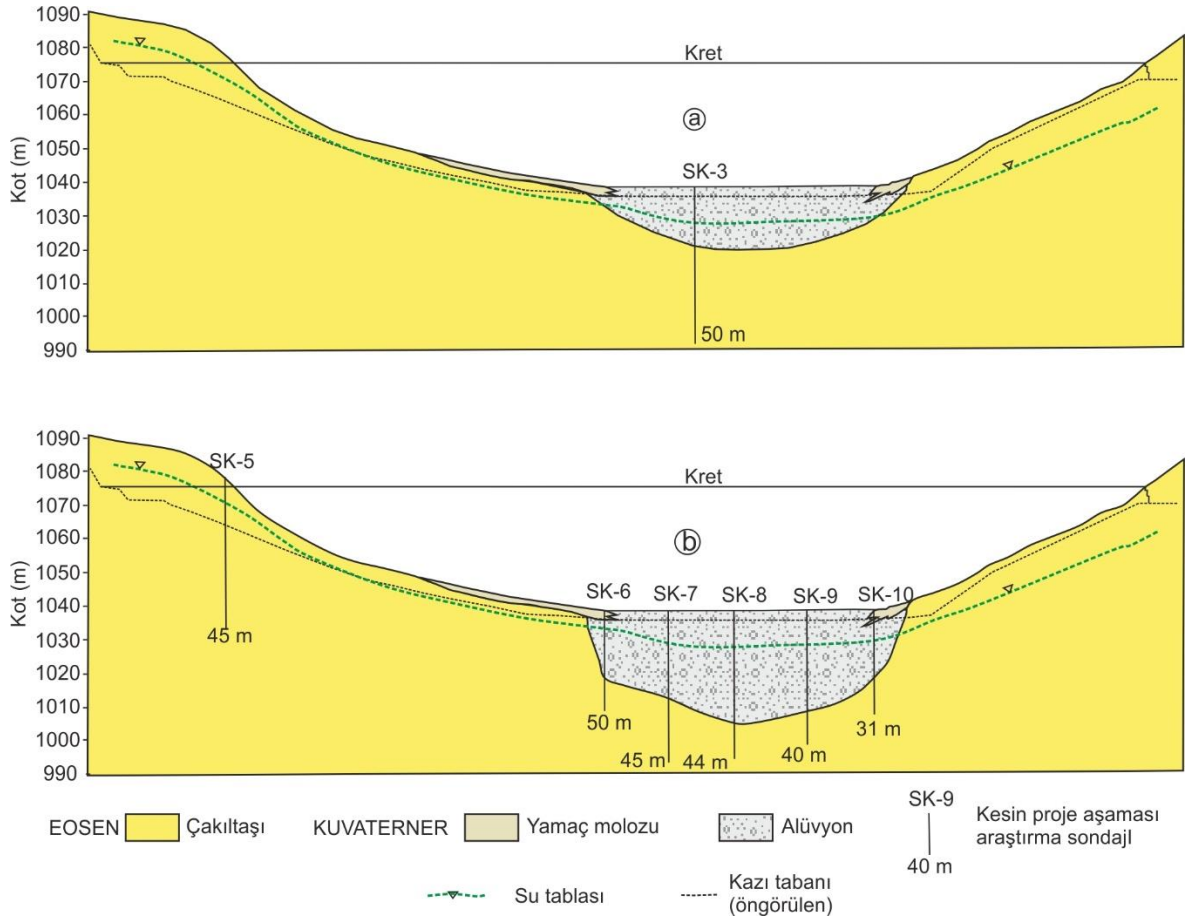
3.3 Ankara-Bala-Süleymanlı Göleti

Süleymanlı Göleti; havzasından bol miktarda malzeme taşıyan Miskince Dere vadisindedir. Gölet eksen yerinde ve göl alanında vadi boyunca uzanana alüvyonun altında ve sağ ve sol yamaçta yüzeyde Eosen yaşlı çakıltaşları bulunmaktadır (Şekil 6). Alüvyon kil, kum, çakıl ve yer yer blok boyutlu iri malzemeden ibarettir. Ön inceleme ve Planlama çalışmaları göletin kil çekirdekli kaya veya kum-çakıl dolgu tipinde inşa edilmesi öngörülmüştür. Ancak, yapılan araştırmalar sonucunda sulama alanlarındaki değerli tarım toprakları haricinde yeterli miktar ve kalitede geçirimsiz kil malzeme temin edilemeyeceği anlaşıldığından gövdenin ön (membra) yüzü beton kum-çakıl olarak inşa edilmesine karar verilmiştir. Proje çalışmaları başlangıçta alüvyonun kaldırılarak gövde çakıltaşlarına oturtulacak şekilde ön yüzü beton kum-çakıl gövde tipinde inşa edilecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Planlama çalışmalarında

belirlenen eksen, projede bir miktar mansaba doğru kaydırılmıştır. Proje başlangıcında açılan BSK-1, SK-1, SK-2, SK-3 ve SK-4 sondaj verileri değerlendirilerek alüvyon kalınlığı belirlenmiştir (Şekil 7a). Alüvyonun kalın olması (SK-3'de 26 m, BSK-1'de 34 m) nedeniyle, kaldırılmayarak batardo altında plastik beton perde ile geçirimsizliğin sağlanması düşünülmüştür. Yapılması planlanan plastik beton perde alanının net ortaya konması için proje çalışmaları devam ederken gövde konumuna göre batardo eksenini boyunca sık aralıklarla temel sondajlar açılmış (SK-6, SK-7, SK-8, SK-9 ve SK-10) ve alüvyon taban sınırı belirlenmiş ve gölet buna göre projelendirilmiştir. Bu sondajlara göre hazırlanan kesitte (Şekil 7b) görüldüğü gibi, batardo ekseninde alüvyonun daha önce öngörülenden daha kalın ve daha geniş, başka bir ifade ile eksen yerinde alüvyon kesit alanının daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Süleymanlı Göleti gövde ve araştırma kuyularının konumu Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 6 - Süleymanlı Gölet yeri jeoloji haritası üzerinde gövde ve sanat yapılarının konumu (JEODİZAYN, 2014'ten sadeleştirilmiştir)



Şekil 7 - Süleymanlı Gölü batardo eksenini tek sondajlı (a) ve sık aralıklı sondajlara göre (b) jeolojik kesitleri (JEODİZAYN, 2014'ten sadeleştirilmiştir)

3.4 Çorum-İskilip-Derekargın Gölü

İskilip-Derekargın göletinin gövde altında en fazla 10 m genişliğinde, 1-2 m kalınlığında alüvyon ve taşıma gücü zayıf, gevşek Pliyosen kil-silt (az kumlu) zemin altında Yoncalı formasyonuna ait kumtaşı, silttaşı ve marnlar bulunmaktadır (Şekil 9). Gövde tipi, projesinde kil çekirdekli kum-çakıl olarak belirlenmiştir. Geçirimsizliği sağlayacak olan kilin, kısmen göl alanından sağlanacağı, ayrıca gövde altı, dipsavak ve dolusavak kazılarından çıkacak Pliyosen yaşlı malzemenin de kullanılması öngörülmüştür [ALTER 2014]. Proje aşamasında açılan sondajlara göre gövde altında sıyrılacak zonun kalınlığı en fazla 12 m olarak belirlenmiştir (Şekil 10a). Ancak uygulama aşamasında sağ tarafta SK-3 ile SK-4 kuyuları arasında Pliyosen yaşlı malzemenin projede öngörülenden daha kalın (16 m civarında) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 10b, Şekil 11).

3.5 Öngörülenle Gerçekleşen Durumların Karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında örneklenen üç projeden Sırçasaray Gölü'nde proje çalışmalarında açılan temel sondajlara göre kazı sınırı belirlenerek gövde Eosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı ve marn tabakaları üzerine oturtulacak şekilde konumlandırılmış ve projelendirilmiştir. Projesine göre gövde altı kazı sınırı alüvyon ve altındaki 1-2 m kalınlığındaki gevşek zon kaldırılacak şekilde belirlenmiştir. Projesine göre gövde hacmi 1483000 m³ hesaplanmıştır. Uygulama aşamasında, SK-5 ve SK-12 temel araştırma sondajları arasında ve SK-12 ile SK-16 arasındaki projede öngörülenden daha kalın olduğu görülmüştür. Bu nedenle gövde altı kazısı derinleştirilmiştir. Bunun sonucunda memba batardosu, projedeki mevcut konumundan yaklaşık 300 m membaya çekilerek hacmi küçülmüş ve dereden alüvyona fazla beslenimin önlenmesi için, başka bir ifadeyle kazı alanına gelecek suyun azaltılması için derivasyon tüneline doğru 300 m'lik kısım betonla kaplanmak durumunda kalmıştır.



Şekil 8 - Süleymanlı Gölü eksen yerine mansaptan bakış

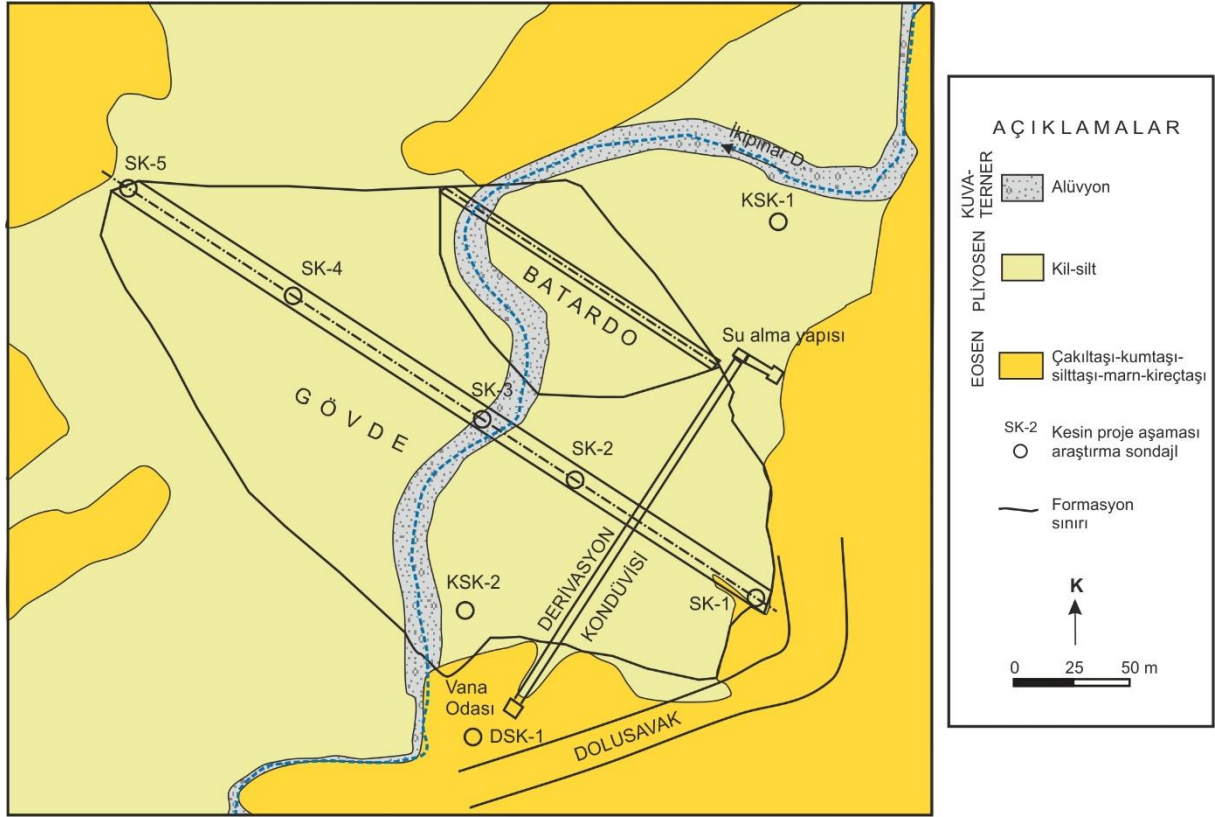
Projede yaklaşık 1,100,000 m³ kazı öngörülürken, uygulama aşamasında kazı derinliğinin artışı ile 300,000 m³ ilave kazı nedeniyle toplam kazı miktarı 1,400,000 m³'e çıkmıştır.

Süleymanlı Gölü batardo altında plastik beton perde (slurry wall/bulamaç duvarı) ve memba yüzü beton kum-çakıl gövde tipinde projelendirilmiş [JEODİZAYN 2015] ve ihale edilmiştir. Derivasyon tüneli ve ulaşım yolu inşaatına 2017 yılında başlanmış ancak ödenek sıkıntısı nedeniyle bir süre sonra inşaatına ara

verilmiştir. Projesine göre, geçirimli alüvyon kaldırılmayacak, gövde altında 2-3 m sıyırma yapılarak gövde alüvyon üzerine oturtulacaktır. Batardo altında inşa edilecek plastik betonun geçirimli alüvyonu tamamen kapatması ve altındaki ana kayaya (çakıltaşları) soketlenmesi amacıyla alüvyon-ana kaya sınırının belirlenmesi için batardo eksenı boyunca açılan sondajlarda alüvyon kalınlığı, memba tarafta daha önce açılan sondaja göre derin çıkmıştır. Plastik beton perde derinliği yeni duruma göre projelendirilmiştir. İlk değerlendirmeye göre en

fazla 30 m (26-27 m alüvyon, 3-4 m ana kaya olmak üzere) düşünülen perde derinliği, ilave sondajlardan elde edilen bilgilere göre 40 m'ye yaklaşmıştır (35-36 m alüvyonun altında 4-5 m

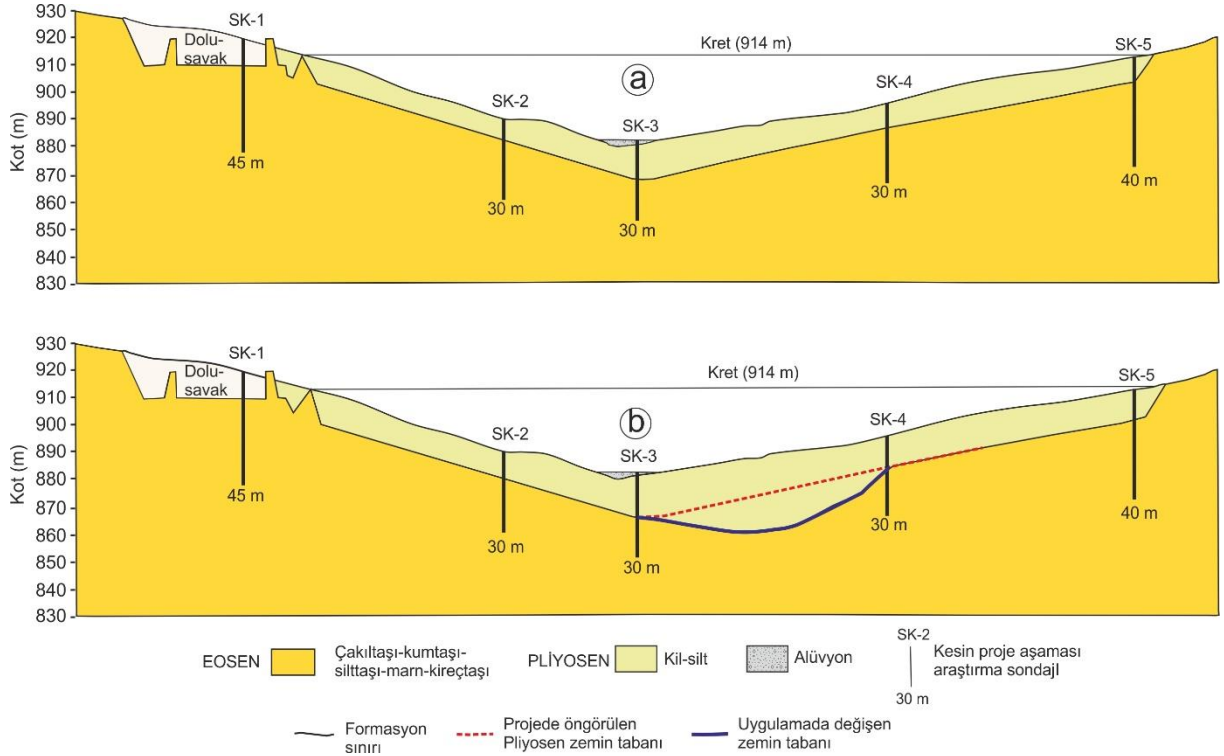
ana kayaya girecek şekilde). Bu değişiklikten toplam perde alanı çok etkilenmiş, üçte bir oranında artmıştır.



Şekil 9 - Derekargın Göleti jeoloji haritası üzerinde gövde ve sanat yapılarının konumu (ALTER, 2014'ten sadeleştirilmiştir)

Kil çekirdekli kum-çakıl gövde tipindeki Derekargın Göleti'nde gövdenin oturacağı ana kaya Eosen yaşlı kumtaşı-silttaşı-marn'dan oluşan Yoncalı formasyonu olarak belirlenmiş, vadi boyunca uzanan çok ince alüvyon ve altındaki Pliyosen yaşlı kil-silt (az kumlu) malzemenin sıyrılarak kaldırılması ve hatta bu malzemenin gövde dolgusunda kullanılması planlanmıştır. 2015 yılında gövde altı kazıları başladığında diğer kısımlarda her şey beklendiği

gibi devam ederken, gövde ekseninin sağ tarafında Pliyosen yaşlı malzemenin projede öngörülenden 4 m daha kalın olduğu görülmüş ve bu kısmın kazılarak kazı tabanının derinleştirilmesi gerekmiştir. Kazılması gereken kısım, aralarında 90 m mesafe bulunan SK-3 ile SK-4 kuyuları arasındadır. İnşaat esnasında yapılan bu ilave kazı yaklaşık 120,000 m³ civarında olup toplam kazı miktarını % 20 oranında arttırmıştır.



Şekil 10 - Derekargın Göleti gövde kesiti üzerinde proje aşamasında sondajlarla öngörülen (a) ve kazı esnasında gerçekleşen (b) zemin taban sınırı (ALTER, 2014'ten sadeleştirilmiştir)



Şekil 11 - Derekargın göletinde SK-3 ile SK-4 kuyuları arasında kazılarak alınması gereken kahverengi gevşek zemine (Pliyosen) ve gövdenin oturacağı gri renkli sağlam kayaya (Eosen) sağ yamaçtan (a) ve sol yamaçtan (b) bakış, gevşek zeminin daha yakından görünüşü (c) ve sol yamaçta kondüvinin oturduğu sağlam Eosen kumtaşı-marn-silttaşı tabakaları (Foto: Hasan Deveci)

4 SONUÇ VE ÖNERİLER

Barajlarda gövdenin ve diğer yapıların oturacağı jeolojik ortamın tanımlanması ve sınırlarının tespitine yönelik olarak açılan temel sondajlarının sıklığı ve temsil ediciliği, kazı miktarı, gövde hacmi ve konumu başta olmak üzere bir çok hususu belirlemektedir. Özellikle uygulamada gövde altında kazı sınırının öngörülenden daha derin çıkması arzu edilmeyen bir durumdur. Böyle bir durum hem maliyet artışı, hem inşaat süresinde uzama, hem de bazı yapıların yer ve konumlarının değişmesi, yani proje değişikliği ile sonuçlanmaktadır.

2016 yılında revize edilen DSİ Jeoteknik Etüt Şartnamesi'nde depolama yapılarında eksen boyunca araştırma sondaj sayısı hususunda asgari sayılara yer verilmiştir. Buna göre, Sırçasaray ve Derekargın Göleti gibi zonlu ve kaya dolgu yapılarda talvegde 1, sağ ve sol yamaçta en az ikişer adet sondaj açılması istenmektedir. Sırçasaray göletinde proje aşamasında eksen boyunca yaklaşık eşit aralıklı olacak şekilde (sondaj aralıkları 40-50 m'dir, sadece SK-2 ile SK-3 arası 100 m'dir) toplam 9 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Sondaj sayısı ve aralıkları benzer birçok projeye göre makul olmasına rağmen, sondaj aralıklarının alüvyonun taban sınırının sağlıklı bir şekilde belirlenmesi için yeterli olmadığı görülmüştür. Alüvyon tabanının düzensizliğinde, Eosen yaşlı formasyon içinde aşınmaya karşı dayanımı farklı olan tabakaların 45-50 derece eğimle birbiri ardına gelmesidir. Bu durum, akarsu tabanının kazınma dönemi sonunda son derece pürüzlü hale gelmesi ve çökelpelinin bu topoğrafya üzerine gelmesinin sonucudur. Bu örnek, karmaşık jeolojiye sahip yerlerde, özellikle de aşınmaya karşı direnci farklı jeolojik ortamların bulunduğu vadilerde alüvyon taban sınırının yeterince sağlıklı olarak belirlenmesi için sondajların daha sık aralıklı ve farklı litolojik birimleri temsil edecek yerlerde seçilmesi gerektiğini göstermektedir. Böylece, sonradan proje değişikliğinin önüne geçilmiş olacaktır.

Derekargın Göleti'nde talvegde 1, yamaçlarda ikişer araştırma sondajı açılmıştır. Şartnamedeki asgari koşulları sağlamakla birlikte, eksen boyunca sondaj aralıkları 50 m ile 90 m arasındadır. Projeye göre gövde altında sıyrılması öngörülen taşıma gücü zayıf Pliyosen zeminin kalınlığı konusunda diğer yerlerde bir sürprizle karşılaşılmamış, ancak sondaj aralığının fazla olduğu SK-3 ve SK-4 arasında beklenenden daha kalın bir zonla karşılaşılmıştır. Proje aşamasında iki sondaj arasında bir sondaj daha açılmış olsaydı, kazı derinliği uygulamada karşılaşılanla hemen

hemen aynı olacak ve projelendirme buna göre yapılacaktır.

Süleymanlı Göleti ön yüzü beton, kum-çakıl dolgu tipindedir. Şartnameye göre topuk plağı (plinth) boyunca 6-10 adet, ayrıca, gövde altında ve mansap eteğinde en az birer adet araştırma sondajı açılması önerilmektedir. Süleymanlı Göleti'nde proje aşamasında topuk plağı boyunca 3 adet araştırma sondajı açılmıştır. Önce, talvegde alüvyonu temsil eden SK-3 kuyusundan elde edilen kalınlık (alüvyon kalınlığı 26 m), batardo eksenine taşınarak proje kesiti hazırlanmıştır. Daha sonra bunun yeterli olmayacağı düşünüülerek, batardo üzerinden inşa edilecek ve alüvyonun altındaki Eosen çakıllarına soketlenecek olan plastik beton perdenin sağlıklı bir şekilde boyutlandırılması için eksen boyunca sık aralıklarla araştırma sondajlarının açılmasına karar verilmiştir. Eksen boyunca 20 m aralıklarla açılan sondajlara göre alüvyonun taban sınırı (kalınlık en fazla 35-36 m) belirlenerek geçirimsizlik perdesi buna göre boyutlandırılmıştır. Buna göre, özellikle plastik beton perdeli depolama yapılarında boyutlandırmanın sağlıklı bir şekilde yapılması ve imalat aşamasında sorun yaşanmaması için eksen boyunca sondaj aralıklarının sık tutulması, zemin tanımlamalarının doğru yapılması ve geçirimsizlik testlerinin standartlara uygun yapılarak modelin doğru kurulması önem taşımaktadır.

Yukarıdaki üç projede karşılaşılan durumlardan da anlaşılacağı üzere, su depolama yapılarında özellikle kazı sınırının belirlenmesinde sondaj sıklığı ve temsil ediciliği çok önemlidir. DSİ tarafından uygulamaya konan ve 2016 yılında revize edilen Jeoteknik Etüt Şartnamesinde temel araştırma sondajları konusunda belirli bir mesafe ve derinlik önerilmemiş, asgari sayılar verilmiştir. Ancak, planlama veya proje mühendisinin projelendirmeye esas bilgilerin sağlıklı bir şekilde edebilmesi için şartnamede belirtilen asgari hususların üzerine çıkması gerekir. Her şeyden önce, jeolojik ortamların hem litolojik, yani kaya türü, hem yapısal, hem de geçirimsizlik yönünden çok karmaşık olabileceği dikkate alınarak, sondajlardan önce iyi bir jeolojik araştırma yapılması ve modelin doğru kurulması, daha sonra bu modele göre mümkün olduğunca sık aralıklı sondaj kuyularının açılarak modelin test edilmesi ve gerekiyorsa ilave sondajlarla modelin revize edilmesi son derece önemlidir. Böylece projelendirmede hataların önüne geçilmesi sağlanacak, uygulama aşamasında kazı miktarında artış, inşaat süresinin uzaması, kondüvi, batardo gibi önemli yapıların

ötelenmesi, gövde boyutunun, hatta gövde tipinin bile değişmesi gibi sorunların önüne geçilmiş olacaktır. Bunun için araştırma ekibine yeterli sürenin verilmesi ve maliyetten kaçınılmaması en önemli hususlardandır.

5 TEŞEKKÜR

Bu çalışmada örneklenen üç proje Devlet Su İşleri (DSİ)'ne aittir. Projeye emek veren DSİ mensupları ve yöneticilerine teşekkür ederiz.

6 KAYNAKLAR

- [1] Abdullatif, O. M, Cruden, D. M, 1983, The relationship between rock mass quality and ease of excavation. Bulletin of International Association of Engineering Geologists, 28, 183-187
- [2] ALTER, 2014, Çorum İskilip-Derekargın, Oğuzlar ve Osmancık Dereboğazı Göletleri Planlama ve Proje Yapımı, Çorum İskilip Derekargın Göleti Mühendislik Jeolojisi Planlama raporu, DSİ 5. Bölge Müdürlüğü, Ankara, 112 s
- [3] Bieniawski, Z. T., 1989, Engineering Rock Mass Classifications. John Wiley and Sons, New York, 237 pp
- [4] Church, H. K., 1981, Excavation Handbook. McGraw-Hill, New York, USA
- [5] DSİ 2016a, Jeoteknik Etüt Şartnamesi, DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, 132 s
- [6] DSİ, 2016b, Temel Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi, DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, 43 s
- [7] HİDROMARK, 2014, Ankara-Haymana-Sırçasaray Göleti Kesin Proje Aşaması Jeoteknik Etüt Raporu, DSİ 5. Bölge Müdürlüğü, Ankara, 78 s
- [8] JEODİZAYN, 2014, Ankara-Bala-Süleymanlı Göleti ve Sulaması Kesin Proje Aşaması Jeoteknik Etüt Raporu, DSİ 5. Bölge Müdürlüğü, 67 s
- [9] Şekercioğlu 2002, Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, Genişletilmiş 3. Baskı, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, ISBN: 975-395-087-X, 280 s
- [10] Tsiambaos, G., Saroglou, H., 2009, Excavatability assessment of rock masses using the Geological Strength Index (GSI). Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 69 (1), 13-27
- [11] Ulaş, K, Temiz R, Kılıç R, 2017, Beypazarı Gölet Yerindeki Tüfün Temel Kaya Olabilirliğinin İncelenmesi, (Ankara), MÜHJEO'2017: Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 12-14 Ekim 2017, ÇÜ, Adana, 285-291