



BELENYENİCE BARAJI'NDA KULLANILAN DOĞAL YAPI MALZEMELERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ VE GÖVDE TİPİ SEÇİMİNDE MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMLARI

Hüseyin ÇALDIRAK*, Bedri KURTULUŞ

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Muğla, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*Belenyenice Barajı,
Doğal Yapı Malzemeleri
(DYM),
Gövde tipi seçimi,
Malzeme araştırma çukuru,*

Özet

Belenyenice Barajı, tarımsal sulama ve rekreasyon amaçlı projelendirilmiş bir baraj olup bölge ekonomisine ciddi katkılar sağlamaktadır. Bu barajın projelendirilmesinde doğal yapı malzemelerinin (DYM) nitelik ve nicelik yönünden karakterizasyonu projenin fizibilitesi açısından çok büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, Belenyenice Barajı'nın DYM olanaklarını, malzemelerin detaylı jeoteknik analizini ve gövde tipi seçiminde ortaya koyulan mühendislik yaklaşımlarını kapsamaktadır. Bu bağlamda, büro, arazi ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Büro çalışmaları, sahanın genel jeolojisi ile ilgili literatür bilgilerinin derlenmesi ve 1/25000 ölçekli topografik haritalar ile uydu görüntülerinden faydalanarak potansiyel DYM alanlarının belirlenmesini kapsamaktadır. Arazi çalışmaları kapsamında, belirlenen potansiyel DYM alanlarında malzemenin niteliği ve niceliği ile ilgili gözlem yapılmış ve bu alanlarda malzeme araştırma çukurları açılarak numuneler alınmıştır. Alınan numuneler üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmış ve malzemenin gövdede kullanılabilirliği analiz edilmiştir. Tüm bu analizler sonucunda malzeme alanının baraj eksenine olan uzaklığı malzemenin niteliği ve niceliği göz önüne alınarak Belenyenice Barajı'nın gövde tipi kil çekirdekli kaya dolgu olarak projelendirilmiştir.

GEOTECHNICAL PROPERTIES OF NATURAL STRUCTURAL MATERIALS UTILIZED IN BELENYENICE DAM AND ENGINEERING APPROACHES ON BODY TYPE SELECTION

Keywords

*Belenyenice Dam,
Natural Structural Materials
(NSM),
Body type selection,
Material investigation trial
pit,*

Abstract

Belenyenice Dam which is projected for agricultural irrigation and recreation purposes, makes significant contributions to the regional economy. In the projection of this dam, qualitative and quantitative characterization of natural structural materials (NSM) in terms of project feasibility is very important. This study comprises the NSM possibilities of Belenyenice Dam, detailed geotechnical analysis of geo-materials and the engineering approaches for the selection of dam body type. In this context, office, field and laboratory works have been implemented. Within office works, literature about the general geology of the study area was compiled and determination of potential NSM areas based on the 1/25000 scaled topographical map and satellite images were carried out. Within the context of field works, observations on the quality and the quantity of the materials in the specified potential NSM areas are realized and soil samples were handled from excavated trial pits. Laboratory tests have been performed on the soil samples within the laboratory works and the usability of the material for the dam body was analysed. As a result of all these analysis, Belenyenice Dam body type was projected as clay core rock fill dam considering the distance between the NSM area and dam axis location and based on the quality and the quantity of the materials.

Alıntı / Cite

*İlgili yazar / Corresponding author: huseyincaldirak@yahoo.com

Çaldırak H., Kurtuluş B., Belenyenice Barajı'nda Kullanılan Doğal Yapı Malzemelerinin Jeoteknik Özellikleri ve Gövde Tipi Seçiminde Mühendislik Yaklaşımları, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(2), 334-347.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

H. Çaldırak, 0000-0002-2462-1966;
B. Kurtuluş, 0000-0001-6646-9280;

Başvuru Tarihi / Submission Date	09.04.2018
Revizyon Tarihi / Revision Date	03.05.2018
Kabul Tarihi / Accepted Date	05.06.2018
Yayın Tarihi / Published Date	23.06.2018

1. Giriş

Hızla artan nüfusa bağlı olarak ülkemizde şehirler genişlemekte ve kırsal alanlar şehirlere dâhil olmaktadır (Canoğlu, 2017). Kırsal alanların azalmasına bağlı olarak tarımsal arazilerin daha efektif kullanılması gerçeği ile karşı karşıya kalınmıştır. Son 10 yılda Türkiye'de yüzlerce tarımsal sulama amaçlı baraj inşa edilmiştir. Bu gölet ve barajların doğru projelendirilmesi hem geri dönülemeyecek çevresel zararlar açısından, hem de barajın ekonomik rantabilitesi açısından büyük önem taşımaktadır. Doğru DYM'nin doğru baraj ekseninde doğru gövde tipi için kullanılması çok önemli mühendislik yaklaşımlarının ortaya koyulmasını gerektirmektedir. Bu nedenle, DYM'nin optimizasyonu ekonomik, çevresel, zirai ve inşa aşamasındaki potansiyel ulaşım problemlerinin azaltılması açısından çok önemlidir. Özellikle DYM alanlarının yanlış seçimi bazı durumlarda potansiyel sulama alanlarının tahrip edilmesini ve nitelikli tarım arazilerinin ve mera gibi büyük çevresel öneme haiz ortak alanların kullanılamaz hale gelmesine neden olabilmektedir ve çevresel açıdan büyük önem taşıyan bu alanların korunması gerekmektedir (Canoğlu ve Kurtuluş, 2017a). Ayrıca, söz konusu sulama barajları ve göletleri olduğunda, bazı arazilerin sulama olanakları artarken bazı araziler istimlak edilmekte ve kullanılamaz hale gelmektedir. DYM alanlarının doğru optimizasyonu çevresel adaletin sağlanması açısından da önemli bir rol oynamaktadır. DYM araştırmaları birçok araştırmacı tarafından farklı açılardan incelenmiştir (Aral, 2004; Akçalı ve Arman, 2008; Çelik ve Kavas, 2001; Binal, 2008; Binal ve Kasapoğlu, 2003; Özer vd., 2012; Ulusay vd., 2010; Canoğlu ve Kurtuluş, 2016).

Baraj ve göletlerde planlama aşamasında gerçekleştirilen çalışmalar, yapıların sağlıklı bir şekilde hizmet vermesi ve inşa aşamasında çıkacak sorunların en aza indirilmesinde büyük önem taşımaktadır (Canoğlu ve Kurtuluş, 2017b). DYM olanakları, baraj eksenine uzaklık ve gövde tipi optimizasyonu göz önüne alınarak ortaya koyulan mühendislik yaklaşımlarını içeren bu araştırma, büro, saha ve laboratuvar çalışmalarından oluşmaktadır. Büro çalışmaları kapsamında, sahanın genel jeolojisi ile ilgili literatür bilgileri derlenmiş ve 1/25000 ölçekli

topografik haritalar ile uydu görüntülerinden faydalanarak potansiyel DYM alanları belirlenmiştir. Büro çalışmaları ile belirlenen DYM alanlarında malzemenin niteliksel özellikleri ile ilgili bilgi toplanamamış sadece niceliksel tahminler yürütülmüştür. Arazi ön çalışmaları kapsamında, belirlenen potansiyel DYM alanlarında malzemenin niteliği ve niceliği ile ilgili sadece gözlemsel bilgiler derlenmiştir. Elde edilen gözlemsel bilgiler göz önüne alınarak uygun görülen alanlarda malzeme araştırma çukurları (MAÇ) açılmış ve malzeme alanına ait kalınlık belirlenmiştir. Ayrıca, açılan MAÇ'lardan alınan numuneler üzerinde laboratuvar çalışmaları kapsamında deneyler yapılmış ve malzemenin gövdede kullanılabilirliği analiz edilerek, niteliksel özellikleri ortaya koyulmuştur.

DYM araştırmaları kapsamında 4 adet geçirimsiz malzeme, 1 adet yarı geçirimli malzeme, 2 adet geçirimli malzeme ve 2 adet de kaya malzeme alanında çalışmalar yapılmıştır. Geçirimsiz malzeme alanlarından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri kapsamında, elek analizi, doğal birim hacim ağırlık, Atterberg limitleri, iğne deliği deneyi, standart proktor deneyi, su içeriği, serbest basınç deneyi, özgül ağırlık, şişme yüzdesi ve şişme basıncı tayini, üç eksenli sıkışma dayanımı deneyi, gerçekleştirilmiştir. Üç eksenli sıkışma dayanımı deneyi, toprak türü malzemede, yalnızca örselenmemiş numuneler üzerinde gerçekleştirilebilmektedir (Canoğlu, 2016b). Bu nedenle malzeme araştırma çukurlarından örselenmemiş numuneler de alınmıştır. Ayrıca, su içeriği, özgül ağırlık, doğal birim hacim ağırlık tayinlerinin doğru yapılabilmesi için torba numuneler alınmıştır. Geçirimli malzeme alanlarından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri kapsamında ise, su emme, bağıl yoğunluk, Los Angeles aşınma kaybı deneyi, dona dayanıklılığın kimyasal yolla tayini ve kesme kutusu deneyi, bağıl yoğunluk, elek analizi, modifiye proktor deneyi, kil toprakları tayini, alkali silika reaksiyonu ve organik madde içeriği tayini gerçekleştirilmiştir. Kaya malzeme alanından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri kapsamında ise, birim hacim kütle deneyleri, yoğunluk ve gözeneklilik tayini, tek eksenli basınç dayanımı tayini, don sonu basınç kaybı yüzdesi tayini ve dona

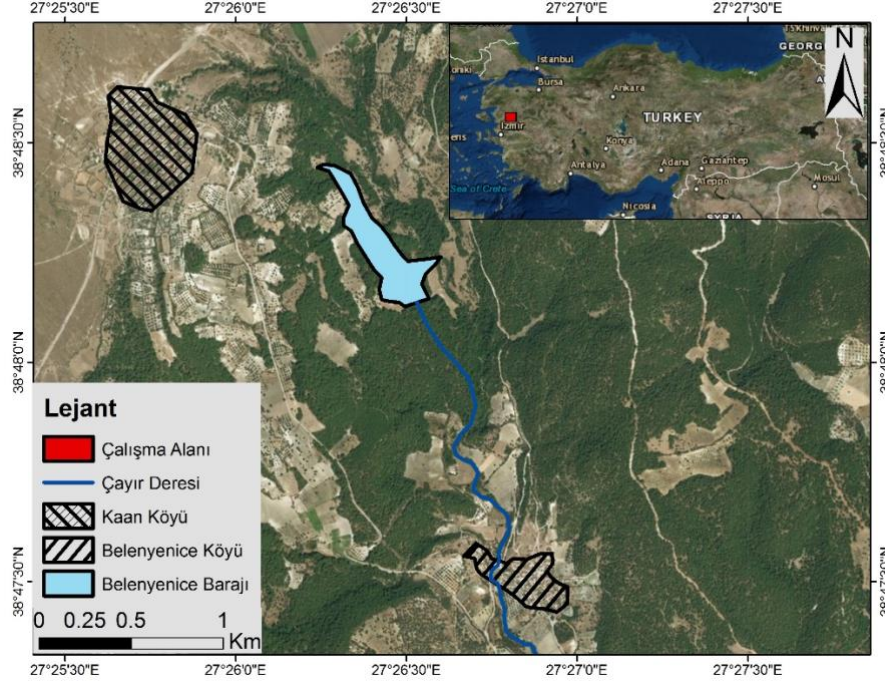
dayanıklılığın sodyum sülfat ile tayini gerçekleştirilmiştir.

Çayır Dere üzerindedir. Eksen yeri, 1/25000 ölçekli İzmir K18-b3 numaralı pafta içerisinde kalmaktadır.

2. Çalışma Alanı ve Barajın Genel Özellikleri

Çalışma alanı, Ege Bölgesi'nde, Manisa merkez sınırları içerisinde yer almaktadır. Belenyenice Barajı, Belenyenice köyü tarım arazilerinin sulanması amacı ile Belenyenice köyünün yaklaşık 1 km kuzeyinde

Çalışma alanına ulaşım için, İzmir-İstanbul karayolu üzerinde Saruhanlı İlçesi içinden Tepecik, Karayenice köy yolları kullanılarak yaklaşık 20 km sonra da Belenyenice Köyüne varılır. Köyden 1 km'lik orman yolu ile Belenyenice Barajı eksen yerine ulaşılır (Şekil 1). Aks yerine, her mevsim ulaşım mümkündür.



Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası

Proje kapsamında 1/100 000 ölçekli İzmir K18 jeoloji haritası (MTA) ile 1/25000 ölçekli İzmir K18-b3, K18-b4 ve İzmir K19-a4 topoğrafik harita paftalarından yararlanılmıştır. Çalışmalarda öncelikle daha önce yapılmış çalışmalar incelenerek çalışma alanının jeolojik durumu hakkında ön bilgi edinilmiştir. Çalışma alanı ve çevresinde mevcut haritalar üzerinde, malzeme alanları belirlenerek GPS ile sınırları çizilmiştir.

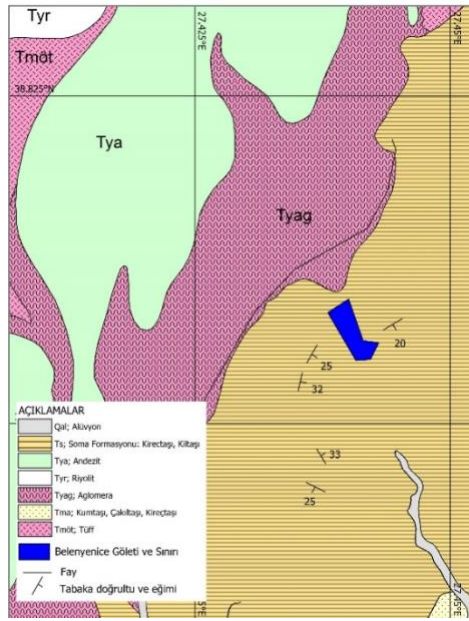
Sulama amaçlı olarak projelendirilen Belenyenice Barajı kil çekirdekli kaya dolgu baraj olarak projelendirilmiş olup, temelden yüksekliği 37 m'dir. Kret uzunluğu 275 m olan barajın kret genişliği 8 m'dir. Barajın maksimum rezervuar alanı 0.128 km² ve maksimum rezervuar hacmi 1.102 hm³'tür. Belenyenice baraj inşaatında 53,021 m³ geçirimsiz, 26,928 m³ geçirimli, 178,253 m³ kaya malzemeye ihtiyaç vardır.

3. Çalışma Alanının Jeolojik Konumu

Çalışma alanı, Yuntdağı ile Çaldağ arasında Manisa Yarı Grabeni olarak da adlandırılan bölgede yer almaktadır. Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı jeolojik birimler gözlenmektedir. Belenyenice Barajı ve çevresinde, Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Rahmanlar

Aglomerası, Üst Miyosen yaşlı karasal çökeller (Soma Formasyonu), Miyosen yaşlı volkanikler (Yuntdağ volkanikleri) ve temel kayası olan Kretase yaşlı İzmir filisi gözlenmektedir. Kuvaterner yaşlı genç birimleri, alüvyon ve yamaç molozu oluşturmaktadır olup bu birimler Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı formasyonların üzerine uyumsuz olarak örtmektedirler. Geniş yayılım gösteren Soma Formasyonu çalışma alanının hemen hemen her kesiminde görünmektedir ve temel birimi oluşturmaktadır. Çalışma alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti ve jeoloji haritası Şekil 2 ve Şekil 3'de gösterilmiştir.

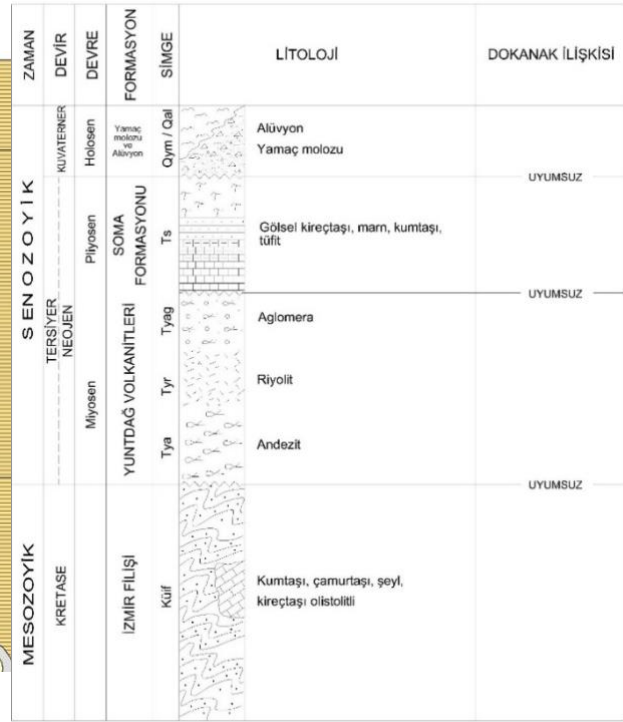
Şekil 2. Çalışma alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti



Şekil 3. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası

Çalışma alanı ve çevresi, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı'ndan temin edilmiş olan "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na" göre I. derecede deprem bölgesi içinde kalmaktadır. Belenyenice Barajı eksen yeri, rezervuar alanı ve yakın çevresinde herhangi bir aktif faya rastlanmamıştır. Ancak bu durum, bölgedeki paleofayların yeni tektonik rejime göre aktive olmayacağı anlamına gelmemektedir.

Baraj ve ilgili yapı yerlerinde yapılan arazi çalışmaları ve temel araştırma sondajları sonunda 1-1.5 m kalınlığında Kuvaterner yaşlı alüvyon, 2 m civarında yamaç molozu, Neojen yaşlı aglomera birimleri belirlenmiştir. Belenyenice baraj eksenı boyunca yapılan sondajlara göre temel kayasını oluşturan Pliyosen-Miyosen yaşlı aglomeralar, Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği'nin (International Society for Rock Mechanics-ISRM) önerdiği kaya kütlelerinin ayrışma derecesini tanımlama ölçütlerine göre yapılan sınıflandırmada, gri, koyu gri, yüzeyde orta-çok ayrışmış (W3-W4) derinlere indikçe az ayrışmış (W1-W2) haldedir (ISRM, 2007). Düşük-orta dayanımlı (88.6-422.5 kg/cm²), orta-iyi kaya kalitesinde (RQD değerleri %0-100 arasında, ortalama %70) (Deere, 1964), kırıklı, az çatlaklı-kırıklı yapıda olan bu birim RMR sınıflama sistemine göre III. orta kaya (RMR puanı 54) sınıfındadır. Belenyenice barajı için gerçekleştirilen araştırmalara göre alüvyon ve yamaç molozu geçirimli-yarı geçirimli sınıfta, aglomera az geçirimli seviyeler içeren geçirimsiz özelliktedir. Buna göre Belenyenice barajı, her iki sahilde kazıdan itibaren 14-16 m derinliğinde, talvegde kazıdan itibaren 20-22 m derinlikte tek sıra enjeksiyon perdesi tasarlanmıştır. Enjeksiyon perdesine ek olarak katof



kazılarının memba-mansap taraflarına olmak üzere 2 sıra 5 m derinliğinde 3 m aralıklı kapak enjeksiyonu projelendirilmiştir.

Sondajlardan elde edilen yeraltı suyu seviyeleri incelendiğinde yamaçların dereyi beslediği görülmüştür ve rezervuar alanı civarında daha derin vadi gözlenmemiştir.

Göl alanında gözlenen aglomera ve Soma Formasyonunda projeyi tehdit edecek heyelan tespit edilememiştir. Tüm bu bilgiler değerlendirildiğinde baraj eksenı ve rezervuar alanında duraylılıkla ve geçirimsizlikle ilgili bir problem beklenmemektedir.

3.1 Çökel Kayaçlar

3.1.1. Alüvyon

Çalışma alanında yer alan Yenice, Paklı ve Bahadır derelerinin yataklarında kumlu, siltli çakıllı alüvyonal birikintilerin yer aldığı bölümler bulunmaktadır. Sondaj çalışmalarına göre çalışma alanında 1-1.5 m kalınlığında silt, kil ve kumdan oluşan alüvyon birimi, çok dar bir alanda gözlenmektedir.

3.1.2. Yamaç Molozu

Özellikle Neojen birimler üzerinde gelişmiş kayma hareketlerinin oluşturduğu yamaç molozu ve birikinti konilerine rastlanır. İnce kum, silt ve köşeli az yuvarlak küçük çakıl ve nadir bloklardan oluşmuşlardır. Sondaj çalışmalarına göre çalışma alanı civarında 2-3 m kalınlığında gözlenebilir.

3.1.3. Soma Formasyonu

Soma Formasyonu çalışma alanının temel birimini oluşturmaktadır. Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Soma Formasyonu arazi gözlemlerine göre killi kireçtaşı ve kiltası birimlerinden oluşmaktadır. Bu birimler literatüre göre geçirimsiz özelliktedir.

3.1.4. İzmir Filişi

İzmir Filişi, yoğun deformasyon geçirmiş kırıntılı bir hamur içinde yer alan değişik kaya blok ve dilimlerinden oluşur (Okay, 2011). Bölgenin çoğunlukla güneydoğusunda kumtaşı, çakıltaşı ve kireçtaşı şeklinde görünmektedir. Katmanlanma

3.2.2. Rahmanlar Aglomerası

Çalışma alanında Yuntdağ Volkanitlerinin bulunduğu kesimlerde yaygın olarak gözlenmektedir. Rahmanlar Aglomerası andezit çakıllarının tuf ile tutturulmasından oluşmaktadır. Bazı yerlerde Yuntdağ Volkanitleri ve Soma Formasyonu üzerine gelmektedir. Bazı kesimlerde ise Soma Formasyonu ile giriktir. Soma Formasyonu ile girik olduğundan, Üst Miyosen-Pliyosen yaşta kabul edilmektedir. (Akyürek ve Soysal, 1981). Yapılan BST deneylerine göre az geçirimli ve geçirimsiz özelliktedir.

düzensiz ve değişken kalınlıktadır. Kumtaşları oldukça serttir. Filiş birimi içinde değişik boyutlarda kireçtaşları gözlenmektedir.

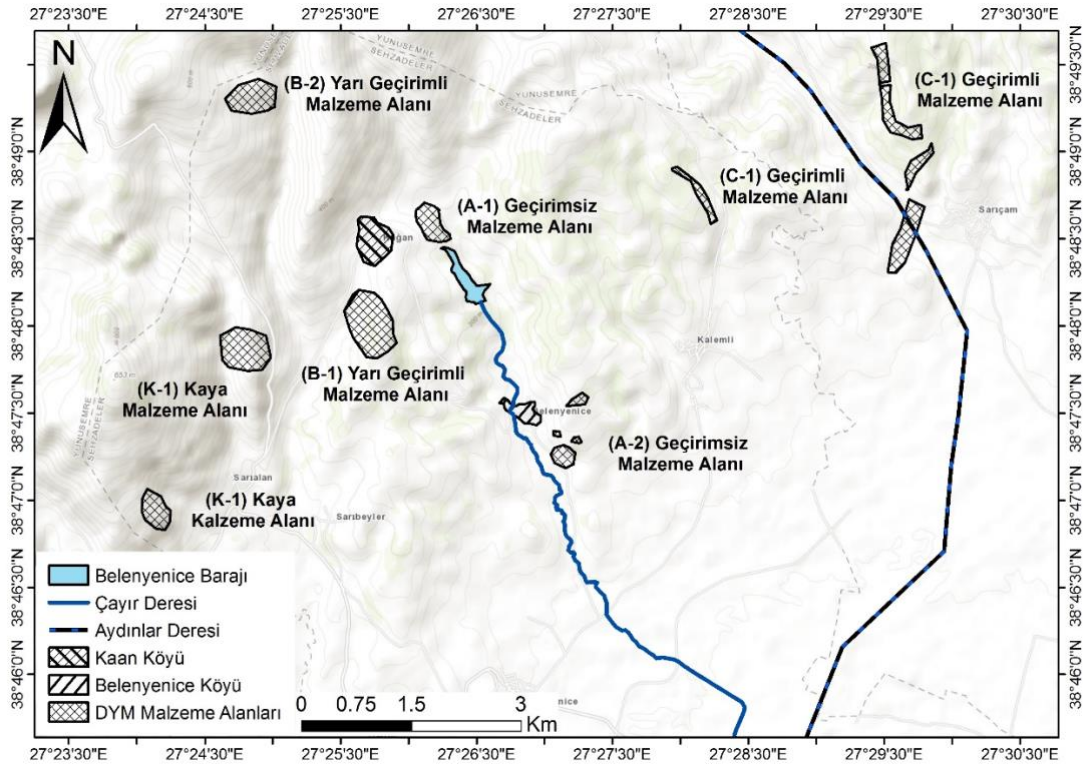
3.2 Magmatik Kayaçlar

3.2.1. Yuntdağ Volkanitleri

Çalışma alanında bazı bölgelerde yüzeylenmeler halindedir. Kuzeybatı kesimlerinde riolit, tuf ve andezit olarak görünmektedir. Yuntdağ Volkanitleri bölgede Miyosen'den önce başlayan ve Üst Miyosen-Pliyosen'e kadar devam eden değişik evrelerde gelişmiş volkanizmanın ürünleridir (Akyürek ve Soysal, 1981).

4. Doğal Yapı Malzemesi Araştırma Çalışmaları

Belenyenice barajı için gerçekleştirilen ön büro çalışmalarında 4 adet geçirimsiz (1-A, 1-B, 1-C, 1-D geçirimsiz malzeme alanları), 1 adet yarı geçirimli (2-A yarı geçirimli malzeme alanı), 2 adet geçirimli (3-A ve 3-B geçirimli malzeme alanları) ve 2 adet kaya malzeme alanı (K-1 ve K-1) potansiyel DYM alanı olarak belirlenmiştir. Söz konusu DYM alanlarının yer bulduru haritası şekil 4'de gösterilmektedir.



Şekil 4. Belenyenice Barajı malzeme alanlarının ölçekli haritası

Barajın kil çekirdekli kaya dolgu olarak inşa edileceği göz önüne alınarak toplamda yaklaşık 260 000 m³ DYM'ye ihtiyaç olacağı öngörülmektedir. Barajın gereksinimi olan DYM miktarları ve malzeme

alanlarının baraj eksen yerine uzaklığı ve de alınabilecek malzeme miktarları tablo 1'de gösterilmektedir. Bu tabloda mevcut DYM miktarları ve baraj için gerekli olan malzeme miktarı da

gösterilmiştir.

Tablo 1. DYM alanlarının baraj yerine uzaklığı, DYM alanlarındaki mevcut malzeme miktarları ve inşa için ihtiyaç duyulan DYM miktarları

MALZEME	MALZEME ALANI ADI	BARAJ YERİNE UZAKLIĞI (MALZEME YOLU MESAFESİ) (m)	MALZEME MİKTARI (A) (m3)	BARAJ MALZEME İHTİYACI (B) (m3)	ORAN (A/B)
Geçirimsiz Malzeme	(1-A)	2,700	90,000	53,021	1.697
	(1-B)	400	35,000		0.66
	(1-C)	2,900	65,000		1.226
	(1-D)	2,500	30,000		0.566
Yarı Geçirimli Malzeme	(2-A)	1,500	50,000	--	--
Geçirimli Malzeme	(3-A)	8,300	80,000	26,928	2.971
	(3-B)	7,700	40,000		1.485
Kaya Malzemesi	(K-1)	6,100	500,000	178,253	2.805
	(K-2)	5,600	750,000		4.208
TOPLAM	--	--	1,640,000	258,202	

5. Bulgular ve Tartışma

Barajın gereksinimi olan doğal yapı malzeme miktarları ve malzeme alanlarının baraj yerine uzaklığı ile işletilebilecek malzeme miktarları da göz önüne alınarak belirlenmiştir. Büro çalışmalarında belirlenen alanlardaki malzeme kalınlıklarının ortaya koyulabilmesi ve DYM'nin mühendislik özelliklerinin belirlenebilmesi için potansiyel DYM alanlarında MAÇ'lar açılmıştır. Mekanik kazı yolu ile açılan MAÇ'lardan alınan örnekler üzerinde malzemenin baraj gövdesinde kullanılabilirliğinin belirlenmesi için laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Kaya malzeme alanı olarak belirlenen (K-1) ve (K-2) DYM alanlarından laboratuvar deneylerine tabi tutulmak üzere 2'şer adet intak kaya numuneleri alınmıştır. Söz konusu laboratuvar deney sonuçları ile DYM'nin baraj dolgusunda kullanılabilirliği mühendislik parametreleri açısından her bir DYM alanı için ayrı ayrı belirlenmiştir.

5.1 Geçirimsiz Malzeme Alanları

Belenyenice Barajı geçirimsiz malzeme ihtiyacını karşılamak amacıyla ön inceleme aşamasında 4 adet alan belirlenerek araştırma programı hazırlanmıştır. (1-A) geçirimsiz DYM alanında 5 adet, (1-B) geçirimsiz DYM alanında 8 adet, (1-C) geçirimsiz DYM alanında 8 adet ve (1-D) geçirimsiz DYM alanında 1 adet olmak üzere geçirimsiz malzeme alanlarında toplamda 22 adet MAÇ açılmıştır. Her birinden örnek alınmıştır ve alınan örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır.

5.1.1 (1-A) Geçirimsiz Doğal Yapı Malzeme Alanı

Örnek alınan araştırma çukuru derinlikleri 1.40 m ile 2.90 m arasında değişmektedir. Araştırma çukurlarından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri sonuçlarına göre (1-A) geçirimsiz malzeme alanında, BLNA1-1,1 no.lu araştırma çukurları civarındaki malzeme CI,

BLNA1-3, 4 no.lu araştırma çukurları civarındaki malzeme SC, BLNA1-6 no.lu araştırma çukuru civarındaki malzeme GM karakterlidir (Tablo 2).

Tablo 2.(1-A) geçirimsiz DYM alanındaki araştırma çukurlarına ait laboratuvar deney sonuçları

PLANLAMA					AŞAMA	
(A-1) GEÇİRİMSİZ MALZEME ALANI					MALZEME ALANI	
BLN/A1-6	BLN/A1-4	BLN/A1-3	BLN/A1-2	BLN/A1-1	ARAŞTIRMA ÇUKUR NO	
1.40	2.90	2.00	2.50	2.80	ARAŞTIRMA ÇUKURU DERİNLİĞİ (m)	
TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	NO	LABORATUVAR ÖRNEKLERİ
0.20-1.40	0.20-2.90	0.20-2.00	0.20-2.50	0.20-2.80	DERİNLİK (m)	
2.76	2.75	2.74	2.70	2.69	ÖZGÜL AĞIRLIK (g)	
22.80	21.30	36.60	15.60	26.20	ÇAKIL	Elek Analizi (%)
51.00	36.20	18.90	33.40	23.50	KUM	
26.20	42.50	44.50	51.00	50.30	200 no (0.075 mm) Elekten Geçen (KİL-SİLT)	Hidrometrik Analiz (%)
13.10	17.95	15.46	9.13	16.73	SİLT	
13.05	24.59	28.99	41.82	33.52	KİL	Atterberg Limitleri (%)
57	54	43	45	49	LL	
34	24	20	22	27	PL	Su İçeriği (Wn) (%)
23	30	23	23	22	PI	
13.5	18.4	12.9	12.1	14.7	Su İçeriği (Wn) (%)	
1.25E-07	1.05E-07	7.4E-07	5.7E-08	4.11E-08	Geçirimsizlik (K) (cm/s)	
1.414	1.55	1.58	1.56	1.41	Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık (gmax) (g/cm3)	Proktor
26.3	23.4	17.6	24	22.7	Optimum Su İçeriği (Wopt) (%)	
			0.75		c (kgf/cm2)	Üç Eksenli Basınç Deneyi
			22		Φ (o)	
-	-	-	ND-2	-	İğne Deliği Deneyi	

-	-	-	1	-	Dağılıma Deneyi	Fiziksel Dispersibilite Deneyi
GM	SC	SC	CI	CI	Zemin Sınıfı	

Laboratuvar sonuçlarında; özgül ağırlık deneyine göre değerler 2.69-2.76 arasındadır. Alandaki malzemenin su içeriği %12.9-18.4 arasında tespit edilmiştir. Proktor deneyi sonucuna göre malzemenin maksimum kuru birim hacim ağırlığı 1.411-1.578 g/cm³, optimum su içeriği %17.57-26.30 arasında değişmektedir. Geçirimlilik değerleri 4.11x10⁻⁸-7.40x10⁻⁷ cm/s arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre (1-A) malzeme alanı geçirimsiz malzeme olarak kullanılabilir özellikte olup, işletilebilir bir alan oluşturmaktadır. Alandan 0.20 m kalınlığındaki bitkisel toprağın kaldırılmasından sonra, işletme

öncelikli olarak kullanılması önerilmektedir.

5.1.2 (1-B) Geçirimsiz Doğal Yapı Malzeme Alanı

BLNA2-2 no.lu araştırma çukurundan farklı derinliklerde 2 adet örnek alınmıştır. Örnek alınan araştırma çukuru derinlikleri 1.10 m ile 4.00 m arasında değişmektedir. Araştırma çukurlarından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri sonuçlarına göre (1-A) geçirimsiz malzeme alanında, BLNA2-2,3 ve 5 no.lu araştırma çukurları civarındaki malzeme SM, BLNA2-1 no.lu araştırma çukuru civarındaki malzeme GC, BLNA2-4 no.lu araştırma çukuru civarındaki malzeme CL, BLNA2-6,7 ve 8 no.lu araştırma çukuru civarındaki

PLANLAMA										AŞAMA	
(1-B) GEÇİRİMSİZ MALZEME ALANI										MALZEME ALANI	
BLN/A2-8	BLN/A2-7	BLN/A2-6	BLN/A2-5	BLN/A2-4	BLN/A2-3	BLN/A2-2B	BLN/A2-2A	BLN/A2-1	ARAŞTIRMA ÇUKUR NO		
2.90	3.30	2.80	4.00	3.20	3.20	3.90	1.80	1.10	ARAŞTIRMA ÇUKURU DERİNLİĞİ (m)		
TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	NO		
0.20-2.90	0.20-3.30	0.20-2.80	0.20-4.00	0.20-3.20	0.20-3.20	1.80-3.90	0.20-1.80	0.20-1.10	DERİNLİK (m)		
2.69	2.71	2.72	2.76	2.77	2.75	2.75	2.76	2.74	ÖZGÜL AĞIRLIK (g)		
6.5	19.6	19.6	19.6	20.2	37.2	65	57.3	10.5	ÇAKIL		
24.1	12.6	18.8	1.1	12.7	36.2	22.9	16.7	46.5	KUM		
69.4	67.8	61.6	79.3	67.1	26.6	12.1	26	43	200 no (0.075 mm) Elekten Geçen (KİL-SİLT)		
7.7	13.46	12.92	49.68	9.28	13.47	6.85	13.11	4.27	SİLT		
61.68	54.29	48.72	29.6	57.81	13.1	5.26	12.93	38.73	KİL		
38	41	40	-	36	44	-	-	45	LL		
20	20	17	NP	18	27	NP	NP	18	PL		
18	21	23	-	18	17	-	-	27	PI		
4.3	18.3	14.6	17.3	20.3	15.7	9.8	6.6	12.7	Su İçeriği (Wn) (%)		
6.66E-08	7.49E-08	8.91E-08	1.92E-06	6.98E-08	1.02E-06	1.21E-06	1.25E-06	1.48E-07	Geçirimlilik (K) (cm/s)		
1.62	1.647	1.653	1.622	1.623	1.683	1.949	1.98	1.618	Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık (gmax) (g/cm3)		
20.8	20.6	19.56	20.83	22	17.17	12.84	11.22	20.18	Optimum Su İçeriği (Wopt) (%)		
				0.36					c (kgf/cm2)		
				20					Φ (o)		
ND-2	-	-	ND-2	-	-	-	-	-	İğne Deliği Deneyi		
1	-	-	2	-	-	-	-	-	Dağılıma Deneyi		
CI	CI	CI	SM	CL	SM	SM	SM	GC	Zemin Sınıfı		

derinliği ortalama 2.90 m alındığında yaklaşık olarak 90 000 m³ malzeme işletilebilecektir. (1-A) geçirimsiz malzeme alanının Belenyenice Barajı inşasında

malzeme ise CI karakterlidir (Tablo 3).

Tablo 3. (1-B) geçirimsiz DYM alanındaki araştırma çukurlarına ait laboratuvar deney sonuçları

(1-B) DYM alanından alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçlarına ve açılan çukurların profillerine göre, BLN/B1-1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 ve 10 nolu malzeme çukurlarının oluşturmuş olduğu (1-B)

geçirimsiz malzeme alanında SM, GC, CL ve CI sınıfında malzeme bulunmaktadır. Laboratuvar sonuçlarına göre; Özgül ağırlık deneyine göre değerler 2.69-2.77 arasındadır. Alandaki malzemenin su içeriği deney

sonuçları %4.3-20.3 arasındadır. Proktor deneyi sonucuna göre malzemenin maksimum kuru birim hacim ağırlığı 1.618-1.980 g/cm³, optimum su içeriği %11.22-22.00 arasında değişmektedir. Geçirimsizlik değerleri 6.66x10⁻⁸-1.92x10⁻⁶ cm/s arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre (1-B) malzeme alanı geçirimsiz malzeme olarak kullanılabilir özellikte olup, işletilebilir bir alan oluşturmaktadır. Alandan 0.20 m kalınlığındaki bitkisel toprağın kaldırılmasından sonra, işletme derinliği ortalama 2.80 m alındığında yaklaşık olarak 35,000 m³ malzeme alınabilecektir. (1-B) geçirimsiz malzeme alanındaki malzemenin fiziksel özellikleri uygundur. Bu alan alternatif geçirimsiz malzeme alanı olarak

önerilmektedir.

5.1.3 (1-C) Geçirimsiz Doğal Yapı Malzeme Alanı

Örnek alınan araştırma çukuru derinlikleri 2.20 m ile 3.80 m arasında değişmektedir. Araştırma çukurlarından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri sonuçlarına göre (1-C) geçirimsiz malzeme alanındaki malzeme genel olarak CI karakterlidir. Ancak, BLNA3-6 ve 8 no.lu araştırma çukuru civarındaki malzeme ise CH olarak belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. (1-C) geçirimsiz DYM alanındaki araştırma çukurlarına ait laboratuvar deney sonuçları

PLANLAMA								AŞAMA	
(1-C) GEÇİRİMSİZ MALZEME ALANI								MALZEME ALANI	
BLN A3-8	BLN A3-7	BLN A3-6	BLN A3-5	BLN A3-4	BLN A3-3	BLN A3-2	BLN A3-1	ARAŞTIRMA ÇUKUR NO	
3.30	3.80	3.40	2.80	2.90	2.20	2.90	2.60	ARAŞTIRMA ÇUKURU DERİNLİĞİ (m)	
TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	NO	
0.20-3.30	0.20-3.80	0.20-3.40	0.20-2.80	0.20-2.90	0.20-2.20	0.20-2.90	0.20-2.60	DERİNLİK (m)	
2.72	2.72	2.71	2.72	2.69	2.73	2.71	2.7	ÖZGÜL AĞIRLIK (g)	
11.9	16.6	22.3	14.7	18.6	16.6	17.2	14.4	ÇAKIL KUM	Elek Analizi (%)
21.6	24.1	14.3	8.7	23.2	26.6	19.6	10.2		
66.5	59.3	63.4	76.6	58.2	56.8	63.2	75.4	200 no (0.075 mm) Elekten Geçen (KİL-SİLT)	Hidrometrik Analiz (%)
9.96	10.01	14.66	10.84	8.75	9.34	8.33	11.46	SİLT	
56.58	49.33	48.7	65.78	49.49	47.42	54.86	63.91	KİL	Atterberg Limitleri (%)
56	44	53	47	49	47	47	49	LL	
26	19	24	19	20	21	18	19	PL	
30	25	29	28	29	26	29	30	PI	
20.4	18.7	22.4	16.3	16.4	16.2	15.8	10.4	Su İçeriği (Wn) (%)	
7.49E-08	4.74E-08	6.02E-08	6.66E-08	4.42E-08	9.56E-08	5.7E-08	8.59E-08	Geçirimsizlik (K) (cm/s)	
1.436	1.642	1.448	1.548	1.571	1.577	1.59	1.567	Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık (g _{max}) (g/cm ³)	Proktor
28.5	19.6	25.3	24.27	23.83	21.5	23.89	23.8	Optimum Su İçeriği (W _{opt}) (%)	
-	-	-	-	-	-	0.58	-	c (kgf/cm ²)	Üç Eksenli Basınç Deneyi
-	-	-	-	-	-	18	-	Φ (o)	
-	-	-	-	-	Şişme Potansiyeli	-	-	İğne Deliği Deneyi	Fiziksel Dispersibilite Deneyi
-	-	-	-	-	1	-	-	Dağılım Deneyi	
CH	CI	CH	CI	CI	CI	CI	CI	Zemin Sınıfı	

(1-C) DYM alanından alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçlarına ve açılan çukurların profillerine göre, BLN/A3-1, 2, 3, 4 ve 5 no.lu malzeme çukurlarının oluşturmuş olduğu (1-C) geçirimsiz malzeme alanında CI ve CH sınıfında malzeme bulunmaktadır. Laboratuvar sonuçlarına göre; Özgül ağırlık deneyi sonuçları 2.69-2.72 arasındadır.

Malzemenin su içeriği %10.4-22.4 arasındadır. Proktor deneyi sonucuna göre malzemenin maksimum kuru birim hacim ağırlığı 1.436-1.642 g/cm³, optimum su içeriği %19.60-29.50 arasında değişmektedir. Geçirimsizlik değerleri 4.42x10⁻⁸-9.56x10⁻⁸ cm/s arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre (1-C) malzeme alanı geçirimsiz malzeme olarak

kullanılabilir özellikte olup, işletilebilir bir alan oluşturmaktadır. Alandan 0.20 m kalınlığındaki bitkisel toprağın kaldırılmasından sonra, işletme derinliği ortalama 2.50 m alındığında yaklaşık olarak 65,000 m³ malzeme alınabilecektir. (1-C) geçirimsiz malzeme alanındaki malzemenin fiziksel özellikleri kullanılabilir niteliğe sahi olmakla beraber BLN A3-3 no.lu araştırma çukurundan alınan numunede iğne deliği deneyi sonucu şişme potansiyeli ve dispersivite saptanmıştır. Bu nedenle BLN A3-3 no.lu araştırma çukuru civarındaki malzemenin dolguda kullanılmaması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bununla beraber (1-C) geçirimsiz malzeme alanı alternatif geçirimsiz malzeme alanı olarak önerilmektedir.

5.1.4 (1-D) Geçirimsiz Doğal Yapı Malzeme Alanı

Örnek alınan araştırma çukuru derinliği 1.40 m'dir. Araştırma çukurundan alınan numune üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri sonuçlarına göre (1-D) geçirimsiz malzeme alanındaki malzeme genel olarak CH karakterlidir (Tablo 5).

Tablo 5. (1-D) geçirimsiz DYM alanındaki araştırma çukurlarına ait laboratuvar deney sonuçları

PLANLAMA		AŞAMA	
(1-D) GEÇİRİMSİZ MALZEME ALANI		MALZEME ALANI	
BLN A4-1		ARAŞTIRMA ÇUKUR NO	
1.40		ARAŞTIRMA ÇUKURU DERİNLİĞİ (m)	
TN-1	NO	DERİNLİK (m)	LABORATUVAR ÖRNEKLERİ
2.68		ÖZGÜL AĞIRLIK (g)	
30.9	ÇAKIL	Elek Analizi (%)	LABORATUVAR DENEYLERİ
9.1	KUM		
60	200 no (0.075 mm) Elekten Geçen (KİL-SİLT)		
6.3	SİLT	Hidrometrik Analiz (%)	LABORATUVAR DENEYLERİ
53.7	KİL		
51	LL	Atterberg Limitleri (%)	
22	PL		LABORATUVAR DENEYLERİ
99	PI		
18		Su İçeriği (W _n) (%)	
7.94E-08		Geçirimsizlik (K) (cm/s)	
1.4	Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık (g _{max}) (g/cm ³)	Proktor	LABORATUVAR DENEYLERİ
	Optimum Su İçeriği (W _{opt}) (%)		
-	c (kgf/cm ²)	Üç Eksenli Basınç Deneyi	LABORATUVAR DENEYLERİ
-	Φ (o)		
-	İğne Deliği Deneyi	Fiziksel Dispersibilite Deneyi	LABORATUVAR DENEYLERİ
-	Dağılma Deneyi		
CH		Zemin Sınıfı	

(1-C) DYM alanından alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçlarına ve açılan çukurun profillerine göre, (1-D) geçirimsiz malzeme alanında CH sınıfında malzeme bulunmaktadır. Özgül ağırlık deneyine göre değerler 2.68'dir. Alandaki malzemenin su içeriği %18.0'dir. Proktor deneyi sonucuna göre malzemenin maksimum kuru birim hacim ağırlığı 1.400 g/cm³, optimum su içeriği %30.61'dir. Geçirimsizlik değerleri 7.94x10⁻⁸ cm/s olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre (1-D) malzeme alanı geçirimsiz malzeme olarak kullanılabilir özellikte olup, işletilebilir bir alan oluşturmaktadır. Alandan 0.20 m kalınlığındaki bitkisel toprağın kaldırılmasından sonra, işletme derinliği ortalama 3.10 m alındığında yaklaşık olarak 30,000 m³ malzeme işletilebilir özelliktedir.

5.2 Yarı Geçirimli Malzeme Alanı

Yarı geçirimli malzeme alanı olarak belirlenen (2-A) DYM alanında 2 adet MAÇ açılmış ve numuneler alınmıştır. Alınan örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Yarı geçirimli malzeme ihtiyacı göl alanından karşılanması düşünülmektedir. Ancak gerekmesi halinde (2-A) yarı geçirimli malzeme alanındaki malzemenin dolguda yarı geçirimli malzeme olarak kullanılabilir özellikte olduğu belirlenmiştir.

5.2.1 (2-A) Yarı Geçirimli Doğal Yapı Malzeme Alanı

Örnek alınan araştırma çukuru derinlikleri 2.10 m ve 3.00 m'dir. Araştırma çukurlarından alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri sonuçlarına göre (2-A) yarı geçirimli malzeme alanı SM ve GP-GM karakterlidir (Tablo 6).

Tablo 6. (2-A) yarı geçirimli DYM alanındaki araştırma çukurlarına ait laboratuvar deney sonuçları

PLANLAMA		AŞAMA	
(2-A) YARI GEÇİRİMLİ MALZEME ALANI		MALZEME ALANI	
BLN/A2-2	BLN/A2-1	ARAŞTIRMA ÇUKUR NO	
2.10	3.00	ARAŞTIRMA ÇUKURU DERİNLİĞİ (m)	
TN-1	TN-1	NO	LABORATUVAR ÖRNEKLERİ
0.20-2.10	0.20-3.00	DERİNLİK (m)	
2.74	2.75	ÖZGÜL AĞIRLIK (g)	
54.70	37.50	ÇAKIL	LABORATUVAR DENEYLERİ
10.10	53.80	KUM	
35.20	8.70	200 no (0.075 mm) Elekten Geçen (KİL-SİLT)	
35.21	Uygulanmaz	SİLT	Hidrometrik Analiz (%)
16.13		KİL	
-	-	LL	LABORATUVAR DENEYLERİ

NP	NP	PL	Atterberg Limitleri (%) Permeabilite Deneyi
-	-	PI	
9.13E-06	0.000011	K (cm/s)	
8.3	2.6	Su İçeriği (Wn) (%)	
1.658	1.777	Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık (gmax) (g/cm ³)	Proktor
20.1	14.85	Optimum Su İçeriği (Wopt) (%)	
SM	GP_GM	Zemin Sınıfı	

Malzeme alanından alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçlarına ve açılan çukurların profillerine göre, BLN/A1-1, ve 2 nolu malzeme çukurlarının oluşturmuş olduğu (2-A) yarı geçirimli malzeme alanında SM ve GP-GM sınıfında malzeme bulunmaktadır. Laboratuvar sonuçlarına göre, özgül ağırlık deneyinden elde edilen değerler 2.74 ve 2.75'dir. Alandaki malzemenin su içeriği deney sonuçları %2.6 ve 8.3'dür. Proktor deneyi sonucuna göre malzemenin maksimum kuru birim hacim ağırlığı 1.658 ve 1.777 g/cm³, optimum su içeriği %14.85 ve 20.10'dur. Geçirimsizlik değerleri 9.13x10⁻⁶ ve 1.10x10⁻⁵ cm/s'dir. Bu sonuçlara göre (2-A) malzeme alanı geçirimsiz-yarı geçirimli malzeme (1' no.lu zon dolgusu) olarak kullanılabilir özellikte olup, işletilebilir bir alan oluşturmaktadır. Alandan 0.20 m kalınlığındaki bitkisel toprağın kaldırılmasından

Tablo 7. (3-A) yarı geçirimli DYM alanındaki araştırma çukurlarına ait laboratuvar deney sonuçları

PLANLAMA								AŞAMA	
(3-A) GEÇİRİMLİ MALZEME ALANI								MALZEME ALANI	
BLN/C1-10	BLN/C1-9	BLN/C1-8	BLN/C1-7	BLN/C1-6	BLN/C1-5	BLN/C1-4	BLN/C1-2	ARAŞTIRMA ÇUKUR NO	
2.20	2.40	2.00	2.60	1.80	2.50	1.80	1.10	ARAŞTIRMA ÇUKURU DERİNLİĞİ (m)	
TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	TN-1	NO	
0.60-2.20	0.30-2.40	0.50-2.00	0.40-2.60	0.40-1.80	0.30-2.50	0.00-1.80	0.00-1.10	DERİNLİK (m)	
1.54	1.58	1.56	1.56	1.47	1.47	1.43	1.46	Tüvenan	Gevşek Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)
1.47	1.54	1.45	1.47	1.43	1.4	1.4	1.46	Çakıl	
1.23	1.31	1.26	1.23	1.22	1.2	1.19	1.22	Kum	
1.69	1.69	1.68	1.69	1.61	1.57	1.56	1.64	Tüvenan	Sıkı Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)
1.52	1.62	1.59	1.63	1.56	1.53	1.51	1.63	Çakıl	
1.31	1.34	1.37	1.31	1.3	1.27	1.29	1.3	Kum	
57	58.1	50.1	42.7	45.7	47.9	36.1	50.1	Çakıl	Tuvenan Agreganın Sınıflara Ayrılması (%)
31.9	37.6	41.9	51.4	44.5	44.4	51.5	44.4	Kum	
11.2	4.3	7.9	5.9	9.8	7.8	12.4	5.6	200 no (0.075 mm) Elekten Geçen (KİL-SILT)	
0.69	0.61	0.67	0.78	0.93	0.63	0.8	1.5	İri Agrega	İnce Madde Oranı (%)
22.25	10.45	14.43	8.99	20	15.16	14.3	8.77	İnce Agrega	
2.52	2.494	2.522	2.5	2.53	2.478	2.52	2.52	İri Agrega	BAĞIL YOĞUNLUK (gr/cm ³)
2.532	2.543	2.552	2.54	2.53	2.543	2.54	2.556	İnce Agrega	
2.407	2.934	2.557	2.22	2.4	3.072	2.21	2.204	İri Agrega	Su Emme (%)
4.145	3.907	3.734	4.21	4.06	4.015	3.91	3.821	İnce Agrega	
0.666	0.534	0.807	0.86	1.13	0.884	1.06	2.345	İri Agrega	

sonra, işletme derinliği ortalama 2.50 m alındığında yaklaşık olarak 50,000 m³ malzeme baraj dolgusunda kullanılabilir özelliktedir.

5.3 Geçirimli Malzeme Alanları

Belenyenice Barajı geçirimli malzeme ihtiyacını karşılamak amacıyla ön inceleme aşamasında 2 adet alan belirlenerek araştırma programı hazırlanmıştır.(3-A) geçirimli DYM alanında 7 adet ve (3-B) geçirimli DYM alanında 3 adet olmak üzere toplamda 10 adet MAÇ açılmıştır. BLN/C1-1 ve BLN/C1-3 no'lu araştırma çukurları hariç açılan çukurların her birinden birer adet torba örnek alınarak üzerlerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır.Geçirimli malzeme öncelikli olarak (3-A) ve alternatif olarak (3-B) malzeme alanlarından alınabilecektir.

5.3.1 (3-A) Geçirimli Doğal Yapı Malzeme Alanı

Malzeme alanında genel olarak Aydınlar Deresi'nin alüvyonları bulunmaktadır. Örnek alınan araştırma çukuru derinlikleri 2.60 m ile 1.00 m arasında değişmektedir (Tablo 7).

0.172	0.117	0.087	0.07	0.1	0.11	0.12	0.35	İnce Agregada	Kil Topakları Tayini (%)
18	18	17.4	24	24.2	26	27	22.4	İri Agregada	Na ₂ SO ₄ Don Kaybı (%)
11.8	14.1	14.4	12.5	12.2	14.3	13.6	13.3	İnce Agregada	Los Angeles Aşınma Kaybı (%)
30.7	33.8	31.4	32	34	30.6	31.4	34.12	500 Devir	
GP-GM	GP-GM	GP-GM	GP-GM	GP-GM	GP-GM	GM	GP-GM	Zemin Sınıfı	

(3-A) DYM alanından alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçlarına ve açılan çukurların profillerine göre, BLN/C1-2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 (BLN/C1-1ve 3 no.lu malzeme araştırma çukurlarından uygun özellikte malzeme bulunmadığından dolayı alandan çıkarılmıştır) nolu malzeme çukurlarının oluşturmuş olduğu (3-A) geçirimli malzeme alanında GP-GM ve GM sınıfında malzeme bulunmaktadır. BLN/C1-5, 7, 8 ve 9 nolu malzeme araştırma çukurları civarındaki malzeme öncelikli olarak, BLN/C1-4, 6 ve 10 nolu malzeme araştırma çukurları civarındaki malzeme ise ince madde oranları limitlerin bir miktar üzerinde (%12.4, 9.8 ve 11.2) olduğu için ikincil öncelikli olarak ihtiyaç duyulması halinde yıkama elemeye tabi tutulduktan sonra kullanılabilir. Ayrıca, alandaki malzemenin Na₂SO₄ değerlerinin yüksek olmasından dolayı agrega malzeme BLN/C1-8 ve 9 nolu malzeme araştırma çukurları civarından temin edilecektir.

Laboratuvar sonuçlarına göre, alandaki malzemenin çakıl oranı %58.1-36.1, kum oranı %31.9-51.5 ve kil-silt oranı ise % 4.3-12.4 arasında değişmektedir. İnce madde oranı, iri agregada %0.61-1.50, ince agregada %8.77-22.25 arasında değişmektedir. Kil topakları oranı, iri agregada %0.534-2.345, ince agregada % 0.065-0.350 arasında değişmektedir. Su emme, iri agregada %2.204-3.072, ince agregada %3.821-4.210 arasında değişmektedir. Bağıl yoğunluk, iri agregada %2.478-2.530, ince agregada %2.532-2.556 arasında değişmektedir. Na₂SO₄ don kaybı, iri agregada %17.40-27.00, ince agregada %11.8-14.4 arasında değişmektedir. Los Angeles aşınma kaybı (500 devir), %30.60-34.38 arasında değişmektedir.

(3-A) geçirimli DYM alanındaki malzemenin ince madde oranı limitlerin bir miktar üzerindedir. Bu nedenle yıkama eleme işlemine tabi tutulacaktır. BLN/C1-5, 7, 8 ve 9 nolu malzeme araştırma çukurları civarındaki 25,000 m³ malzeme öncelikli geçirimli malzeme alanı olarak değerlendirilmelidir. Ayrıca, alandaki malzemenin Na₂SO₄ değerlerinin yüksek olmasından dolayı agrega malzeme BLN/C1-8 ve 9 nolu malzeme araştırma çukurları civarından temin edilmesinin uygun olduğu belirlenmiştir. (3-A) geçirimli malzeme alanından 0.50 m kalınlığındaki bitkisel toprağın kaldırılmasından sonra, işletme derinliği ortalama 2.00 m alındığında yaklaşık olarak 80,000 m³ malzeme alınabilecektir.

5.3.2 (3-B) Geçirimli Doğal Yapı Malzeme Alanı

Malzeme alanında genel olarak Aydınlar Deresi'nin

alüvyonları bulunmaktadır. Örnek alınan araştırma çukuru derinlikleri 2.00 m ile 2.80 m arasında değişmektedir (Tablo 8).

(3-B) geçirimli DYM alanından alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçlarına ve açılan çukurların profillerine göre, BLN/C1-11, 12 ve 13 nolu malzeme çukurlarının oluşturmuş olduğu (3-B) geçirimli malzeme alanında GP-GM, SM ve GP sınıfında malzeme bulunmaktadır. Ancak BLN/C1-11 nolu malzeme araştırma çukurlarındaki malzemenin ince madde oranı limitlerin çok üzerinde olup yıkama eleme işlemi kontrollü olarak gerçekleştirilmelidir. Ayrıca, alandaki diğer malzemenin de yıkama eleme işlemine tabi tutulması önerilmektedir. (3-B) geçirimli malzeme alanının alternatif olarak değerlendirilmesi uygun bulunmuştur.

Tablo 8. (3-B) geçirimli DYM alanındaki araştırma çukurlarına ait laboratuvar deney sonuçları

PLANLAMA			AŞAMA	
(3-B) GEÇİRİMLİ MALZEME ALANI			MALZEME ALANI	
BLN/C1-13	BLN/C1-12	BLN/C1-11	ARAŞTIRMA ÇUKUR NO	
2.20	2.80	2.00	ARAŞTIRMA ÇUKURU DERİNLİĞİ (m)	
TN-1	TN-1	TN-1	NO	
0.20-2.20	0.20-2.80	0.20-2.00	DERİNLİK (m)	
1.59	1.44	1.52	Tüvenan	Gevşek Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)
1.49	1.41	1.46	Çakıl	
1.23	1.2	1.2	Kum	
1.71	1.53	1.63	Tüvenan	Sıkı Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)
1.68	1.48	1.57	Çakıl	
1.38	1.29	1.3	Kum	
51.4	49.3	32.4	Çakıl	Tuvenan Agreganın Sınıflara Ayrılması (%)
44.9	45.4	35.3	Kum	
3.7	5.3	32.2	200 no (0.075 mm) Elekten Geçen (KİL-SİLT)	
0.65	0.59	0.74	İri Agregada	İnce Madde Oranı (%)
5.3	9.52	34.21	İnce Agregada	
2.531	2.5	2.523	İri Agregada	BAĞIL YOĞUNLUK (gr/cm ³)
2.53	2.55	2.521	İnce Agregada	
2.421	2.82	2.449	İri Agregada	Su Emme (%)
3.605	3.82	4.297	İnce Agregada	
0.733	0.86	0.774	İri Agregada	Kil Topakları Tayini (%)
0.144	0.07	0.383	İnce Agregada	
19.3	25.9	22.6	İri Agregada	

13.7	18.7	17.9	İnce Agregada	Na ₂ SO ₄ Don Kaybı (%)
32	31.2	31.48	500 Devir	Los Angeles Aşınma Kaybı (%)
GP	GP-GM	SM	Zemin Sınıfı	

Elde edilen laboratuvar sonuçlarına göre, alandaki malzemenin; çakıl oranı %32.4-51.4, kum oranı %35.3-45.9 ve kil-silt oranı ise % 3.7-32.2 arasında değişmektedir. İnce madde oranı, iri agregada %0.59-0.74, ince agregada %5.30-34.21 arasında değişmektedir. Kil topakları oranı, iri agregada %0.733-0.860, ince agregada % 0.067-0.383 arasında değişmektedir. Su emme, iri agregada %2.421-2.822, ince agregada %3.605-4.297 arasında değişmektedir. Bağlı yoğunluk, iri agregada %2.531-2.501, ince agregada %2.521-2.554 arasında değişmektedir. Na₂SO₄ don kaybı, iri agregada %19.30-25.90, ince agregada %13.7-18.7 arasında değişmektedir. Los Angeles aşınma kaybı (500 devir), %31.16-31.98 arasında değişmektedir.

(3-B) geçirimli malzeme alanından 0.20 m kalınlığındaki bitkisel toprağın kaldırılmasından sonra, işletme derinliği ortalama 2.00 m alındığında yaklaşık olarak 40,000 m³ malzeme alınabilecektir. (3-B) geçirimli malzeme alanı yıkama eleme yapılması koşulu ile alternatif geçirimli malzeme alanı olarak önerilmektedir.

5.4 Kaya Malzeme Alanları

Belenyenice Barajı kaya dolgu malzeme ihtiyacını karşılamak amacıyla ön inceleme aşamasında 2 adet alan belirlenmiştir. Söz konusu alanlardan 2'şer adet intak kaya numunesi alınarak üzerinde malzemenin baraj gövdesinde kullanılabilirliğinin belirlenmesi için laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Kaya malzemesi öncelikli olarak (K-1) ve alternatif olarak (K-2) kaya malzeme alanlarından temin edilebilecektir.

5.4.1 K-1 Kaya Doğal Yapı Malzeme Alanı

Laboratuvar deney sonuçları tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9. (K-1) kaya DYM alanındaki kaya numunelerine ait laboratuvar deney sonuçları

PLANLAMA		AŞAMA	
(K-1) KAYA MALZEME ALANI		KAYA MALZEME ALANI	
BLN/K2-1	BLN/K1-1	ÖRNEK NO	
	2.472	Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	
	2.517	Doygun, Yüzey Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	
	2.640	Özgül Ağırlık (Gs)	
	1.798	Su Emme (%)	
	4.444	Görünür Porozite (%)	
	4.670	Gerçek Porozite (%)	

	95.33	Doluluk Oranı (%)	
Numune-1 Numune-2	Numune-1 Numune-2	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	
121.18 122.86	440.54 482.63		
	49.2	Na ₂ SO ₄ Don Kaybı (%)	
	7.64	100 Devir	Los Angeles Aşınma Kaybı (%)
	35.8	500 Devir	

K-1 kaya malzeme alanından alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine göre, hacimce su emme % 2.144-2.155, özgül ağırlık 2.61, basınç dayanımı değeri 318 - 491 kg/cm², Na₂SO₄ ile don kaybı % 29.1-22.6, Los Angeles aşınma kaybı 100 devir için % 7.34-7.96, 500 devir için % 234.62-35.12 değerleri belirlenmiştir. Kaya ocağında işletme derinliği ortalama 10 m alındığında yaklaşık olarak 500,000 m³ malzeme alınabilecektir. Gerçekleştirilen saha gözlemlerinde yüzeyde ayrılmış zonlara rastlanmıştır olup, yer yer 1m derinliğe varan bu ayrışma zonlarının sıyrılması önerilmektedir. Gerekmesi halinde işletme derinliği artırılabilir.

(K-1) kaya malzeme alanındaki malzeme (Na₂SO₄ ve basınç dayanımı sonuçları hariç) kaya dolgu olarak kullanılabilir özelliktedir. Bu duruma kaya örneğindeki zayıf zonların yol açtığı düşünülmektedir. Alandaki malzeme genel olarak uygun özelliktedir. Buna göre alandaki malzemenin kaya dolgu ve kaya ufağı (Ku) olarak kullanılması uygundur. Riprap malzeme (R) seçiminde dikkatli olunması, süreksizlik gözlenen malzemenin alınmaması uygun olacaktır. Limitlerin bir miktar dışındaki bu iki değer gövde dolgusuna olumsuz bir etkisi olamayacağı sonucuna varılabilir. (K-1) kaya malzeme alanının öncelikli kaya malzeme alanı olarak değerlendirilmesi önerilmektedir.

5.4.2 K-2 Kaya Doğal Yapı Malzeme Alanı

Laboratuvar deney sonuçları tablo 10'da gösterilmiştir. K-2 kaya malzeme alanı Koyunyataktası Tepesi'nin 300 m kuzeyinde yer almaktadır.

Tablo 10. (K-2) kaya DYM alanındaki kaya numunelerine ait laboratuvar deney sonuçları

PLANLAMA		AŞAMA	
(K-2) KAYA MALZEME ALANI		KAYA MALZEME ALANI	
BLN/K2-3	BLN/K2-2	ÖRNEK NO	
2.439	2.414	Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	
2.491	2.466	Doygun, Yüzey Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	
2.61	2.61	Özgül Ağırlık (Gs)	
2.144	2.155	Su Emme (%)	
5.227	5.201	Görünür Porozite (%)	
4.56	5.53	Gerçek Porozite (%)	
95.44	94.47	Doluluk Oranı (%)	

Numune-1 Numune-2	Numune-1 Numune-2	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	
491.49 437.21	341.68 318.12		
22.6	29.1	Na ₂ SO ₄ Don Kaybı (%)	
7.96	7.34	100 Devir	Los Angeles Aşınma Kaybı (%)
35.12	34.62	500 Devir	

K-2 kaya malzeme alanından alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine göre, hacimce su emme %1.798, özgül ağırlık 2.640, basınç dayanımı değeri 121-440 kg/cm², Na₂SO₄ ile don kaybı % 49.2, Los Angeles aşınma kaybı 100 devir için %7.64, 500 devir için %35.8 değerleri belirlenmiştir. Bu durumda kaya ocağında işletme derinliği ortalama 10 m alındığında yaklaşık olarak 750,000 m³ malzeme alınabilecektir. Gerekmesi halinde işletme derinliği arttırılabilecektir.

(K-2) kaya malzeme alanındaki malzeme (Na₂SO₄ ve basınç dayanımı sonuçları hariç) kaya dolgu olarak kullanılabilir özelliktedir. Bu duruma kaya örneğindeki zayıf zonların yol açtığı düşünülmektedir. Alandaki malzeme genel olarak uygun özelliktedir. Buna göre alandaki malzemenin kaya dolgu ve kaya ufağı (Ku) olarak kullanılması uygundur. Riprap malzeme (R) seçiminde dikkatli olunması, süreksizlik gözlenen malzemenin alınmaması uygun olacaktır. Limitlerin bir miktar dışındaki bu iki değer gövde dolgusunda alternatif kaya malzeme alanı olarak kullanılması durumunda malzeme seçiminin zayıf zonlardan yapılmaması hususunda itinalı olunmalıdır.

6. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma ile barajlarda planlama aşamasının en önemli etkenlerinden biri olan DYM araştırmalarının, baraj gövdesi tipinin belirlenmesi ve malzeme olanaklarına göre gövdenin projelendirilmesi açısından büyük önem taşımakta olduğu sonucuna varılmıştır. Belenyenice Barajı'nın DYM olanaklarının araştırıldığı bu çalışmada, barajın gövde tipi kil çekirdekli kaya dolgu olarak belirlenmiş ve yüksekliğinin talvegden 32 m, 275 m'lik kret uzunluğuna sahip olacak şekilde optimize edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre (1-A) geçirimsiz malzeme alanından numunelerin SM, GC, CL ve CI sınıfında, (1-B) geçirimsiz malzeme alanındaki numunelerin SC, CI ve GM sınıfında, (1-C) geçirimsiz malzeme alanındaki numunelerin CI sınıfında, (1-D) geçirimsiz malzeme alanındaki numunelerin CH ve CI sınıfında olduğu belirlenmiştir. Ancak (1-D) geçirimsiz malzeme alanı planlama aşamasında gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda sulama alanının büyümesi nedeniyle sulama alanı içerisinde kalmıştır. Bu nedenle bu aşamada kullanılması önerilmemektedir. Öncelikli geçirimsiz malzeme alanı olarak (1-A) geçirimsiz

malzeme alanının uygun olduğu belirlenmiştir.

Yarı geçirimli malzeme alanı olarak (2-A) malzeme alanında araştırmalar yapılmış ve bu alandaki malzemenin gövdede 1' no.lu zon dolgusu olarak kullanılabilir özellikte olduğu sonucuna varılmıştır. Geçirimli malzeme için 2 adet alanda araştırmalar yapılmış ve (3-A) geçirimli DYM alanının birincil öncelikle kullanılmasının taşıma maliyetleri göz önüne alınarak, ekonomik açıdan daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Ancak, 3-A geçirimli DYM alanındaki malzemenin ince madde oranı limitlerin bir miktar üzerinde. Bu nedenle yıkama eleme işlemine tabi tutulacaktır. BLN/C1-5, 7, 8 ve 9 no'lu malzeme araştırma çukurları civarındaki 25,000 m³ malzeme öncelikli geçirimli malzeme alanı olarak değerlendirilmelidir. Ayrıca, alandaki malzemenin Na₂SO₄ değerlerinin yüksek olmasından dolayı agrega malzeme BLN/C1-8 ve 9 no'lu malzeme araştırma çukurları civarından temin edilmesinin uygun olduğu da ayrıca önerilmektedir.

Kaya malzeme alanı olarak (K-1) DYM alanı birincil öncelikli malzeme alanı olarak önerilmektedir. Ancak, söz konusu malzemenin Na₂SO₄ don sonu basınç dayanımı kaybı sonuçları limitleri karşılamamaktadır. Ancak Belenyenice Barajı'nın bulunduğu iklim ılıman iklim olarak tanımlandığından don olaylarıyla bu coğrafyada karşılaşmamaktadır. Bu nedenle, Na₂SO₄ don sonu basınç dayanımı kaybı sonuçları Belenyenice barajı için sorun teşkil etmeyecektir. Alandaki malzemenin genel olarak uygun özellikte olduğu bu çalışma ile belirlenmiştir. Buna göre alandaki malzemenin kaya dolgu ve kaya ufağı (Ku) olarak kullanılması uygundur. Riprap malzeme (R) seçiminde süreksizlik gözlenen zonların sıyrılması ve Riprap olarak kullanılmaması gerektiği de göz önüne alınmalıdır. Ayrıca, Belenyenice Barajı inşaatı sırasında sıyırma kazılarından elde edilecek malzemenin uygun kısımları servis yollarının inşasında ve relokasyon yolu için dolgu malzemesi olarak kullanılması da önerilmektedir.

Teşekkür ve Katkı Belirtme

Bu çalışma, TC. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ İzmir 2. Bölge Müdürlüğü'ne ait "Belenyenice Barajı Planlama Mühendislik Hizmetleri" projesi kapsamında, Suyapı Mühendislik ve Müşavirlik AŞ'nin katkılarıyla gerçekleştirilmiştir.

Yazarlar bu makalenin geliştirilmesinde, bilgi paylaşımı ve eleştirileri ile katkı koyan DSİ2. Bölge Müdürlüğü, Bölge Müdürü'ne, Bölge Müdür Yardımcısı'na, ve tüm Jeoteknik Hizmetler ve YAS Şube Müdürlüğü personeline teşekkür eder.

Ayrıca, yazarlar makale ile ilgili finansman sağlayan ve bilimsel destekleri ile mühendislik tecrübelerini

paylaşan tüm Suyapı Mühendislik ve Müşavirlik AŞ ailesine, özellikle de Jeoloji ve Jeoteknik Bölümü Jeoloji Mühendisleri Sn Teoman Hızal'a teşekkür eder.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Akyürek, B., Soysal, Y., 1981. Biga Yarımadası Güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Bergama-Ayvalık) Temel Jeoloji Özellikleri. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 95, 95-96.

Aral, İ. F., 2004. Karatepe bazaltlarının (Çorlu-Tekirdağ) yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği. İÜ Mühendislik Fakültesi Yer Bilimleri Dergisi, 17(2), 69-76.

Binal, A., 2008. The Determination of Gel Swelling Pressure of Reactive Aggregates by ASGPM Device and A New Reactive-Innocuous Aggregate Decision Chart. Construction and Building Materials, 22(1), 1218-1228.

Binal, A., Kasapoğlu, K.E., 2003. Design and Application of the Mortar Cylinder Test for Determination of Effect of the Alkali Silica Reaction Concrete Aggregates. Int. Symp. Indust. Min. Build. Ston. (IMBS'2003), Istanbul, 625-632.

Canoğlu, M.C., 2016b. Lulu Adası'nın (Abu Dhabi) jeoteknik incelemesi ve mühendislik parametrelerinin belirlenmesi. MAKÜ FEBED, 7(1), 27-37.

Canoğlu, M.C., Kurtuluş, B., 2016. Su yapılarında gövde tipi optimizasyonu ve doğal yapı malzemelerinin mühendislik parametrelerinin belirlenmesi: Kışlademirli Göleti örneği (Kütahya). Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(2), 250-264.

Canoğlu, M.C., Kurtuluş, B., 2017a. Determination of the dam axis permeability for the design and the optimization of grout curtain: An example from Orhanlar Dam (Kütahya-Pazarlar). Per. Eng. Nat. Sci., 5(1), 37-43.

Canoğlu, M.C., Kurtuluş, B., 2017b. Permeability of Savcibey Dam (Bilecik) axis location and design of grout curtain. Bull. Min. Res. Exp., 154, 157-168.

Canoğlu, M.C., 2017a. Deterministic landslide susceptibility assessment with the use of a new index (factor of safety index) under dynamic soil saturation: an example from Demirciköy Watershed (Sinop/Turkey). Carpathian J. Earth. Env. Sci., 12(2), 423-436.

Çelik, M. Y., Kavas, T., 2001. Elvanpaşa (Afyon) trakiandezitlerinin jeolojisi ve yapı taşı olarak

kullanılabilirliğinin araştırılması. OÜ. Müh. Mim. Fak. Derg., 14(2), 24-36.

Deere, D.U., 1964. Technical description of rock cores, Rock Mechanics Engineering Geology, 1 (16-22).

Brown, E.T., 1981. Rock Characterization, Testing and Monitoring. International Society of Rock Mechanics Suggested Methods, Pergamon Press, Oxford, 211 p.

Koçyiğit, A., Canoğlu M.C., 2017. Neotectonics and seismicity of Erzurum pull-apart basin, East Turkey. Russian Geology and Geophysics, 58, 99-122.

Okay, A.I., 2011. Tavşanlı Zonu: Anatolid-Torid Bloku'nun Dalma-Batmaya Uğramış Kuzey Ucu. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 142, 195-226.

Özer, M., Ulusay, R., Işık, N.S., 2012. Evaluation of damages to light structures erected on a fill material rich in expansive soil. Bull. Eng. Geol. Environ., 71, 21-36.

Ulusay, R., Tuncay, E., Hasançebi, N., 2010. Preliminary assessments on geo-engineering properties of peaty soils and consolidation settlement at an organized industrial district (Turkey). Bull. Eng. Geol. Environ., 69 (3), 397-410.