



E-ISSN: 2717-8633

Sayı(Number) 5, Aralık(December) 2023

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

Geliş Tarihi(Receive Date): 06.12.2023

Kabul Tarihi(Accepted Date): 21.12.2023

Salda Gölü (Burdur) havzasının korunmasında kullanılan atık su arıtma tesisi yerlerinin zemin ve mühendislik özelliklerinin araştırılması

Halil İbrahim Özbak¹, Güzide Kalyoncu Ergüler²

¹İller Bankası Genel Müdürlüğü, Emniyet Mahallesi, Hipodrom Caddesi, No:9/21, Yenimahalle, Ankara Turkey, ORCID: 0000-0002-6484-8954

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Evliya Çelebi Yerleşkesi, Kütahya, Turkey, ORCID: 0000-0001-8023-2431

Öz

Salda gölü ve çevresi jeolojik, hidrojeolojik ve jeomorfolojik amaçlı birçok çalışmaya konu olmuştur. Bu gölün eşsiz güzelliği ve Mars'a benzerlik nedeniyle uluslararası kamuoyunun ilgisini çekmiş ve çevre koruma konusunda çeşitli ağırlıklı araştırmalara konu olmuştur. Bölgedeki Salda ve Doğanbaba Köyleri ile Yeşilova (Burdur) İlçesi gibi yerleşim bölgelerinin dışarı Salda Gölü havzası içinde yer almaktadır. Bu nedenle, Salda Gölü Havzası'nı korumak, atıksuların sağlıksız dışarıdan kurtarmak ve dışarı kriterlerini sağlamak amacıyla yeni arıtma tesislerinin projelendirilmesi gibi mühendislik çalışmalarına ihtiyaç duyulmuştur. Bu kapsamda, bir adet Konvansiyonel Arıtma Tesisi Projesi ve iki adet Paket Arıtma Tesisinin yapılması kararlaştırılmıştır. Söz konusu bu iki projenin uygunluğunun araştırılması amacıyla 20 lokasyonda toplam 213,5 m sondaj ve 31 lokasyonda toplam 105,3 m araştırma çukuru açılmıştır. Bu yeraltı araştırma tekniklerinin yanı sıra, bölgedeki zeminlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin öngörüsünde kullanılmak üzere iki ayrı profilde "çok kanallı yüzey dalgası analiz yöntemi (MASW)" ölçümü yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında inceleme alanında açılan sondaj kuyuları, araştırma çukurları, yüzey dalgası ölçümleri ile laboratuvar çalışmalarından yararlanılarak bölgedeki birimlerin zemin özellikleri ve tesis ünitelerinin oturacağı, hatların geçeceği zeminlere ait mühendislik parametreleri hakkında bilgiler bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Salda Gölü; Burdur; Arıtma Tesisi; Taşıma Kapasitesi

Investigation of soil and engineering properties of wastewater treatment plant locations used in the protection of Salda Lake (Burdur) basin

Abstract

Salda Lake and its surroundings have been the subject of many studies for geological, hydrogeological and geomorphological purposes. Due to the unique beauty of this lake and its similarity to Mars, it has attracted the attention of the international public

and has been the subject of various environmental protection studies. The discharge of residential areas such as Salda and Doğanbaba Villages and Yeşilova (Burdur) District in the region is located within the Salda Lake basin. For this reason, engineering studies such as designing new treatment facilities were needed to protect the Salda Lake Basin, save it from unhealthy wastewater discharge and meet the discharge criteria. In this context, it was decided to build one Conventional Treatment Plant Project and two Package Treatment Plants. To investigate the suitability of these two projects, a total of 213.5 m of drilling holes were opened in 20 locations, and a total of 105.3 m of research pits were opened in 31 locations. In addition to these underground research techniques, "multi-channel surface wave analysis method (MASW)" measurements were made in two separate profiles to be used in predicting the physical and mechanical properties of the soils in the region. Within the scope of this study, information about the properties of the units in the region and the engineering parameters of the soils where the facility units will be founded and the lines will pass were evaluated within the scope of this study, by using the drilling wells, research pits, surface wave measurements and laboratory studies in the study area.

© 2023 DPU All rights reserved.

Key Words: Salda Lake; Burdur; Treatment Plant; Bearing Capacity

1. Giriş

Salda gölü ve yakın çevresini de içerisine alan bölgede günümüze kadar jeolojik, hidrojeolojik ve jeomorfolojik amaçlı birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Salda Gölü ve etrafının jeomorfolojisi araştıran Ardel [1] gölün ofiyolitik melanj içinde olduğunu ve bazı kısımlarda serpantinleştiğini saptamıştır. Altınlı [2] ise bölgedeki jeolojik yapıları dikkate alarak gölün antiklinal bir alanda yer aldığını belirtmiştir. Yalçınlar [3] Salda Gölü'nün ofiyolit ve karbonatlı birimlerin oluşum yaşının Mesozoyik olduğunu, Akkuş [4] ise bu gölün Neojen dönemden sonra oluşumunun başladığını tespit etmiş olup, tektonik hareketlere bağlı olarak nihai şeklini aldığını ortaya koymuştur. Bilgin vd. [5] çalışmalarında Salda Gölü'nün kuzey, batı, güney ve kuzeydoğusunda çoğunlukla bozunmuş ultramafik kayaların hakim olduğunu, doğu kesiminde ise bilhassa Kayadibi etrafındaki kireçtaşları, göl kıyısı çevresinde farklı çaplarda bozunmuş gabro, harzburjit ve hidromanyezit çakıllarından oluşan güncel pekişmemiş sedimanlar ile kaplı olduğunu belirtmişlerdir. Salda Gölü'nün farklı noktalarından su ve sediman örneklemelerini alan Çaldırak [6] derlenen örneklerin ana element ve ağır metal miktarlarını tespit etmiştir. Bu araştırmacı elde etmiş olduğu sonuçları dikkate alarak alüvyonal birimin altında peridotitin olabileceğini belirtmiştir.

Salda gölü Türkiye'nin en derin göllerinden biri olma özelliğini taşıyor olması ve eşsiz güzelliğinin yanı sıra Mars'a benzerlik tespiti nedeniyle yakın zamanda farklı araştırmalara konu olmuş uluslararası kamuoyunun ilgisi nedeniyle yeni çalışmalara da açık bir alan haline gelmiştir. Russell vd. [7] Salda gölünün etrafındaki manyezit yatakları ve oluşum benzerlikleri, Mars'ta da keşfedilen "Beyaz Kaya" ile yakın ilişkili olduğunu vurgulamışlardır. Schmidt [8] çalışmasında Salda gölünde ilk kez hidromanyezit-stromatolit oluşumundan bahsedilmektedir. Gölün bu durumu dikkate alarak Varol vd. [9] Salda Gölü havzasındaki yüzey ve yeraltı sularının kimyasal bileşimi, miktarları, kirlilik durumları ve kalitelerinin tespit edilmesine yönelik çalışmalar yapmışlardır. Benzer başka bir çalışmada Varol vd. [10] ise bu göl havzasının güneyindeki yüzey sularının Mg-Ca-HCO₃, Ca-Mg-HCO₃, Mg-HCO₃ ve Mg-Na-HCO₃-CO₃ fasiyesinde olduğunu vurgulamıştır. Aynı araştırmacılar, mikrobiyolojik gelişen kirlenme ile As, Al, Cr ve Fe gibi iz element içeriklerini belirlemek üzere çalışmalarda gerçekleştirmişlerdir. Genel olarak hidrojeolojik ve jeokimyasal kökenli güncel çalışmalarda göl suyu bileşiminde magnezyum tuzunun yüksek yoğunlukta olduğu ve bu sebeple yüksek alkali göl sınıfında yer aldığı tespiti [11, 12, 13, 14,15,16, 17,18] hidromanyezit-stromatolit oluşumlarının görülmesi ile yeryüzünde pek rastlanılmayan bir süreçte oluştuğu anlaşılmaktadır. Davraz vd. [16] Salda'da Mg içeriğindeki artış göl suyunun ultramafik kayaların ayrışmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Sekertekin vd. [19] Salda Gölü Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI) su indeksinde su ile kaplı alanların çıkarılmasında farklı eşikleme algoritmasının performansını Destek Vektör Makinesi (SVM)sınıflandırma sonuçları ile değerlendirmiştir. Karaman [20] Salda Gölü gibi göllerde elde edilecek sonuçların, Mars yüzeyindeki benzer oluşumlara sahip Jezero Krateri paleolake geçmişi hakkında önemli bilgilerin elde edilmesine ve yorumlanmasına dolaylı olarak katkı sağlayacağını belirtmiştir.

2.2. Çalışma alanının jeolojik özellikleri

Çalışma alanında Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı kayalar yaygın olarak yüzeylemekte olup, bölgedeki jeolojik birimler, Kızılcaadağ Melanjı ve Olistostromu, Dutdere Kireçtaşı, Orhaniye Formasyonu ve Marmaris Peridotiti gibi temel kayalar ile genç alüvyonal birimler olarak bilinmektedir. Jeolojik yaşı Orta Triyas-Liyas olarak belirlenen Dutdere kireçtaşları orta-kalın tabakalı olup, rekrystalize karbonatlardan oluşur [26, 27]. Çalışma alanındaki en yaşlı olan bu birim Kayadibi Köyü ve yakın çevresinde oldukça geniş alanlarda yüzeylemektedir. Üst ilişkisi araştırma alanında gözlenmeyen Dutdere kireçtaşının alt dokanağı tektonik olup, yaklaşık 700 metre kalınlığa ulaşır [28].

Jura-Kretase yaşlı Orhaniye Formasyonu adlandırılması Poisson [29] ve Meşhur [30] tarafından yapılmış olup, radyolarit ve çört ara bölmeli çörtlü mikritlerden oluşmuştur [28]. Orhaniye formasyonu, ince- orta- kalın tabakalı, çok sık kıvrımlı, yer yer bazik volkanit ve şeyl-radyolarit-çört ara düzeyli çörtlü mikritler görülür [28]. Orhaniye formasyonu ile Kızılcaadağ ofiyolitli melanj arasındaki dokanak tektoniktir [29, 31,28].

Poisson [29] tarafından adlandırılan ve bölgede yumuşak topoğrafya gösteren kesimleri Kızılcaadağ Ofiyolitli Melanj ve Olistostromu volkanik bileşenlerden ve serpantinitten oluşmaktadır [32]. Şenel vd. [28] bu birimin Marmaris ofiyolit napının da bir kısmını oluşturduğunu ve birimin Yeşilova merkez ve çevresinde en geniş yayılıma sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Kretase yaşlı Marnaris Peridotiti serpantinit ve peridotitlerden oluşmakta olup, bazı lokasyonlarda serpantinleşmiş ultramafik kayalarda bu birimin içinde rastlanılmaktadır [33, 34, 28]. Bu birim Salda gölü ve çevresinde geniş alanlarda yüzeylemekte ve harzburjit ile serpantinleşmiş harzburjitler gibi egemen kaya türlerinin yanı sıra, gabro, diyabaz, piroksenit vb. kayalarda sıklıkla gözlenir [28]. Şenel vd. [28]'ne göre alt ve üst dokanağı tektonik olan Marmaris peridotiti kalınlığı bazı kesitlerde 1000 metreye kadar çıkmaktadır. Thuizat vd. [35] K-Ar yaş tayin yöntemini kullanarak bu birimin yaşının yaklaşık 114 milyon yıl (Apsiyen- Albiyen) olduğunu saptamışlardır. Dünitler Marmaris peridotiti üyesi olup, mineralojik bileşiminden dolayı bozunmaya dah yatkın ve dolayısıyla daha yumuşak eğimli topoğrafya sunmaktadırlar [28].

Güncel akarsuların ve yamaç molozları Kuvaterner örtü birimlerini oluşturmakta ve bu alüvyonal birimler Salda Gölü çevresi ile Yeşilova ilçesini içinde yer aldığı nispeten eğimin olmadığı düzlük alanlarda geniş bir bölgede yayılım göstermektedir. Alüvyon olarak tanımlanan genç pekişmemiş birimler genel olarak sarımsı, blok, çakıl, kum, silt ve kil tane boyundan oluşan sedimanlardan oluşmaktadır. Çakıllı seviyelerdeki tanelerin köşeli olduğu ve kil ile desteklendiği gözlenmiştir. Çalışma alanındaki alüvyon biriminin birikinti konisi olarak depolanan kırıntılı tortullardan geldiği düşünülmüştür.

2.3. Çalışma alanının hidrojeolojik özellikleri

Çalışma alanında Salda Gölü'nün yanı sıra, mevsimsel akış gösteren Armut Çayı, Doğanbaba, Salda ve Köpek Çayları gibi yüzey su kaynakları bulunmaktadır. Bölgede açılan sondaj kuyuları ve araştırma çukurları verilerine göre yeraltı su seviyesi Yeşilova'da yapılması planlanan arıtma tesisi sahasında 6,50 m. ve kollektör hattında ise 5,80-6,50 m. arasında değişim göstermektedir. Benzer şekilde, Salda Köyü paket arıtma sahasında 2,20 m'de, kollektör hattında 1,50-3,00 m'de yeraltı suyu seviyesi saptanmıştır. Bu yeraltı su seviyesi ölçüm sonuçları dikkate alındığında bölgedeki suların oldukça sığ olup, dinamik yükler altında ince kum ve silt boyu pekişmemiş alüvyonal zeminlerin davranışı açısından önemli olduğu görülmektedir. Ayrıca, Yeşilova Konvansiyonel Arıtma Tesisi ve Salda Paket Arıtma ile Alternatif Paket Arıtma Tesisinde açılan sondaj kuyularından alınan su örnekleri üzerinde yapılan betona zararlılık tayini deney sonucuna göre Salda köyü paket arıtma yerinde alınan zemin suyu numunesi kireç çözücü karbondioksit değerinden kuvvetli etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır.

2.4. Tektonik özellikleri ile depremselliği

Salda Gölü Havzası Isparta büklümünün batısında bulunmakta olup, bölgedeki dağlar batıda yaklaşık olarak kuzeydoğu-güneybatı, doğu kesiminde ise kuzeybatı-güneydoğu doğrultusuna sahiptir. Salda Gölü ve çevresi Ketin [36] tarafından gerçekleştirilen jeolojik çalışmalarda Toridler olarak isimlendirilmiştir. Bölge güncel jeolojik yapısını Alpin orojenezi faaliyetleri ile tamalamıştır [37]. Isparta büklümü batı kesimde kuzeydoğu doğrultulu Burdur fay zonu, doğu kesiminde ise kuzeybatı doğrultulu Akşehir-Simav fayları ile sınırlanmaktadır [37]. Burdur ve Akşehir fay hatları kuzey-güney yönlü sıkışma gerilmeleri ile meydana gelen makaslama bileşeni karakterize eden fay sistemlerini işaret etmektedir [37]. Bölgenin tektonizması ve deprem potansiyeli dikkate alınarak, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği [38]'ne göre artırma tesisi üniteleri için yapılacak projelendirmelerde yapılacak analizlerde kullanılacak dinamik zemin parametreleri aşağıda Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yeşilova AAT ile Salda Köyü ve Doğanbaba paket artırma ünitelerinin deprem parametreleri.

Parametreler	Yeşilova ATT	Salda	Doğanbaba
Koordinatlar	37.524324° 29.77360°	37.524235° 29.629822°	37.589817° 29.643894°
Deprem yer hareketleri düzeyi (DD):	DD-2	DD-2	DD-2
Yerel zemin sınıfı (YZS):	ZC	ZE	ZC
Bina kullanım sınıfı (BKS):	3	3	3
Bina önem katsayısı (I):	1	1	1
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S ₀):	0.911	0.890	0.874
1.0 s periyot için harita spektral ivme katsayısı (S ₁):	0.216	0.211	0.209
Kısa periyot bölgesi için spektral ivme katsayısı (F ₀):	1.200	1.188	1.200
1.0 s periyot için yerel zemin etki katsayısı (F ₁):	1.500	3.245	1.500
Tasarım spektral ivme katsayıları (S _{DS}):	1.093	1.057	1.049
Tasarım spektral ivme katsayıları (S _{D1}):	0.324	0.685	0.314
Deprem tasarım sınıfı (DTS): SDS>0,75	1	1	1
Bina yükseklik sınıfı (BYS):	8	8	8
En büyük yer ivmesi (PGA) (g):	0.389	0.380	0.370
En büyük yer hızı (PGV) (cm/s):	20.814	20.163	19.929

3. Arazi ve laboratuvar çalışmaları

Bölgedeki arazi çalışmaları araştırma çukurları ile zemin profilinin denetlenmesi ve daha sonra sondaj çalışmaları, uygun örselenmiş ve örselenmemiş örneklerin derlenmesi, yerinde deneyler yapılması ve “çok kanallı yüzey dalgası analiz yöntemi (MASW)” ölçümlerin alınması şeklinde gerçekleşmiştir. Salda Gölü çevresindeki alüvyonal zeminlerde 31 lokasyonda toplam 105,3 m araştırma çukuru açılmasının yanı sıra, 20 ayrı lokasyonda 6-20 metre arasında değişen deriliklerde toplam 213,5 m sondaj çalışması gerçekleştirilmiştir. Açılan bu araştırma çukurları ile sondaj çalışmalarında yeraltı su seviyesinin bölgedeki alüvyonal zeminlerde 1,2-6,5 m. arasında değiştiği saptanmıştır. MASW ölçümleri iki profilde gerçekleştirilmiş olup, profilin başından ortasından ve sonundan atışlar yapılmış olup, enerji kaynağı olarak 8 kg balyoz ve demir plaka kullanılmıştır. Bu ölçümler sonucu bölgedeki zeminler için belirlenen dinamik ve diğer zemin parametreleri Tablo 2’de sunulmuştur. Açılan sondajlarında ince taneli zeminlerde standart penetrasyon deneyi (SPT) yapılmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo

3'te sunulmuştur. Ayrıca, arazi çalışmaları sırasında açılan sondaj kuyularında 10 adet örselenmemiş (UD) örnek alınmıştır. Arazi çalışmaları sırasında alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler kullanılarak, Salda Gölü çevresindeki zeminlerin su içeriği, yoğunluğu, tane boyu dağılım analizleri, Atterberg limitleri, makaslama dayanım parametreleri ve şişme parametreleri belirlenmiştir. Örneklerin makaslama dayanım parametrelerinin belirlenmesinde hem doğrudan makaslama deneyi hem de üç eksenli sıkışma deneyinden faydalanılmış olup, hesaplanan sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 2. MASW ölçümler ile Salda Gölü etrafındaki zeminler için belirlenen parametreler.

SERİM NO	V _s (m/s)	V _p (m/s)	Poisson (ν)	γ (kN/m ³)	Elastisite modülü (MPa)	Shear modülü (MPa)	Bulk Modülü (MPa)	Z _B (m/s)	To (s)	V _{s30} (m/s)	Z. Sınıfı
1	272	495	0,28	17,9	339,3	132,1	261,5	1,76	0,52	434	ZC
	403	1391	0,45	19,8	937,8	322,5	3411,8				
	557	1589	0,43	20,5	1822,3	637,2	4336,1				
2	287	480	0,22	17,9	360,2	147,4	215,8	1,73	0,50	474	ZC
	418	1400	0,45	19,9	1009,7	348,1	3493,0				
	557	1886	0,45	20,8	1874,3	645,3	6538,2				

Tablo 3. Standart penetrasyon deneyi sonuçları.

Gözlem lokasyonu	SPT N ₃₀	USCS	YASS (m)
Yeşilova konvansiyonel atık tesisi	7-37	CL-ML-MH	6,5
	15-48	SC-SM-GW-GM	
Yeşilova kolektör hattının geçeceği zeminler	5-34	CL-ML-MH	5,8-6,0
	8-36	SC-SM-GW-GM	
Salda paket arıtma tesisi	3-26	CL-ML-MH	1,9-2,3
	4-25	SC-SM-GW-GM	
Salda kolektör hattının geçeceği zeminler	16	CL-ML-MH	1,5-3,0
	4-11	SC-SM-GW-GM	
Doğanbaba paket arıtma tesisi	6-11	CL-ML-MH	*
	11-refü	SC-SM-GW-GM	
Doğanbaba kolektör hattının geçeceği zeminler	6-refü	ML-MH	*
	Refü	GC	

USCS: Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemi, YASS: yeraltı su seviyesi, *: yeraltı su seviyesi tespit edilememiştir.

Tablo 4. Alınan örneklerin makaslama dayanım ve şişme parametreleri.

Gözlem lokasyonu	c (kN/m ²)	φ (°)	Şişme yüzdesi (%)	Şişme basıncı (kN/m ²)	USCS
Yeşilova konvansiyonel atık tesisi	36,2-90,3	5-8	1,8-1,9	24,5-26,5	CL-CH
	*	*	**	**	SC-GC-GW-GM
Yeşilova kolektör hattının geçeceği zeminler	35,0-77,5	4-11	1,6-1,7	20,6-23,5	CL-CH
	17,5-27,3	19-22	**	**	SM-GW-GM
Salda paket arıtma tesisi	6,3-12,3	5-10			CL-CH-ML-MH
	40,7-52,7	23-27	**	**	GW-GM-SM-SP
Salda kolektör hattının geçeceği zeminler	*	*	**	**	CL-CH
Doğanbaba paket arıtma tesisi	6,3-12,3	23-27	**	**	ML-MH
	6,3-12,3	23-27	**	**	GC-GW
Doğanbaba kolektör hattının geçeceği zeminler	*	*	**	**	ML-MH-GC-GW

*: örnek yetersizliğinden ilgili deney yapılamamıştır, **: zemin şişme davranışı göstermiyor.

4. Salda gölü ve yakın çevresindeki zeminlerin mühendislik karakteristikleri

Yeşilova Konvansiyonel Arıtma Tesisi ve Salda Köyü ile Doğanbaba Köyü Paket Arıtma Tesisi ünitelerinin oturacağı zeminlere ait net emniyetli taşıma gücü, oturma, şişme özellikleri, şev stabilitesi, sıvılaşma, kazı klâsı, vb.

konuların anlaşılmasında kullanılmak üzere arazide ve laboratuvar çalışmalarında alınan veriler değerlendirilmiştir. Bu mühendislik yapılarının taşıma gücü hesabında açılan sondaj ve araştırma çukuru sonuçlarına göre idealize zemin parametreleri belirlenerek Hansen [39] 'e göre taşıma gücü analizleri yapılmıştır. İri taneli zeminlerde oturma analizleri alüvyon için sondajlardan elde edilen etki derinliği içerisindeki SPT-N değerleri düzeltilerek elde edilen N60 değeri ve net yük kullanılarak iri taneli zeminlerde radye temel için Meyerhof-Terzaghi-Peck yöntemi kullanılarak ani oturma hesapları yapılmıştır. Ani oturma hesabı için etki derinliğinin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Etki derinliği hesabı için, SPT-N30 değerleri derinlikle arttığından temel derinliğinden B kadar aşağıda kalan SPT-N değerleri düzeltilerek elde edilen N60 değerlerin aritmetik ortalaması alınarak ani oturma hesaplamalar yapılmıştır. Etki derinliğinin belirlenmesinde Craig [40] tarafından verilen grafik kullanılmıştır. Yapılacak kazıların şev analizleri kısa süreli duraylılık koşulları dikkate alınarak ve güvenlik katsayısı 1,3 seçilerek yapılmıştır. Yapılan analizlerde şev duraysızlığı açısından herhangi bir sorun ile karşılaşmamıştır. Bölgedeki kohezyonsuz zeminlerin sıvılaşma davranışının tanımlanmasında SPT verileri, tane boyu dağılımı ve Atterberg limitleri esas alınmış olup, Seed ve Idriss, [41] tarafından önerilen, daha sonra [42], [43], [44], [45] ve [46] tarafından değiştirilen yaklaşımdan yararlanılmıştır.

5. Sonuçlar

Bu araştırmanın amaçları kapsamında yapılan sondaj çalışmaları, araştırma çukuru, örselenmiş ve örselenmemiş zemin örneklerinin derlenmesi, uygun arazi ve laboratuvar deneylerinin yanı sıra arazi çalışmaları sonucunda ulaşılan genel verilerin bir bütün analizleri sonucu elde edilen sonuçlar dikkate alınarak yapılan değerlendirme ve analizler aşağıda özet şekilde sunulmuştur:

1. Salda Gölü Havzası'nı korumak, atıksuların sağlıksız deşarjından kurtarmak ve deşarj kriterlerini sağlamak amacıyla yeni bir arıtma tesisinin projelendirilmesinin yararlı olacağı değerlendirilmiştir.
2. Söz konusu havzanın korunması amacıyla inşa edilecek mühendislik yapıların temellerini oluşturan zeminlerin fizikomekanik özellikleri ve yeraltı suyu koşullarını belirlemek amacıyla arazide sondaj, araştırma çukuru, jeofizik ve arazi gözlemleri yapılmış ve ihtiyaç duyulan örneklemeler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, 20 lokasyonda toplam 213,5 m sondaj ve 31 lokasyonda toplam 105,3 m araştırma çukuru açılmış olup, 2 profil kullanılarak MASW ölçümleri alınmıştır.
3. Yeşilova Konvansiyonel Arıtma Tesisi, Salda Köyü ve Doğanbaba Köyü Paket Arıtma Tesisleri Kuvaterner yaşlı Alüvyon birim üzerinde yer almakta olup, kollektör hatları Kretase yaşlı Kızılcadağ Ofiyolitli Melanj ve Olistostromu'na ait serpantin ve Kuvaterner yaşlı Alüvyon birimleri üzerinde yer almaktadır.
4. Kısa süreli duraylılık koşulları dikkate alınarak bölgedeki zemin malzemelerinin makaslama dayanım parametreleri doğrudan makaslama ve üç eksenli sıkışma deneyleri kullanılarak belirlenmiştir. Kısa süreli duraylılık analizlerinde kullanılmak üzere belirlenen kohezyon ve içsen sürtünme açısı değerlerinin Yeşilova Konvansiyonel Arıtma Tesisim için 36.2-90.3 kPa ve 5-8°, Salda Köyü Paket Arıtma Tesisi için 6,3-52,7 kPa ve 5-27° ve Doğanbaba Köyü Paket Arıtma Tesisi için ise 6,3-12,3 kPa ve 23-27° olduğu saptanmıştır. Belirlenen bu makaslama dayanım parametreleri temel alınarak yapılan şev analizlerinde, temel kazı çalışmaları sırasında herhangi bir duraysızlığın yaşanmayacağı anlaşılmıştır.
5. Yeşilova atıksu arıtma yerinde alınan örselenmemiş numuneler üzerinde yapılan konsolidasyon deneylerinde zeminler düşük-orta şişme derecesinde yer almaktadır. Ancak, temele aktarılacak gerilmelerin şişme basıncından büyük olması nedeniyle şişme açısından bir sorun öngörülmektedir.
6. Yeşilova Konvansiyonel Arıtma Tesisi ile Salda ve Doğanbaba Paket Arıtma Tesislerinde yer alan üniteler için zeminin emniyetli taşıma gücü, oturma ve sıvılaşma açısından herhangi bir sorun görünmemektedir.
7. MASW yönteminde kullanılarak çalışma alanının 30 metre derinlik için ortalama makaslama dalgası hızı değerlerinin (vs30) 434 ile 474 m/s aralığında değiştiği saptanmış olup, sahadaki zeminlerin genel olarak "ZC" sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir. Bu zeminlerin hakim titreşim periyodu (To) değerlerinin 0,50 ile 0.52 arasında değiştiği öngörülmüştür.

Katkı belirtme

Bu çalışma Halil İbrahim ÖZBAK tarafından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilen yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Teşekkür

Yazarlar çalışmayı destekleyen İller Bankası A.Ş.'ne teşekkür eder.

Kaynaklar

- [1] A. Ardel, “Göller bölgesinde morfolojik müşahedeler,” *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Entitüsü Dergisi*. No:2 sayfa: 1-19, İstanbul. 1951.
- [2] E. Altınlı, “The Geology of Southern Denizli,” *İstanbul Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Mec. Seri B, XX*, No:1-2, sayfa:1- 45, İstanbul. 1955.
- [3] İ. Yalçınlar, “Batı Anadolu’da bir Kubbe Strüktürünün Mevcudiyeti Hakkında”. *Türk Coğrafya Dergisi*. Yıl 14-15, sayı:18-99 sayfa:160-163, İstanbul. 1959.
- [4] A. Akkuş, “Salda Gölü Jeomorfolojisi”, *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi*. sayı:2, sayfa: 109-115. 1987.
- [5] A. Bilgin ve Y. Özpinar, “Babadağ ve Acıpayam (Denizli) dolaylarındaki ofiyolitik kayaların başkalaşımında etmen olan fiziksel koşullar,” *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*. C:6,7 (1,2), 65-81. 1990.
- [6] H. Çaldırak, “Yersel ölçümler, su ve sediman örnek analiz sonuçları kullanarak, Salda Gölü’nün (Türkiye) hidrojeokimyasal kavramsal modellenmesi,” Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Muğla. 2015.
- [7] M.J. Russell, J.K. Ingham, V. Zedef, D. Maktav, F. Sunar, A.J. Hall, “Search for Signs of Ancient Life on Mars: Expectations from Hydromagnesite Microbialites, Salda Lake, Turkey,” *Journal of the Geological Society of London*. Vol. 156, No. 5, pp. 869-888. 1999.
- [8] H. Schmidt, “ Turkey’s Salda Lake: a genetic model for Australia’s newly discovered magnesite deposits,” *Industrial Minerals*. (pp. 19–29). 1987.
- [9] S. Varol, A. Davraz, Ş. Şener, F. Aksever, E. Şener, B. Kırkan ve A. Tokgözlü, “Salda Gölü Sulak Alanı Hidrojeolojisi, Hidrojeokimyasal Özelliklerinin İzlenmesi ve Kirlilik Durumunun Tespiti,” TÜBİTAK ÇAYDAG proje raporu. Proje No: 114Y084. 2017.
- [10] S. Varol, A. Davraz, A., F. Aksever, Ş. Şener, E. Şener, B. Kırkan, A. Tokgözlü, “Determining the lake protected zones using GIS-based DRASTIC model to groundwater vulnerability in Salda Lake basin (Burdur/Turkey),” *Turkish Journal of Earth Sciences*. 29: 747-763.2020.
- [11] C.J.R. Braithwaite and V. Zedef, “Hydromagnesite stromatolites and sediments in an alkaline lake, Salda Gölü, Turkey,” *Journal of Sedimentary Research*. 66: 991–1002. 1996.
- [12] V. Zedef, M.J. Russell, A. E. Fallick and A.J. Hall, “Genesis of vein stock work and sedimentary magnesite and hydromagnesite deposits in the ultrafamic terranes of southwestern Turkey: a stable isotope study,” *Economic Geology*. (95) 429–446. 2000.
- [13] N. Kazancı, S. Girgin and M. Düğel, “On the limnology of Salda Lake, a large and deep soda lake in southwestern Turkey: Future management proposals”. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 14(2), 151-162. 2004.
- [14] J. Kaiser, B. Ön, H.W. Arz and S. Akçer-Ön, “Sedimentary lipid biomarkers in the magnesium rich and highly alkaline Lake Salda (south-western Anatolia)”. *Journal of Limnology*. 75(3), 581-596. 2016.
- [15] N. Balcı, C. Demirel, “Salda Gölü’nün jeomikrobiyolojisi ve güncel stromatolit oluşumunda mikrobiyal etkiler”. *Hacettepe Ün. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Yerbilimleri Bülteni*. 39(1), 19-40. 2018
- [16] A. Davraz, S. Varol, E. Sener, Ş. Sener, F. Aksever, B. Kırkan, “Tokgözlü, Assessment of water quality and hydrogeochemical processes of Salda alkaline lake (Burdur, Turkey),” *Environ Monit Assess*. 191: 701. 1-18. 2019

- [17] M.A. Dereli, E. Tercan, "Assessment of shoreline changes using historical satellite images and geospatial analysis along the Lake Salda in Turkey". *Earth Science Informatics*. 13(3), 709- 718. 2020.
- [18] E. Kesici, K. Kesici and C. Kesici, "Salda Gölü'nde biominerali-zasyon ve stromatolit oluşumu". *Doğanın Sesi*. 3(5), 24-36. 2020
- [19] A. Sekertekin, "A Survey on global thresholding methods for mapping open water body using sentinel-2 satellite imagery and normalized difference water index," *Arch. Comput. Methods Eng.* 1, 3. 2020.
- [20] M. Karaman. "Comparison of thresholding methods for shoreline extraction from Sentinel-2 and Landsat-8 imagery: Extreme Lake Salda, track of Mars on Earth," *Journal of Environmental Management*. 298. 2021.
- [21] IUCN. Rules of Procedure for IUCN Red List Assessments 2017–2020. Version 3.0. Approved by the IUCN SSC Steering Committee. 2016.
- [22] V. M. Kara, M. Celep, S. Kanigur, "Determining the physical carrying capacity of Lake Salda in the scope of overtourism," *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*. vol. Special Issue (4). pp.79-92, in Turkish. 2020.
- [23] WWF. World Wildlife Fund, there is no other place like Salda. 2021. https://www.wwf.org.tr/calismalarimiz/ormanlar/baska_salda_yok_/(accessed 11 March 2021) (in Turkish). 2021.
- [24] A. Hanedar, A. Tanik, "Presenting Water Quality Characteristics of Lake Salda, Turkey," *European J. Eng. App. Sci.*. 6(1), 41-49. 2023
- [25] S. Tekeli, "Burdur İli, Yeşilova İlçesi, Salda Kayak Merkezi Teleferik Hattı Projesi İçin Katagori 1'e Zemin ve Temel Etüt Raporu". 2019.
- [26] Ş. Ersoy, "Fethiye (Muğla) - Gölhisar (Burdur) arasında Güney Dağı ile Kelebek Dağ ve dolaylarının jeolojisi," İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora tezi. İstanbul, 246. 1989.
- [27] Ş. Ersoy, "Dirmil (Burdur) ve güneydeki tektonik ve neotektonik birimlerin stratigrafisi ve dinarotoroslardaki yeri". *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*. 35(2), 39-50. 1990.
- [28] M. Şenel, B. Akyürek, N. Can, A. Aksay, N. Pehlivan, V. Bulut, N. Aydal, "Türkiye Jeoloji Haritaları, 1:100000 ölçekli Denizli M23(J9) paftası," MTA yayınları. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Ankara. 1997.
- [29] A. Poisson, "Recherces geologiques dans les Taurides occidentales (Turquie)," These Univ. Paris- Sud, Orsay., 795s. 1977
- [30] M. Meşhur, O. Yoldemir, M. Akpınar, I. Öztaş, I. ve H. Alkan, "Batı Torosların Jeolojisi ve Petrol Olanakları Raporu," Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) Rap. (yayınlanmamış), Ankara. 1989.
- [31] S. Yalçınkaya, A. Ergin, Ö.P. Afşar, K. Taner ve H. Dalkılıç, "Batı Torosların jeolojisi, Isparta projesi raporu," Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü raporları (yayınlanmamış), Ankara. 1986.
- [32] A. Döğen, "Tefenni (Burdur) Civarının Jeolojisi ve Kromit Yatakları," Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi. 56s., Konya. 1992.
- [33] H. Sarp, "Etude Geologique et petrographique Du Cortege ophiolitique de la Region Situe au nord-quest de Yeşilova (Burdur-Turquie)," Univ. Geneve, These No: 1731, p:408.1976.
- [34] U. Çapan, "Toros Kuşağı Ofiyolit Masiflerinin (Marmaris, Mersin, Pozantı, Pınarbaşı ve Divriği) İç Yapıları, Petrolojisi ve Petrokimyalarına Yaklaşımlar," Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, 400s., Ankara. 1980.
- [35] R. Thuizat, H. Whitechurch, R. Montigni and T. Juteau, "K- Ar Dating of Some Infraophiolitic Metamorphic Soles from The Eastren Mediterranean, New Wvidence for Oceanic Thrusting Before Obduction," *Earth and Planetari Sci. Let.* 52, 302-310. 1981.
- [36] İ. Ketin, "Relations between general tectonic features and the main earthquake regions of Turkey," *Mineral Research and Exploration Institut e of Turkey Bulletin*. no. 71, p. 63-67.1968.
- [37] M. Şentürk, "Acıgöl ve Burdur Gölleri Arasındaki Bölgenin Sismotektonik Özellikleri," Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, 96 sayfa, Isparta. 2003.
- [38] TBDY. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. 18 Mart tarihli, ve 30364 sayılı Resmi Gazete. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği: Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar, Türkiye Cumhuriyeti, Ankara. 2018.
- [39] J.B. Hansen, "A revised and extended formula for bearing capacity," *Danish Geotechnical Institute Bulletin*. 28, 5-11. 1970.

- [40] W.H. Craig, “Edouard Phillips (1821-89) and the idea of centrifuge modelling,” *Géotechnique*. 39 (4): 697-700. 1989
- [41] H.B. Seed and I.M. Idriss, “Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential,” *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE* 97, SM9, 1249-1273. 1971.
- [42] H.B. Seed, “Soil liquefaction and cyclic mobility evaluation for level ground during earthquakes,” *Journal of the Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers*. Vol. 105, 201-255. 1979.
- [43] H.B. Seed and I.M. Idriss, “Ground motions and soil liquefaction during earthquake,” *Earthquake Engineering Research Institute*. Oakland, CA, 134 pages. 1982.
- [44] H.B. Seed, K. Tokimatsu, L.F. Harder and R.M. Chung, “Influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations,” *Journal of Geotechnical Engineering*. Vol. 111, pp. 1425–1445. 1985.
- [45] H. Seed and B. De Alba, “Use of SPT and CPT tests for evaluating the liquefaction resistance of sands, American Society for Precision Engineering,” *Conference on Use of In-Situ Testing in Geotechnical Engineering*. Spec. No. 6, New York (USA). 1986.
- [46] T.L. Youd and I.M. Idriss, “Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils,” *Journal of Geotechnical Geoenvironmental Engineering*. Vol. 127, pp. 297–313. 2001.