

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**ÇAĞIŞ GÖLETİ (BİGADIÇ/BALIKESİR) YERİ VE
REZERVUAR ALANININ MÜHENDİSLİK
JEOLJİSİ ARAŞTIRMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAMET BERBER

BALIKESİR, AĞUSTOS - 2017

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



ÇAĞIŞ GÖLETİ (BİGADIÇ/BALIKESİR) YERİ VE REZERVUAR ALANININ
MÜHENDİSLİK
JEOLJİSİ ARAŞTIRMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAMET BERBER

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Şener CERYAN (Tez Danışmanı)

Doç. Dr. Cem KINCAL

Yrd. Doç. Dr. Ali Kamil YÜKSEL

BALIKESİR, AĞUSTOS - 2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

Samet BERBER tarafından hazırlanan “**ÇAĞIŞ GÖLETİ (BİGADIÇ/BALIKESİR) YERİ VE REZERVUAR ALANININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ARAŞTIRMALARI**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 18.08.2017 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç. Dr. Şener CERYAN

Üye
Doç. Dr. Cem KINCAL

Üye
Yrd. Doç. Dr. Ali Kamil YÜKSEL


.....

.....

.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

ÖZET

**ÇAĞIŞ GÖLETİ (BİGADIÇ/BALIKESİR) YERİ VE REZERVUAR
ALANININ MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ARAŞTIRMALARI
YÜKSEKLİSANS TEZİ
SAMET BERBER
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. ŞENER CERYAN)
BALIKESİR, AĞUSTOS - 2017**

Bu çalışma kapsamında Balıkesir İli Bigadiç ilçesine bağlı Çağış Köyünde yapılması planlanan Çağış Göletinin aks yeri ve rezervuar alanının mühendislik jeolojisi araştırmaları yapılmıştır. Çağış Göleti, Çağış Köyü ve çevresindeki tarım alanlarının sulama ihtiyacını gidermek amacıyla planlanmıştır. Yapılan bu çalışma kapsamında inceleme alanının 1/25000'lik jeoloji haritası, aks yeri ve çevresinin ise 1/1000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası hazırlanmıştır. Bölgede bulunan jeolojik birimlerin mühendislik özellikleri tartışılmıştır.

Çağış göletinin üzerine inşa edileceği Şarlak dereden belli aralıklarla debi ölçümleri alınmış ve jeolojik kesitler ile beraber yorumlanarak olası su kaçakları tespit edilmiştir. Mühendislik jeolojisi çalışmaları kapsamında gölet aks yerinde ve rezervuar alanında açılmış olan 8 adet sondajın loglaması yapılarak birimler tanımlanmış ve RQD ölçümleri alınmıştır. Sondaj yerlerinde yapılan basınçlı su testi deneyi sonuçları değerlendirilerek Lugeon grafikleri çizilmiş ve emilme katsayısı ilişkileri incelenmiştir. Sondaj karotlarından yararlanılarak temelde bulunan killi kireçtaşları, kiltası-marn aralanması ve tüfit olarak tanımlanan birimlerin ayrışma derecelerine göre sınıflaması yapılmış ve geçirimsizlikle karşılaştırılarak kesitler hazırlanmıştır.

Gölet alanında gözlemlenen birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri yapılan deneylerle tespit edilmiştir. Bu kapsamdan fiziksel özelliklerini belirlemek için indeks deneyler, mekanik özelliklerini belirlemek için ise tek eksenli sıkışma deneyleri yapılmıştır.

Gölet alanında saha çalışmaları kapsamında süreksizlik ölçümleri yapılarak birimler fiziksel özelliklerine ve ayrışma durumlarına göre jeoteknik birimlere ayrılmıştır. Gölet aks yerinde Hoek-Brown yenilme ölçütü yöntemi kullanılarak yamaç duraylılığı analizi yapılmıştır. Hoek-Brown kriterinde yer alan iki farklı abaktan da faydalanılarak her iki analiz yöntemi için de güvenlik katsayıları hesaplanmıştır. Buna göre 1. yöntemde sol yamaç için güvenlik katsayısı 2.52, sağ yamaç için 2.67 olarak hesaplanırken, 2. yöntemde ise sol yamaç için 3 sağ yamaç için ise 3.4 olarak hesaplanmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Gölet, RQD, Lugeon, Geçirimsizlik, Bigadiç(Balıkesir)

ABSTRACT

THE ENGINEERING GEOLOGICAL INVESTIGATION ON AXIS SITE AND REZERVUAR AREA OF THE CAGIS POND (BİGADIÇ/BALIKESİR)

MSC THESIS

SAMET BERBER

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

GEOLOGICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. ŞENER CERYAN)

BALIKESİR, AUGUST 2017

This study investigates engineering geological properties of the axis site and reservoir area of the Çağış Pond, in Balıkesir, Turkey. The pond is planned to fulfill the irrigation needs of the cultivated fields in the Çağış Village and its vicinity. In this scope a 1:25000 scaled geological map of the study area, and a 1:1000 scaled engineering geological map of the axis site and surrounding area is produced. The engineering properties of the geological units in the region have been discussed.

The flow measurements were carried out at the certain intervals from Şarлак stream which will be base for the Çağış Pond, and probable water leakages were determined by interpreting with the aid of geological sections. Within the scope of engineering geological investigations, the units were described and RQD measurements were carried out based on the 4 boreholes drilled in the axis site and 4 in the reservoir area. The pressurized water tests were conducted at the drilling site. The results were then evaluated by plotting the Lugeon graphs and investigating their relations with the absorption coefficient. Based on the drilling cores of the base, the weathering degree of the clayey limestone, claystone-marl alternation and tuffite were classified and the permeability of the units were correlated by means of the sections prepared from the borehole data.

In order to determine the physical and mechanical properties of the units exposed in the study area, such index tests as effective porosity, unit weight, water absorption, uniaxial compressive strength and Schmidt rebound hardness test were performed.

Based on the field surveys conducted in the study area, the units were geotechnically classified according to their weathering degrees and discontinuity measurements. The slope stability analysis of the axis site was conducted by using the Hoek-Brown failure criteria. The factor of safety calculations were carried out for both left and right slopes by using two different nomograms proposed by Hoek-Brown. According to the results obtained from the first nomogram, the factor of safety for the left and right slopes was determined as 2.60 and 2.65, respectively; whereas the results obtained from the second nomogram for the left and right slopes were 3.00 and 3.40, respectively.

KEYWORDS: Pond, RQD, Lugeon, Permeability, Bigadiç (Balıkesir)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	x
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 İnceleme Alanının Coğrafi Konumu	1
1.3 Morfoloji	3
1.4 İklim ve Bitki Örtüsü	3
1.5 Akarsular	5
1.6 Önceki Çalışmalar	5
1.7 Çağış Göletinin Karakteristik Özellikleri.....	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	7
2.1 Yerüstü Araştırmaları	7
2.1.1 Jeolojik Harita Alımı.....	7
2.1.2 Süreksizliklerin Jeoteknik Özelliklerinin Ölçümü	7
2.1.2.1 Süreksizlik Yönelimi ile Şev Yönelimi Arasındaki İlişki.....	7
2.1.2.2 Süreksizlik Ara Uzaklığı	8
2.1.2.3 Hacimsel Süreksizlik Sayısı.....	8
2.1.2.4 Kaya Kalite Göstergesi	8
2.1.2.5 Blok Boyutu	9
2.1.2.6 Süreksizliklerin Devamlılığı	10
2.1.2.7 Süreksizlik Yüzeyinin Pürüzlülüğü	11
2.1.2.8 Süreksizlik Yüzeyi Ayrışma Durumu	14
2.1.2.9 Süreksizlik Açıklığı ve Dolgu Durumu	16
2.1.3 Jeoteknik Birimlerin Tanımlanması ve Kaya Kütle Özelliklerinin Ölçümü.....	16
2.1.4 Kaynak ve Yerüstü Sularından Örnek Alımı ve Debi Ölçümü.....	17
2.2 Yeraltı Araştırmaları	19
2.2.1 Sondajlar ve Jeoteknik Loglama	19
2.2.1 Jeofizik Çalışmaları.....	20
2.2.2 Basınçlı Su Testleri	24
2.3 Laboratuvar Çalışmaları.....	28
2.3.1 Kaya Malzemesi İndeks ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ..	28
3. BULGULAR	32
3.1 Çağış Köyü (Balıkesir) ve Yakın Çevresinin Jeolojisi	32
3.1.1 Bornova Filişi Zonu	35
3.1.2 Taban Volkanitleri (Tv)	36
3.1.3 Taban Kireçtaşı Birimi (Tk).....	37
3.1.4 Alt Tüf Birimi (At).....	38
3.1.5 Alt Boratlı Zon (Ab).....	39
3.1.6 Üst Boratlı Zon.....	41
3.1.7 Alüvyon (PQç)	41

3.2	Yapısal Jeoloji.....	42
3.2.1	Faylar.....	42
3.2.2	Tabakalanma	43
3.3	Rezervuar Alanının Jeolojisi	44
3.4	Depremsellik	47
3.4.1	Çağış Göleti Yeri için Senaryo Deprem ve En Büyük Yatay Yer İvmesinin Tahmin Edilmesi	47
3.4.2	Çağış Göleti Yeri ve ve Yakın Çevresi Deprem Tehlike Değerlendirmesi	52
3.5	Su Kimyası	54
3.6	Gölet Yeri Kaya Kütlesi Mühendislik Özellikleri	58
3.6.1	Litoloji Özellikler.....	58
3.6.2	Kaya Malzemesi İndeks Özellikleri ve Tek Eksenli Basınç Dayanımı.....	59
3.6.3	Ayrışma Durumu ve Süreksizlik Özellikleri.....	61
3.6.4	Kaya Kütlesi Dayanım ve Deformasyon Özellikleri	67
	Hoek ve Brown Yenilme Kriteri	67
3.6.5	Kaya Kütlesi Geçirimsizliği	72
3.6.5.1	Basınçlı Su Testi Verilerinin Değerlendirilmesi.....	72
3.6.5.2	Jeofizik Verilerin Değerlendirilmesi.....	77
3.7	Yamaç Duraylılığı Analizi	82
3.8	Çağış Göleti Gövdesinde Kullanılacak Malzeme Araştırmaları	91
3.8.1	Malzeme İhtiyacı.....	91
3.8.2	Malzeme Sahaları.....	91
3.8.2.1	Geçirimsiz Malzeme Alanları	92
3.8.2.2	Geçirimsiz Malzeme Alanları	101
3.8.2.3	Kaya Malzeme Alanları	109
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	112
5.	KAYNAKLAR	115
6.	EKLER	120
	EK A: Çalışma Alanına 100 km Yakınlıkta 1900'den Beri Gerçekleşen ve Büyüklüğü 4'ten Büyük Olan Depremler	120
	Ek B: Lugeon Grafikleri	128

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: İnceleme alanı yerbulduru haritası.	2
Şekil 1.2: Çalışma alanına ait yıllık toplam yağışın ve eklenik sapmanın zamana göre değişimi grafiği.	4
Şekil 1.3: Balıkesir ili yıllık ortalama sıcaklıklarının yıllara göre değişimi.	4
Şekil 2.1: Süreksizlik ara uzaklığı ve süreksizlik takımları arasındaki açıların şematik gösterimi (ISRM, 1981).	9
Şekil 2.2: Süreksizlik yüzeyinin devamlılığının tanımlaması (ISRM, 1981). ..	10
Şekil 2.3: Süreksizlik yüzeyinde pürüzlülük ve dalgalılık (ISRM, 1981).	11
Şekil 2.4: (a) Doğrusal profil alma yöntemi , (b) pürüzlülüğün kalemli ve mekanik telli profilometre ile ölçülmesi (Ulusay ve Sönmez, 2002 den alınmıştır) (c) , pürüzlülüğün iki boyutlu ölçülmesi (ISRM, 1981).	12
Şekil 2.5: (a) Pürüzlülüğün niteliksel ölçümü (ISRM, 1981), (b) Standart pürüzlülük profilleri ve JRC değerleri (Barton ve Choobey, 1977).	13
Şekil 2.6: Değişik ölçüm uzunluğu için pürüzlülük genliği ve profil uzunluğuna bağlı olarak JRC'nin belirlenmesi (Barton and Bandis, 1982).	13
Şekil 2.7: Süreksizlik yüzeylerinin bozunma indeksinin bulunması (Gökçeoğlu, 1997).	15
Şekil 2.8: Şarлак derenin farklı noktalarında ölçülen debi ölçüm sonuçları.	17
Şekil 2.9: Çağış gölet alanında yapılan sondaj yerlerini, debi ölçüm noktalarını ve jeofizik hatlarını gösteren harita.	18
Şekil 2.10: Çağış gölet alanı alanında yapılan sondaj çalışmaları (a)(b).	19
Şekil 2.11: Çağış gölet alanında yapılan basınçlı su deneyi çalışmaları (a-d)..	20
Şekil 2.12: Çağış gölet yerinde ve rezervuar alanında yapılan jeofizik çalışmalar.	21
Şekil 2.13: Çağış Göleti yerinde yapılan jeofizik çalışmalarında kullanılan rezistivite cihazları (a-b).	22
Şekil 2.14: Çeşitli elektrot düzenekleri.	23
Şekil 2.15: 3B Elektrot geometrisi (84 Elektrot, x=10m y=4m).	24
Şekil 2.16: Tij ve manşonlardaki yük kaybını gösterir abak (Şekercioğlu, 2007).	25
Şekil 2.17: Lugeon deneyinde gerçek basınçların hesaplanması (Şekercioğlu, 2007).	26
Şekil 2.18: Lugeon deneyi ile geçirimsizliğin hesaplanması.	27
Şekil 2.19: Deney için sondajlardan alınan karot örnekleri.	30
Şekil 3.1: Çağış-Bigadiç Bölgesinin Jeoloji Haritası (Yüksel 2006'dan değiştirilerek).	33
Şekil 3.2: Çalışma alanında Y-Y' hattından alınan enine jeolojik kesit.	34
Şekil 3.3: Çağış-Bigadiç bölgesinin stratigrafik kolon kesiti (Yüksel 2006). ..	35
Şekil 3.4: Taban volkanitlerine ait bazaltik-andezitler, (a) bozunma renkleri (b) taze yüzey renkleri.	36
Şekil 3.5: Çağış Köyü civarında gözlenen taban kireçtaşları.	38
Şekil 3.6: Şarлак dere kuzey doğusunda kısmen gözlenen Alt Tüf Birim.	39

Şekil 3.7: Şarлак dere civarında gözlenen Alt Boratlı Birime ait kiltaş-marn ardalanması.....	40
Şekil 3.8: Şarлак dere doğusunda gözlenen eğim atımlı normal fay.....	43
Şekil 3.9: Killi kireçtaşlarında gözlenen tabakalanma (a,b).	44
Şekil 3.10: Çağış gölet yerinin sağ sahilden görünümü.....	45
Şekil 3.11: Çağış Göleti yeri jeoloji haritası.	46
Şekil 3.12: Çağış Göleti'ne en fazla 100 km uzaklıkta kalan alandaki aktif faylar (MTA 2013) (1:Ulubat fayı, 2:Orhaneli fayı, 3:Mustafa Kemalpaşa fayı, 4: Mustafa Kemalpaşa fayı, 5:Sarıköy Fayı, 6:Gündoğan fayı, 7:Sinekçi fayı, 8:Bekten fayı, 9:Evciler fayı, 10:Yenice Gönen fayı, 11:Manyas fay zonu, 12:Pazarköy fayı, 13:Edremit fay zonu, 14:Havran Balya fay zonu, 15:Balıkesir fayı, 16:Balıkesir fayı, 17:Gelenbe fay zonu, 18:Gelenbe fay zonu, 19:Simav fay zonu, 20:Simav fay zonu, 21:Soma Kırkağaç fay zonu, 22: Soma Kırkağaç fay zonu, 23:Bergama fayı, 24:Gediz Graben sistemi, 25: Gediz Graben sistemi, 26: Gediz Graben sistemi, 27: Gediz Graben sistemi, 28: Gediz Graben sistemi, 29: Gediz Graben sistemi, 30:Köprübaşı fay zonu).....	48
Şekil 3.13: Son 115 yıl içinde inceleme alanını ve 100 km yakın çevresinde meydana gelen deprem büyüklüğünün $\text{Log}(\Sigma N/t)$ ile ilişkisi.....	53
Şekil 3.15: Piper Diyagramına göre suların sınıflandırılması	56
Şekil 3.16: Çalışma alanındaki kuyu ve kaynak sularının Schoeller Diyagramı üzerinde gösterimi.	58
Şekil 3.17: Gölet alanında yapılan sondajlardan alınan karotlar.	59
Şekil 3.18: Schmidt çekici geri tepme sayısı ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki.....	60
Şekil 3.19: Gölet aks yeri (SK-1,2,3,4) kaya kütle özellikleri kesiti.	62
Şekil 3.20: Gölet rezervuar alanı (SK-1, EK-2 ve EK-3) kütle özellikleri kesiti.	66
Şekil 3.21: Jeolojik Dayanım İndeksi'nin bulunması için Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından yeniden düzenlenen abak.	70
Şekil 3.22: Gölet aks yeri A-A' (SK-1,2,3,4) geçirimsizlik kesiti.....	74
Şekil 3.23: Gölet rezervuar alanı B-B' (SK-1, EK-2 ve EK-3) geçirimsizlik kesiti.	76
Şekil 3.24: Hat-1 Çağış Gölet Yeri 2 boyutlu Rezistivite Tomografi Kesiti (Dipol-Dipol 5m elektrot aralıklı).	79
Şekil 3.25: Hat-1 Çağış Gölet Yeri 2 boyutlu Rezistivite Tomografi Kesiti (Dipol-Dipol 5m elektrot aralıklı).	79
Şekil 3.26: Hat-1 Çağış Gölet Yeri 2 boyutlu Rezistivite Tomografi Kesiti (Mixed 5 m elektrot aralıklı).	80
Şekil 3.27: Hat-2 Çağış Gölet Yeri 3 boyutlu Rezistivite Tomografi Kesiti (Dipol-Dipol 10 m*4 m elektrot aralıklı).	80
Şekil 3.28: Hat-2 Çağış Gölet Yeri 3 boyutlu Rezistivite Tomografi Kesiti (Mixed 10m*4m elektrot aralıklı).	81
Şekil 3.29: Hat-3 Çağış Gölet Yeri 2 boyutlu Rezistivite Tomografi Kesiti (Dipol-Dipol 8m elektrot aralıklı).	81
Şekil 3.30: Gölet aks yerinde sol yamaç ve sağ yamaç arası kesiti.	83
Şekil 3.31: Dairesel kaymanın grafik yöntemle analizi için şev kesitleri ile ilgili eşitlikler (Hoek, 1970).....	84
Şekil 3.32: Güvenlik katsayısı abağı (Hoek, 1970).	85

Şekil 3.33: 1.yöntem ile hesaplanan Fsol (min, ort, max).	87
Şekil 3.34: 1. yöntemle hesaplanan Fsağ (min, ort, max).	87
Şekil 3.35: Şekil Dairesel kaymanın grafik yöntemle analizinde geçerli olan yeraltısuyu koşulları (Hoek ve Bray, 1977).	88
Şekil 3.36: Güvenlik katsayısı abağı (2. yöntem).	89
Şekil 3.37: 2. yöntemle hesaplanan F değerleri.	90
Şekil 3.38: Malzeme alanları yerbulduru haritası.	92
Şekil 3.39: A-102 Araştırma çukuru	93
Şekil 3.40: A-103 Araştırma çukuru.	95
Şekil 3.41: AÇ-501, AÇ-502, AÇ-503 Araştırma çukurları.	97
Şekil 3.42: C-302, C-303, C-304 Araştırma çukurları.	101
Şekil 3.43: D-401, D-402 Araştırma çukurları.	106
Şekil 3.44: Kaya malzeme sahasından kireçtaşı blokları.	109
Şekil B.6.1: SK-1'deki Lugeon değerlerinden elde edilen emilme katsayısı grafikleri.	128
Şekil B.6.2: SK-2'deki Lugeon değerlerinden elde edilen emilme katsayısı grafikleri.	129
Şekil B.6.3: SK-2'deki Lugeon değerlerinden elde edilen emilme katsayısı grafikleri.	130
Şekil B.6.4: SK-3'deki Lugeon değerlerinden elde edilen emilme katsayısı grafikleri.	131
Şekil B.6.5: SK-3'deki Lugeon değerlerinden elde edilen emilme katsayısı grafikleri.	132
Şekil B.6.6: SK-4'deki Lugeon değerlerinden elde edilen emilme katsayısı grafikleri.	133
Şekil B.6.7: SK-4'deki Lugeon değerlerinden elde edilen emilme katsayısı grafikleri.	134
Şekil B.6.8: SK-4'deki Lugeon değerlerinden elde edilen emilme katsayısı grafikleri.	135

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Süreksizlik devamlılığının tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981).....	11
Tablo 2.2: Küçük ölçekli pürüzlülüğün tanımlanması (Palmström, 1996).	14
Tablo 2.3: Büyük ölçekli pürüzlülüğün tanımlanması (Palmström, 1996, Cai vd.,2004).	14
Tablo 2.4: Sing ve Gahroo (1989) tarafından önerilen bozunma sınıflaması.	15
Tablo 2.5: Bozunma indeksine (W_c) göre süreksizlik yüzeylerinin bozunma sınıflaması (Gökçeoğlu, 1997).	15
Tablo 2.6: Çağış Gölet yeri ve civarında gözlemlenen şevlerde tanımlanan jeoteknik birimlerin özellikleri.	16
Tablo 2.7: Çağış Gölet Yeri sondajlarına ait veriler.	19
Tablo 2.8: Kayaçların Lugeon birimlerine göre geçirimsizlik sınıflandırması. .	27
Tablo 2.9: Chauvenetölçütü için örnek sayılarına (N) karşılık gelen en büyük standart sapma değerleri (ss)	29
Tablo 2.10: Schimidt çekici geri tepme sayılarının aşağıya doğru dik olarak tutuluş durumuna göre düzeltme değerleri (Barton ve Choubey 1977).....	29
Tablo 3.1: Çağış Göleti'ne 100 km uzaklıktaki alanlarda yer alan fayların (ve segmentlerinin) iz uzunluğu, Çağış Göleti'ne uzaklığı ve oluşturabilecekleri deprem büyüklükleri.	50
Tablo 3.2: Fay segmenti yaklaşımı ile senaryo deprem büyüklüğünü veren eşitlikteki a ve b katsayıları (Wells ve Coppersmith, 1994).....	51
Tablo 3.3: Son 115 yıl (t) içinde inceleme alanını ve 100 km yakın çevresinde meydana gelen deprem büyüklüğünün sınıflandırılması, bu sınıflara ait kümülatif değerleri ve bir yıl için bulunan kümülatif değerler.	53
Tablo 3.4: İnceleme alanı merkezli ve 100 km çaplı alan için belirli deprem büyüklüklerinin belirlenen zaman aralığı içinde gerçekleşme olasılığı.	54
Tablo 3.5: İnceleme alanındaki kuyu ve kaynaklardan alınan suların % mek/l cinsinden anyon-kasyon dağılımları.	56
Tablo 3.6: Schoeller (1955) klorür, sülfat ve karbonat miktarlarına göre suların	57
Tablo 3.7: Jeoteknik birimlerde kaya malzemesinin indeks ve dayanım özellikleri.	59
Tablo 3.8: Tanımlanan Jeoteknik birimlerin süreksizlik özellikleri.	61
Tablo 3.9: Süreksizlik Yüzey Puanını (SCR) bulmak için gerekli pürüzlülük, ayrışma ve dolgu durumu ile ilgili puanlama.....	68
Tablo 3.10: Her Jeoteknik birim için hesaplanan ortalama minimum ve maksimum değerler.	71
Tablo 3.11: Planlama aşamasında incelenen malzeme sahalarının niteliği, rezervleri ve yapıya uzaklıkları.	91
Tablo 3.12: A-102 örselenmiş numunesinin deney sonuçları	94
Tablo 3.13: Geçirimsiz malzeme için standartlara uygun aralık değerleri.....	94
Tablo 3.14: A-103 örselenmiş numunesinin deney sonuçları	96

Tablo 3.15: 3A Geçirimsiz malzeme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları	99
Tablo 3.16: 3A Geçirimsiz malzeme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları devamı.....	100
Tablo 3.17: C-Geçirimli Mazleme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları	102
Tablo 3.18: C-Geçirimli Mazleme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları devamı.....	103
Tablo 3.19: Filtre ve geçirimli malzeme için uygun aralık değerleri	105
Tablo 3.20: D-Geçirimli Malzeme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları	106
Tablo 3.21: D-Geçirimli Malzeme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları devamı.....	107
Tablo 3.22: K-1 Kaya Malzeme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları	110
Tablo 3.23: Kaya malzeme seçimi için aralık değerler	110



ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanması sırasında bana yol gösteren, her türlü bilgi ve desteğini benden esirgemeyen, yardımları ile çalışmalarımı yönlendiren, danışman hocam Sayın Doç. Dr. Şener CERYAN' a, içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Yaptığım arazi ve büro çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen başta Deniz Soysal olmak üzere tüm DSİ 25. Bölge Müdürlüğü çalışanlarına teşekkür ederim.

Hayatım boyunca hep yanımda olan, yüksek lisans çalışmalarım sırasında büyük özverilerde bulunarak, çalışmalarımı destekleyen sevgili aileme teşekkür ederim.

Samet BERBER

Balıkesir, 2017

1. GENEL BİLGİLER

1.1 Çalışmanın Amacı

D.S.İ. (Devlet Su İşleri) Genel Müdürlüğü tarafından Balıkesir İli Bigadiç İlçesine bağlı Çağış Köyü civarındaki tarım arazilerinin sulama ihtiyacını karşılaması amacıyla Çağış Köyü'nün yaklaşık 3 km güneyinde yapılması planlanan Çağış Göleti aks yerinin ve rezervuar alanının mühendislik jeolojisi özelliklerinin araştırılması bu tezin amacını oluşturmaktadır.

Ayrıca, bu çalışmada Balıkesir ili Bigadiç ilçesine bağlı Çağış Köyü ve civarının genel jeolojisi incelenmiş ve yapılması planlanan Çağış Göleti'nde dolgu malzemesi olarak kullanılması düşünülen doğal yapı malzemelerinin özellikleri de araştırılmıştır.

1.2 İnceleme Alanının Coğrafi Konumu

Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara bölgesinin güneydoğusunda yer alan Balıkesir İli 40° 40' ve 39° 8' kuzey enlemleriyle, 29° 1' ve 26° 46' doğu boylamları arasında yer almaktadır. İnceleme alanı Balıkesir İline yaklaşık 20 km uzaklıkta, Bigadiç İlçesine bağlı Çağış Köyü'nün yaklaşık 3 km güneyinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Proje sahası I19c3, I20d4, J19b2 ve J20a1 no'lu 1/25000 ölçekli paftaların köşe noktalarına denk gelmektedir. Bölgeye ulaşım, Balıkesir-Uşak karayoluyla sağlanmaktadır ancak gölet aks yerine ulaşım stabilize yollarla sağlanmakta olup, kışın kar dolayısı ile ulaşım imkanı bulunmamaktadır.



şekil 1.1: İnceleme alanı yerbulduru haritası.

1.3 Morfoloji

İnceleme alanında topoğrafya kısmen engebeli bir yapıya sahiptir. Yükseklik inceleme alanının doğusundaki tepelerde 400-500 m arasında olup, batıdaki tepelerde ise yaklaşık 250-350 m arasında değişmektedir. Çalışma alanında bulunan en yüksek tepeler çalışma alanının doğu ve kuzeydoğusunda yer alan Köselerkıranı Tepe (440 m), Kocabayır Tepe (411 m) ve Çamlıca Tepe (383 m) dir. Tepelerin hakim gidişi KB-GD yönündedir.

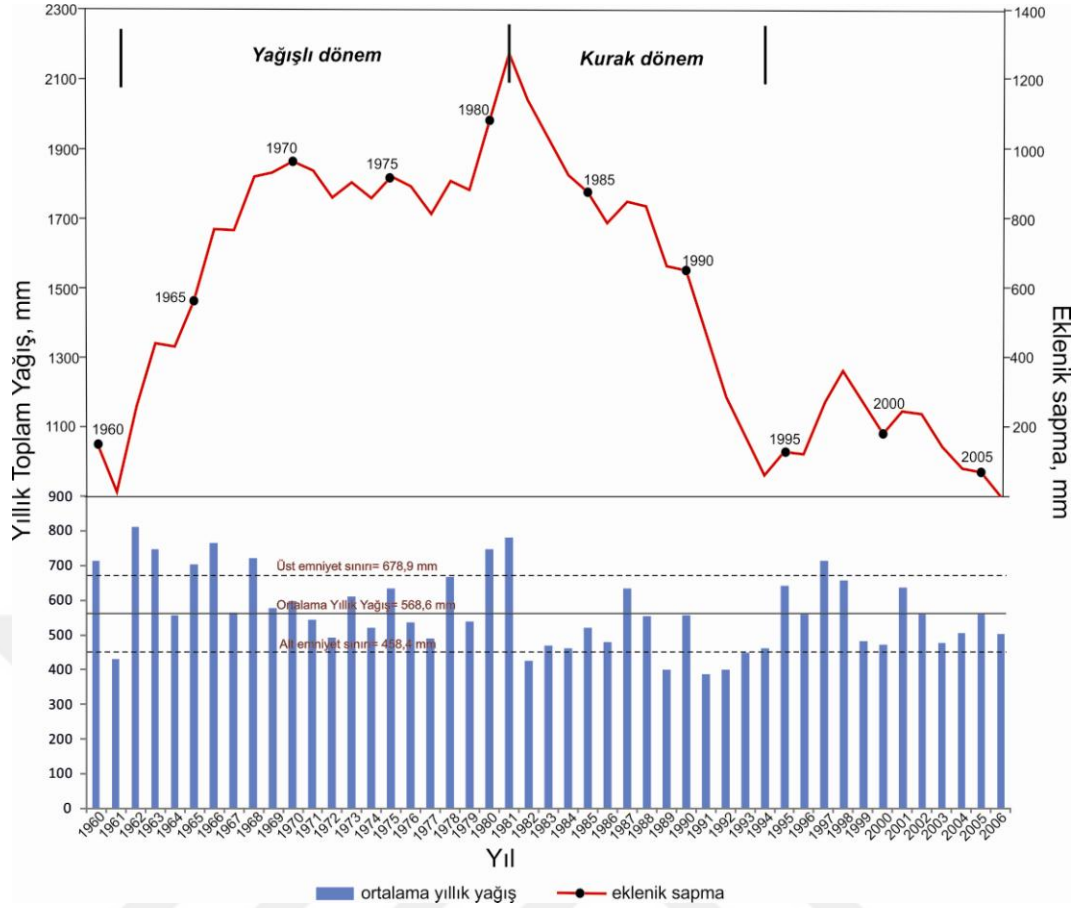
1.4 İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanı Marmara ile Ege Bölgesi geçiş iklimi şartlarının etkisi altındadır. Yazları genellikle sıcak ve kurak, sonbahar devresi uzun ve ılık, kış devresi zaman zaman kar yağışlı, bazen kurak, ilkbahar kısa ve yağışlı geçmektedir. Bu çalışmada 1960-2006 yılları arasında Balıkesir merkez meteoroloji istasyonundan alınan veriler düzenlenmiştir. Buna göre yıllık toplam yağışın, ve ortalama sıcaklığın değişimleri grafiksel olarak verilmiştir.

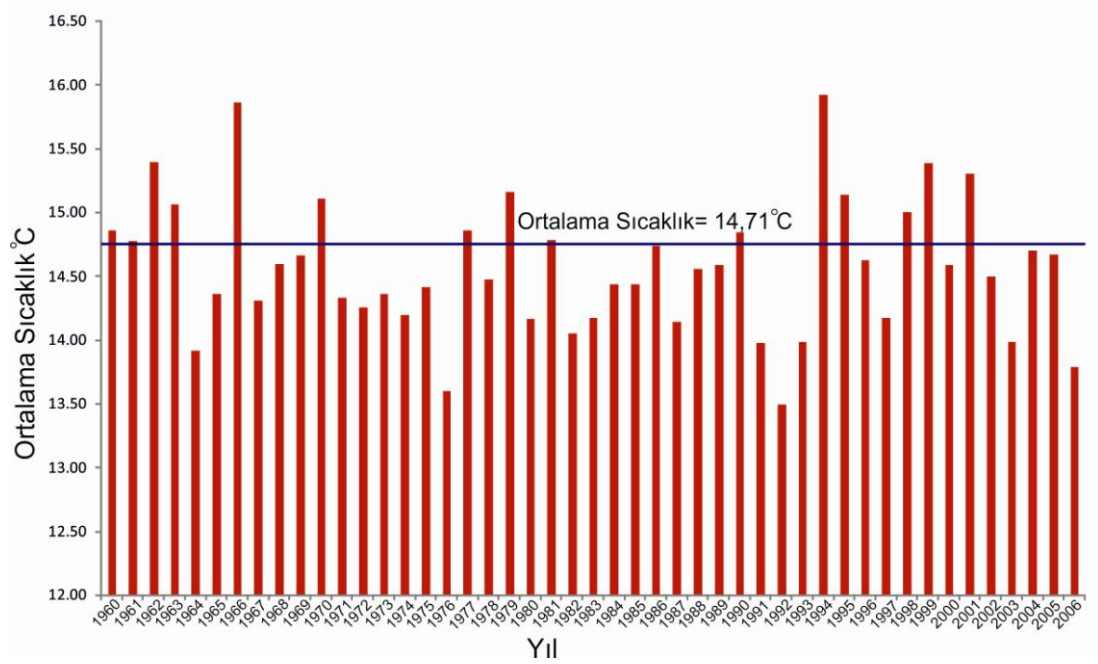
İnceleme alanındaki yağış verilerinden faydalanarak eklenik sapmanın zamana göre değişim grafiği hazırlanmıştır. Ortalama yağış miktarı 568,6 mm, standart sapma değeri ise 110,24 olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda bu verilerden faydalanarak üst emniyet sınırı 678,9 mm ve alt emniyet sınırı da 458,4 mm olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, eklenik sapma grafiği incelendiğinde; çalışma alanında 1961 ile 1982 yılları arasında bir yağışlı dönem, 1982 ile 1994 yılları arasında kurak bir dönem olduğu ortaya çıkmıştır.

Engelibeli arazi genellikle sık çam ormanlarıyla örtülü olup, düzlük kesimler ise bozkırdır. Balıkesir İli yüz ölçümünün yüzde 30'u (650 bin hektar) ormanlıktır. Ormanlar daha çok Dursunbey, Sındırgı, Edremit, Burhaniye ve Balya bölgesinde zengindir.



Şekil 1.2: Çalışma alanına ait yıllık toplam yağışın ve eklenik sapmanın zamana göre değişimi grafiği.



Şekil 1.3: Balıkesir ili yıllık ortalama sıcaklıklarının yıllara göre değişimi.

1.5 Akarsular

İnceleme alanındaki en önemli akarsular Ergengeçin Dere, Kanlıkavak Dere ve üzerinde gölet yapılması düşünülen Şarлак Dere'dir. Şarлак Dere inceleme alanının güneyindeki dağlardan doğar ve KB-GD doğrultusunda akarak Balıkesir İli'nin güneyinde yer alan Nergis Çayı'na ulaşır.

1.6 Önceki Çalışmalar

İnceleme alanını ve yakın çevresinin jeolojisini aydınlatmaya yönelik yapılmış çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Helvacı (1991) Bigadiç borat yatakları ve çevresinin jeolojisini ve mineralojisini ele alarak Bigadiç volkano-sedimenter havzasında Miyosen yaşlı birimlerin Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı temel kayaçların üzerine uyumsuzlukla geldiğini belirtmiştir. Çalışma alanında gözlenen Miyosen yaşlı birimlerin alttan üste doğru dizilimini ise şöyle saptamıştır: taban volkaniti birimi, taban kireçtaşı birimi, alt tuf birimi, alt boratlı birim, üst tuf birimi, üst boratlı birim ve bazalt birimi. Miyosen yaşlı birimlerin üzerine uyumsuz olarak genç tortullar ve genç tortulların üzerine yine uyumsuz olarak alüvyonun geldiğini belirtmiştir.

Gündoğdu (1984) tarafından Bigadiç borat yatakları ve çevresinde gözlemlenen Taban Volkanitleri için verdiği Alt Miyosen yaşı bu çalışmada da kabul edilmiştir. Batı Anadolu'da geniş yayılım gösteren Neojen yaşlı andezitik-bazaltik kayaçlar ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır. (Özpeker, 1969; Borsi vd., 1972; Fytikas vd., 1976; Bingöl, 1977; Ercan, 1979; Gündoğdu, 1984). Bu araştırmacılar Bigadiç havzasında gözlenen bazaltik andezitik bileşimli olan kayaçların Alt Miyosen-Üst Pliyosen süresince gelişen volkanizmanın ürünleri olduğunu belirtmektedir.

1.7 ağış Göletinin Karakteristik zellikleri

ağış Göleti adını Bigadiç Belediyesi'ne bağlı gl alanına en yakın yerleşim yeri olan Çağış Köyü'nden almaktadır. Sulama amaçlı yapılacak olan göletin gövde tipi kil çekirdekli kaya dolgu olarak önerilmiştir.

Gövde dolu savağı sol sahilde yapılması planlanmıştır. Gölet yerinde temel kayaçların özelliklerini belirleyebilmek için sondajlar yapılmış ve bununla beraber gerekli arazi çalışmaları yrtlmştir.

Göletin Tesis Edileceği Akarsu Adı: řarлак Dere

Gölet Tipi : Kil ekirdekli kaya dolgu

Amacı : Sulama

Talveg Kotu : 238 m

Talvegden Yüksekliği : 25 m

Kret Kotu : 263 m

Kret Uzunluğu : 100 m

Minimum Su Seviyesi : 248 m

Maksimum Su Seviyesi : 259 m

Dolusavak Yeri : Sol Sahil

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1 Yerüstü Araştırmaları

2.1.1 Jeolojik Harita Alımı

İnceleme alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritasının hazırlanmasında yapılan arazi çalışmalarının yanı sıra önceki çalışmalardan da yararlanılmıştır. Önceki çalışmalarda verilen jeolojik haritalar arazide yapılan ölçüm ve gözlemlere göre yeniden düzenlenmiştir. Ayrıca, gölet alanının 1/1000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritası da bu çalışma kapsamında hazırlanmıştır.

2.1.2 Süreksizliklerin Jeoteknik Özelliklerinin Ölçümü

2.1.2.1 Süreksizlik Yönelimi ile Şev Yönelimi Arasındaki İlişki

Kaya şevlerinin duraylılığına etkileyen en önemli parametrelerden biri süreksizliklerin uzaydaki konumları (eğim ve doğrultusu) ile şev veya yamacın konumu arasındaki ilişkidir.

Süreksizlik takımının ortalama yönelimi (doğrultu ve eğimi) matematiksel olarak veya streografik projeksiyonla yapılmaktadır. (Terzaghi 1965, Taylor 1980, Hoek-Brown 1981, Davis 1986). Araştırmacılar süreksizlik takımlarının streografik projeksiyon yöntemiyle belirlenmesinde bazı zorluklar olduğunu belirtmektedirler. Özellikle süreksizlik ara uzaklığı büyük olan süreksizlik takımlarının gözden kaçması, belirlenememesi söz konusu olabilmektedir (Terzaghi 1965; Hack vd., 2003). Araştırmacıların bir kısmının (Hack vd., 2003) streografik projeksiyon yöntemine alternatif olarak ileri sürdükleri yaklaşımda, bir süreksizlik takımı için temsili süreksizliklerin görsel olarak seçilmesi ve bu süreksizliklerin özelliklerinin detaylı olarak ölçülmesi önerilmektedir.

2.1.2.2 Süreksizlik Ara Uzaklığı

Süreksizlik ara uzaklığı, bir süreksizlik takımındaki süreksizlikler arasında dik uzaklık olarak tanımlanmaktadır. Ölçüm hattı veya sondaj eksenini boyunca iki süreksizlik arasında ölçülen uzaklık "görünür ara uzaklık" olarak alınır. Süreksizlik takımlarında gerçek ara uzaklığa (iki süreksizlik arasındaki dik uzaklığı) bulmak için aşağıdaki düzeltme yapılmalıdır.

$$\text{Süreksizlik gerçek ara uzaklığı} = J_{si} \cdot \sin(\delta_1) \cdot \sin(B_j) \quad (2.1)$$

Eşitlikte, J_{si} : görünür ara uzaklık, δ_1 : Süreksizlik doğrultusu ile ölçüm hattı arasındaki açı, B_j : süreksizliğin eğimidir.

2.1.2.3 Hacimsel Süreksizlik Sayısı

Palmström (1982, 1985 ve 1996) tarafında tanımlanan "Hacimsel Süreksizlik Sayısı" (J_v) birim hacimdeki (1m^3 'teki) çatlak sayısını göstermektedir ve aşağıdaki eşitlikle bulunmaktadır.

$$J_v = (1/S_i) + N_r/5 \quad (2.2)$$

Eşitlikte, S_i (m) her bir süreksizlik takımı için ara uzaklık, N_r : incelenen alandaki rastgele gelişmiş (random) süreksizlik sayısıdır. Bu çalışmada elde edilen J_v değerleri kaya kalite göstergesi (RQD), blok boyutu (V_b) ve Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) hesaplamasında da kullanılmıştır.

2.1.2.4 Kaya Kalite Göstergesi

Kaya kalitesi özelliği (RQD) ilk olarak Deer (1963) tarafından sondajda alınan karot boylarından yararlanarak temel kayaçların kalitesini ifade etmek için aşağıdaki eşitlikle tanımlanmıştır;

$$RQD = \frac{\sum L_{10}}{H} \times 100 \quad (2.3)$$

Eşitlikte; L_{10} :Uzunluğu 10 cm ve daha fazla olan karotların toplamı, H:Manevra derinliğidir.

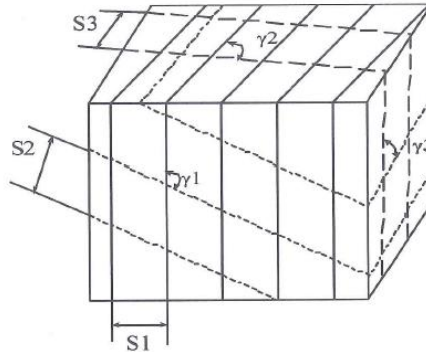
RQD değeri kaya kütle sınıflandırmalarının birçoğunda girdi parametresi olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada RQD değerlerinin hesaplanmasında, açılan sondajlardan elde edilen karotlardan faydalanılmıştır.

2.1.2.5 Blok Boyutu

Blok boyutu (V_b) süreksizlik sıklığının hacimsel olarak ifadesi olup, kaya kütle kalitesini (mühendislik performansını) gösteren en önemli göstergelerden biridir (Palmström, 1966; Cai vd. 2004). V_b değeri süreksizlik ara uzaklığı, hacimsel çatlaklılık katsayısı, süreksizlik takım sayısı, süreksizlik yönelimi ve süreksizlik devamlılığına bağlıdır. Üç veya daha fazla süreksizlik takımı içeren kaya kütlelerindeki blok boyutu süreksizlik ara uzaklığına bağlı olarak aşağıdaki formülle bulunmaktadır (Palmström, 1996). Burada süreksizliklerin devamlı olduğu kabulü vardır.

$$V_b = \frac{S_1 \times S_2 \times S_3}{\sin \gamma_1 \times \sin \gamma_2 + \sin \gamma_2 \times \sin \gamma_3 + \sin \gamma_1 \times \sin \gamma_3} \times \frac{V_{b0}}{\sin \gamma_1 \times \sin \gamma_2 \times \sin \gamma_3} \quad (2.4)$$

Eşitlikte γ_1 , γ_2 ve γ_3 süreksizlik takımları arasındaki açı S_1 , S_2 ve S_3 her bir süreksizlik takımındaki ara uzaklık (Şekil 2.1), V_{b0} ise süreksizlik takımları birbirine dik olduğu andaki blok boyutudur.



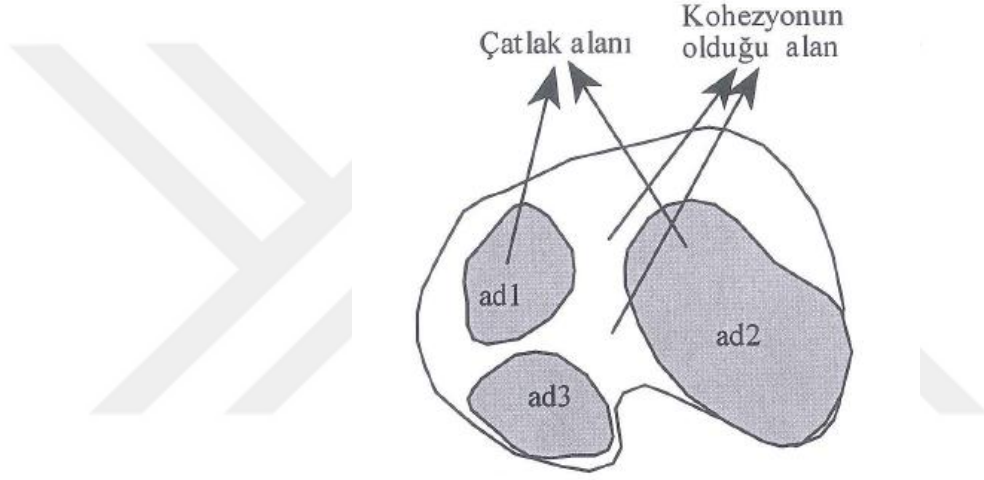
Şekil 2.1: Süreksizlik ara uzaklığı ve süreksizlik takımları arasındaki açıların şematik gösterimi (ISRM, 1981).

2.1.2.6 Süreksizliklerin Devamlılığı

Süreksizliğin devamlılığı (K), kohezyonun olmadığı alanlarının toplam çatlak alanına oranı olarak tanımlanmıştır (ISRM 1981, Şekil 2.2)

$$K = \lim_{Ad \rightarrow \infty} \frac{\sum Adi}{Ad} \quad (2.5)$$

Eşitlikte, adi: Süreksizlik yüzeyindeki kohezyonun olmadığı alanların toplamı, Ad: süreksizlik yüzeyinin toplam alanıdır.



Şekil 2.2: Süreksizlik yüzeyinin devamlılığının tanımlanması (ISRM, 1981).

Devamlılık alansal oran olarak tanımlanmasına rağmen, alansal ölçümün zor olmasından dolayı çoğu kez yüzeylenmedeki süreksizlik izinin ölçülmesiyle bulunmaktadır (ISRM, 1981). Bu durumda devamlılık ya süreksizlik izi uzunluğu olarak ele alınmakta veya aşağıdaki formülle bulunmaktadır.

$$K = \frac{\sum Jli}{\sum (Jli + Kkop)} \quad (2.6)$$

Eşitlikte; Jli: Süreksizlik izi uzunluğu, Kkop: süreksizlik izi hattı üzerinde kaya köprüsü uzunluğudur.

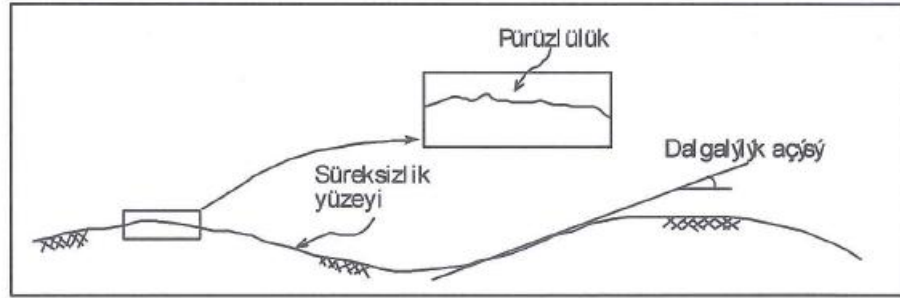
Bu çalışmada devamlılık için ISRM (1981)'deki tanımlama esas alınmıştır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Süreksizlik devamlılığının tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981).

Tanımlama	Süreksizlik İzinin Uzunluğu (m)
Çok Düşük Devamlılık	<1
Düşük Derecede Devamlılık	1-3
Orta Derecede Devamlılık	3-10
Yüksek Devamlılık	10-30
Çok Yüksek Devamlılık	>30

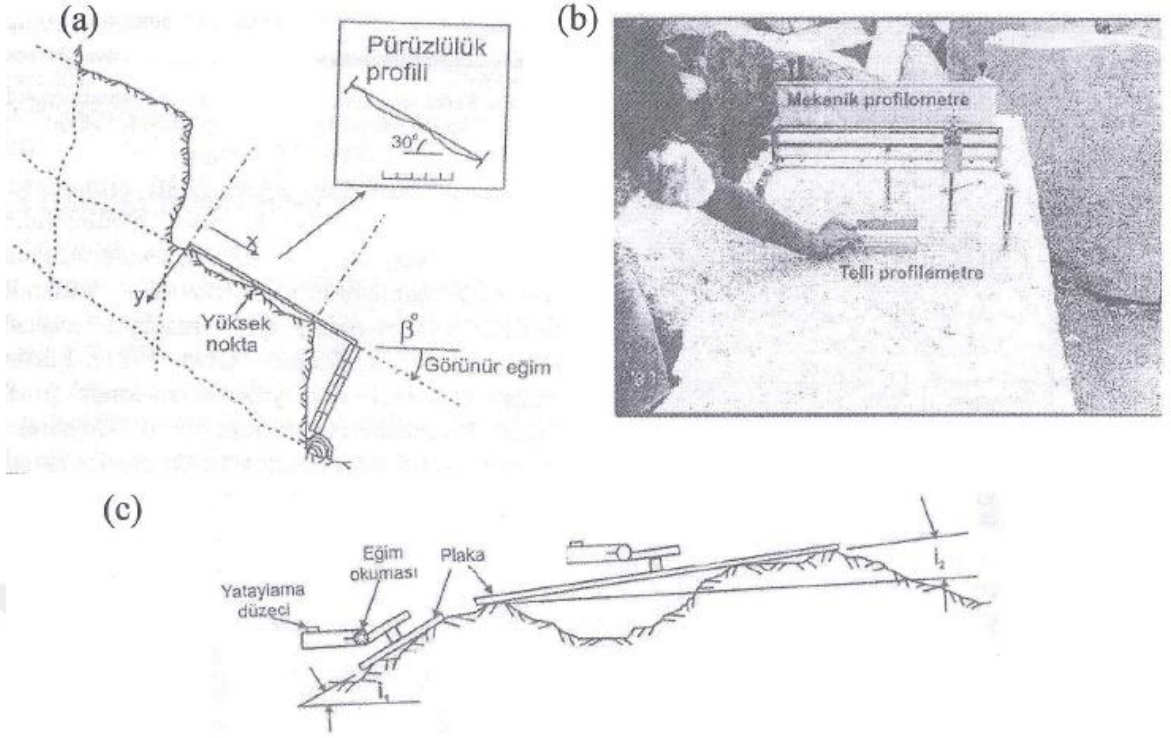
2.1.2.7 Süreksizlik Yüzeyinin Pürüzlülüğü

Pürüzlülük ve dalgalılık sırasıyla, süreksizlik yüzeyinin küçük ölçekte (cm boyutunda) ve büyük ölçekte (metre boyutunda) düzlemsellikten sapmasının bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır (ISRM, 1981, Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Süreksizlik yüzeyinde pürüzlülük ve dalgalılık (ISRM, 1981).

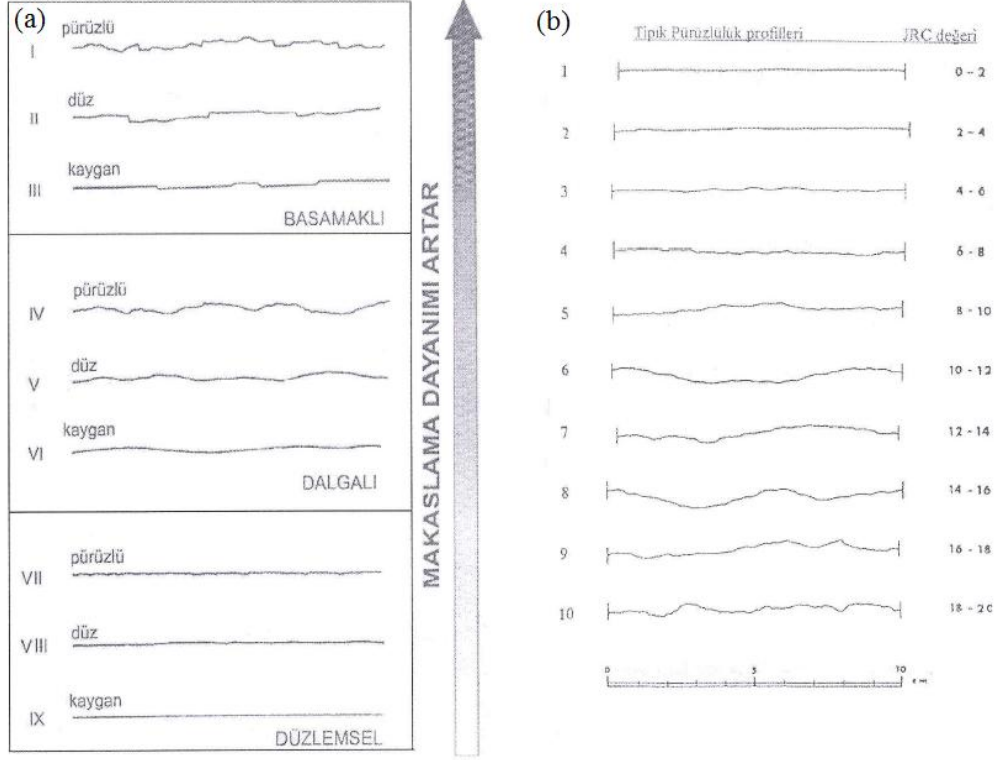
ISRM (1981)'de pürüzlülük ve dalgalılığı ölçmek için değişik yöntemler önerilmektedir (Şekil 2.4a-c ve Şekil 2.5a-b). Barton ve Choubey (1977) küçük ölçekli pürüzlülüğü tanımlamak için arazide telli profilometre ile ölçülen süreksizlik yüzeyi profilinin önerdikleri standart profillerle karşılaştırmasını yapmışlardır (Şekil 2.5a-b).



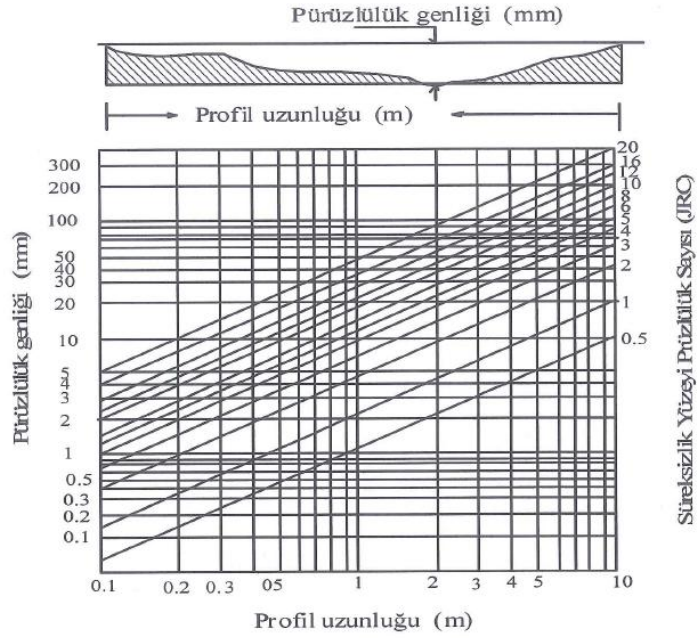
Şekil 2.4: (a) Doğrusal profil alma yöntemi, (b) pürüzlülüğün kalemlı ve mekanik telli profilometre ile ölçülmesi (Ulusay ve Sönmez, 2002 den alınmıştır), (c) pürüzlülüğün iki boyutlu ölçülmesi (ISRM, 1981).

Standart profillerde verilen "Süreksizlik Yüzeyi Pürüzlülük sayısı (JRC)" değerleri 0-20 arasında değişmektedir. Barton ve Bandis (1982) süreksizlik yüzeyinde alınan değişik ölçüm uzunluğu için JRC değerlerini bulmak için pürüzlülük genliğı ve ölçüm uzunluğundan yararlanmışlardır (Şekil 2.6).

Palmström (1996), "Kaya Kütle İndeksi (RMi)" ni oluştururken küçük ölçekli pürüzlülüğü Tablo 2.2'deki gibi tanımlamıştır. Yazar, büyük ölçekli pürüzlülüğü pürüzlülüğün genliğı/ölçüm uzunluğu oranı olarak tanımlamıştır. Cai vd. (2003) GSI değerlerini hesaplarken süreksizlik yüzey durumunu Palmström (1996)'ya göre tanımlamıştır (Tablo 2.3).



Şekil 2.5: (a) Pürüzlülüğün niteliksel ölçümü (ISRM, 1981), (b) Standart pürüzlülük profilleri ve JRC değerleri (Barton ve Choobey, 1977).



Şekil 2.6: Değişik ölçüm uzunluğu için pürüzlülük genliği ve profil uzunluğuna bağlı olarak JRC'nin belirlenmesi (Barton and Bandis, 1982).

Tablo 2.2: Küçük ölçekli pürüzlülüğün tanımlanması (Palmström, 1996).

Sınıf	Tanımlama
Çok pürüzlü	Yaklaşık düşey basamaklar ve çıkıntılar süreksizlik yüzeyinde kenetlenme oluşturur
Pürüzlü	Bazı çıkıntılar ve düşeye yakın basamaklar vardır. Pürüzlülük açıkça görülür. Yüzey oldukça aşındırıcı görünüştedir (30 numaradan büyük zımpara kağıdı)
Hafif pürüzlü	Yüzeydeki girinti ve çıkıntılar ayırt edilebilir ve (dokunulduğunda) hissedilir (Zımpara kağıdı numara 30-300)
Düz	Yüzey düzdür ve dokunulduğunda düzlüğü hissedilebilir (numarası 300 den büyük zımpara kağıtlarına benzer)
Cıvalı durum	Yüzeyin cıvalı gibi kaygan olduğuna dair görsel kanıtlar vardır, klorit ve özellikle talk gibi minerallerin süreksizlik yüzeyine sıvanması gibi
Sürtünme izli	Fay yüzeylerinde veya diğer blok hareketleri nedeniyle yüzeyde cilalanma ve sürtünme izleri var

Tablo 2.3: Büyük ölçekli pürüzlülüğün tanımlanması (Palmströmi 1996, Cai vd., 2004).

Dalgallık tanımı	Dalgallık sayısı
Kenetlenmiş (Büyük ölçekte)	
Basamaklı	
Geniş dalgalanma	>% 3
Küçük ve orta boyutta dalgalanma	%0.3-3
Düz	<%0.3

Hack vd. (2003)'e süreksizlik düzleminin düzlemsellikten ayrılma durumunu tanımlarken dokunmayla yüzeyin tanımlanması, küçük ölçekli 0.2x0.2 m²'lik alanda ölçülen pürüzlülük ile büyük ölçekli (1x1 m² alanda ölçülen) pürüzlülükten yararlanmaktadır (Şekil 2.6).

2.1.2.8 Süreksizlik Yüzeyi Ayrışma Durumu

Kaya kütle sınıflamalarının birçoğunda (örneğin RMS, RMR, M-RMR'de) süreksizlik yüzey malzemesinin ayrışma durumu ISRM (1981) de verilen kaya malzemesi için ayrışma sınıflaması kullanılmaktadır. ISRM (1981)'in önerdiği bu sınıflama gözleme dayalıdır ve bu nedenle bazı durumlarda öznel değerlendirmelere neden olabilmekte; aynı süreksizlik yüzeyi için farklı kişiler farklı değerlendirmeler yapabilmektedir. Sing ve Gahrooe (1989) bu tür hataları giderebilmek için bozunma derecesini aşağıda verilen sayısal indeksle tanımlamışlardır (Tablo 2.4).

$$W_c = \sigma_{cf}/JCS \quad (2.7)$$

Eşitlikte, W_c : bozunma katsayısı, σ_{cf} : taze (ayırışmamış) kaya malzemesinin dayanımı, JCS: süreksizlik yüzeyinin sıkışma dayanımıdır.

Tablo 2.4: Sing ve Gahrooe (1989) tarafından önerilen bozunma sınıflaması.

Taze az bozunmuş	$(\sigma_c/JCS) \leq 1.2$
Orta derecede bozunmuş	$1.2 < (\sigma_c/JCS) < 2$
Bozunmuş	$(\sigma_c/JCS) \geq 2$

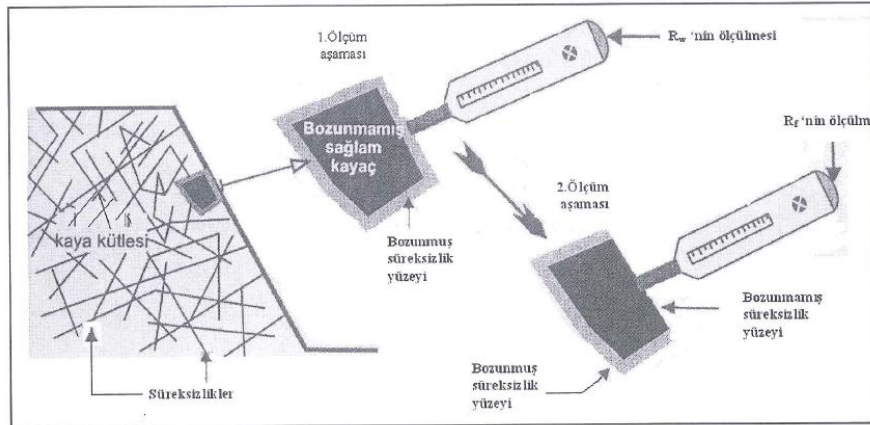
Gökçeoğlu (1997) yukarıda verilen bozunma sınıflamasının sadece 3 gruptan oluşması ve Schmidt çekici ile dayanımın bulunmasındaki sakıncaları belirterek aşağıda verilen bozunma indeksini önermiştir (Tablo 2.5).

$$W_c = R_f/R_w \quad (2.8)$$

Burada; R_f taze (ayırışmamış), R_w ise bozunma sınıflaması yapılacak süreksizlik yüzeyinde ölçülen Schmidt çekici geri tepme sayısıdır.

Tablo 2.5: Bozunma indeksine (W_c) göre süreksizlik yüzeylerinin bozunma sınıflaması (Gökçeoğlu, 1997).

W_c	Sınıf	Tanım (ISRM, 1981)
<1.1	1	Bozunmamış (taze)
1.1-1.5	2	Az bozunmuş
1.5-2.0	3	Orta derecede bozunmuş
>2.0	4	Tamamen bozunmuş



Şekil 2.7: Süreksizlik yüzeylerinin bozunma indeksinin bulunması (Gökçeoğlu, 1997).

2.1.2.9 Süreksizlik Açıklığı ve Dolgu Durumu

Açıklık, bir süreksizliğin karşılık iki yüzey arasındaki dik uzaklık olup, boş olabileceği gibi su veya herhangi bir dolgu malzemesi tarafından da doldurulmuş olabilmektedir (ISRM, 1981). Açıklığın ölçülebilmesinde en basit ve en pratik çözüm milimetre bölmeli şerit metre veya mikrometre ile yapılmaktadır (Ulusay ve Sönmez 2002).

Dolgu malzemesi, süreksizliğin karşılıklı iki yüzeyinin arasını dolduran ve genellikle ana kayaç malzemesinden daha zayıf olan malzemedir ISRM (1981)'de dolgu malzemesinin tanımlanmasında kullanılan parametreler; mineraloji, tane boyu dağılımı, aşırı konsolidasyon oranı, su içeriği ve geçirgenlik, dolgunun daha önce maruz kaldığı makaslama yer değiştirmesi, süreksizlik yüzeyinin pürüzlülüğü, dolgunun kalınlığı ve süreksizlik yüzeyini oluşturan kayacın kırılma ve parçalanma özelliğidir.

2.1.3 Jeoteknik Birimlerin Tanımlanması ve Kaya Kütle Özelliklerinin Ölçümü

Bu çalışmada jeoteknik birimlerin tanımlanması litolojik özellikler, ayrışma durumu ve süreksizliklerin özelliklerinden faydalanarak yapılmıştır. Arazide tanımlanan her jeoteknik birimde söz konusu bu özelliklerin değişiminin en az olmasına dikkat edilmiştir. Buna göre benzer özellikler gösteren jeoteknik birimler arazide tanımlanmıştır (Tablo 2.6).

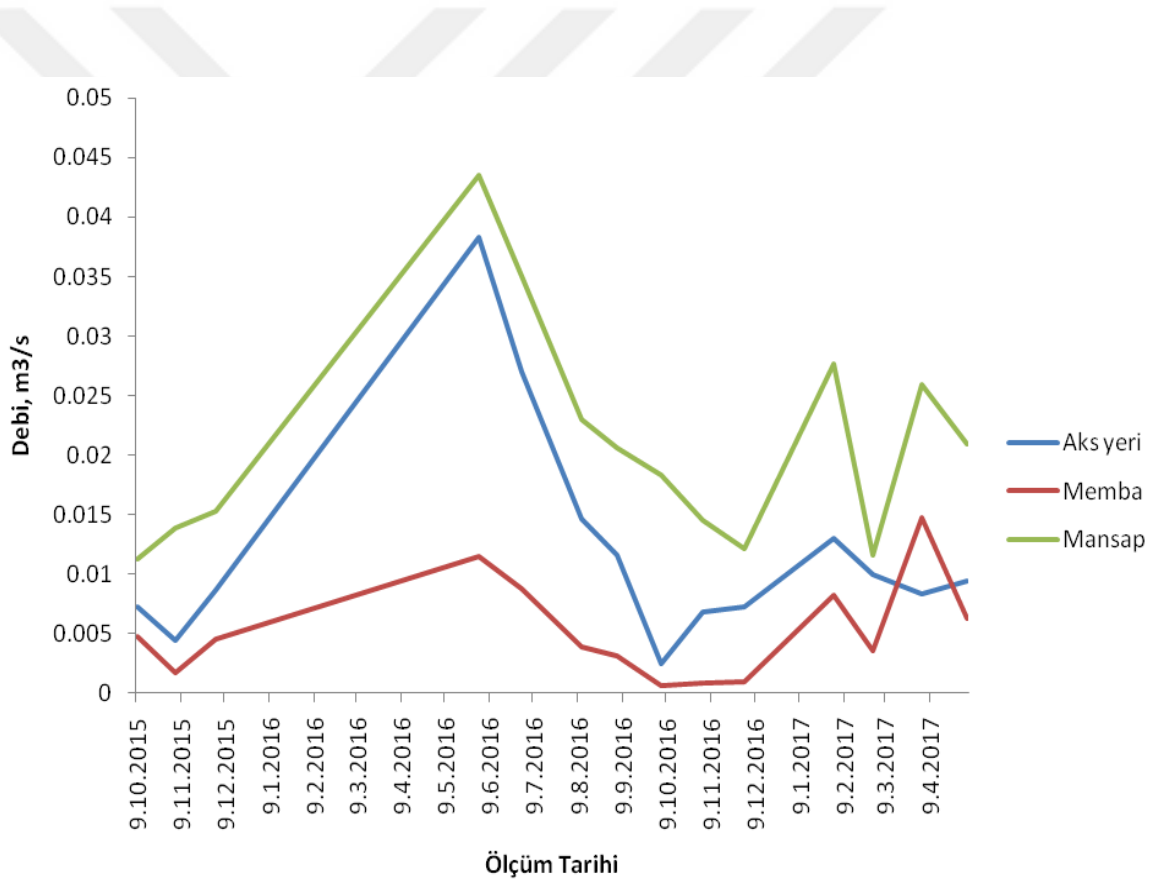
Tablo 2.6: Çağış Gölet yeri ve civarında gözlemlenen şevlerde tanımlanan jeoteknik birimlerin özellikleri.

Jeoteknik birim	Jeoteknik Birimin Özellikleri				
	Litoloji	RQD _{ort} (%)	σ_{ci} (Mpa)	J _v	Ayrışma Durumu
1a	Killi kireçtaşı	76,18	43,27	6,86	Az
1b	Killi kireçtaşı	47,54	18,64	9,79	Orta
2a	Kiltaşı-marn ard.	81,75	15,7	10	Az
2b	Kiltaşı-marn ard.	46,1	10,89	11,95	Orta
2c	Kiltaşı-marn ard.	13,5	6,92	13,25	Yüksek
3a	Tüf	49,2	5,65	6,47	Orta

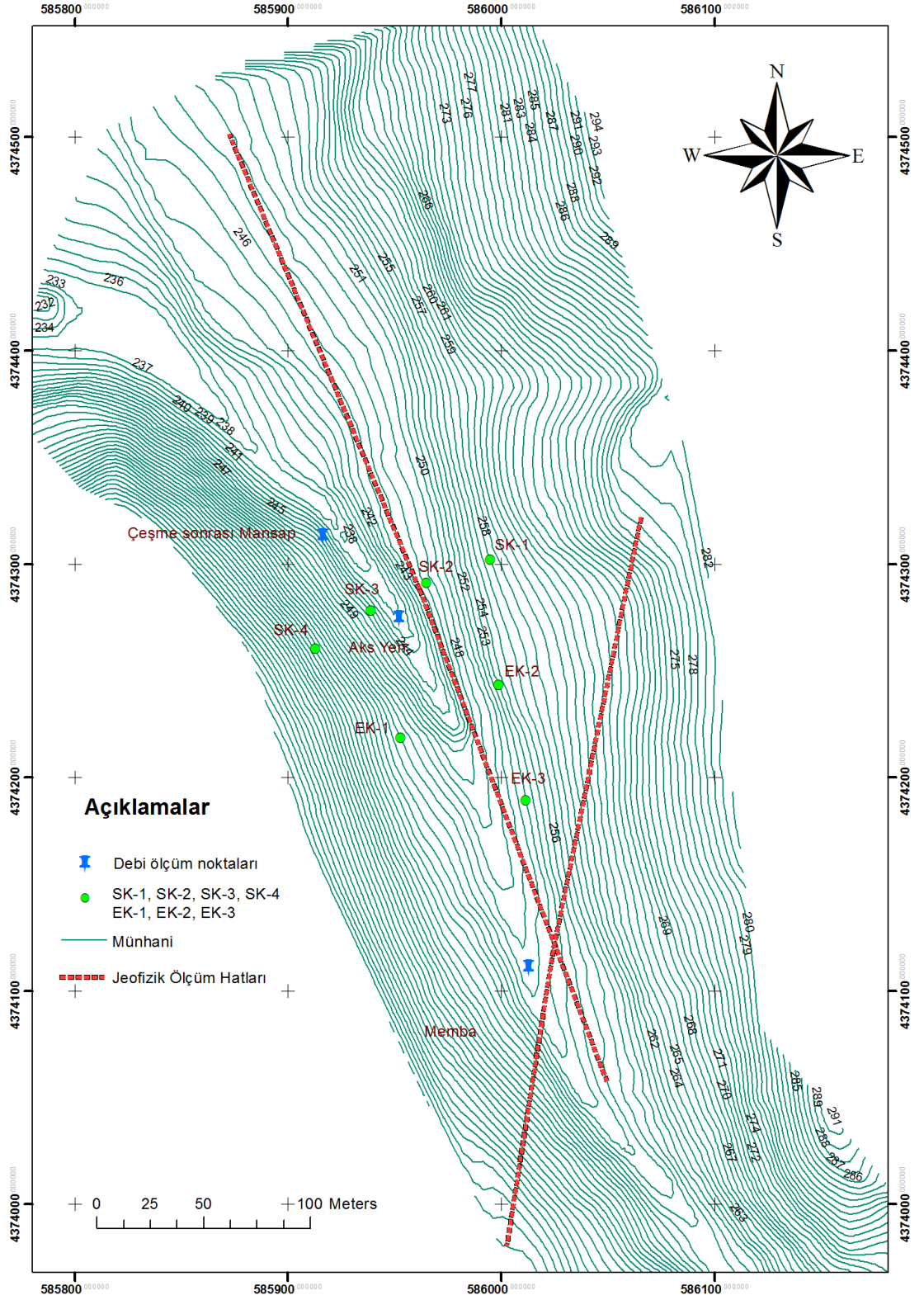
2.1.4 Kaynak ve Yerüstü Sularından Örnek Alımı ve Debi Ölçümü

Çalışma alanında yerüstü suları ve kaynaklar da dahil olmak üzere farklı noktalardan su örnekleri alınmış (Şekil 2.9) ve DSİ tarafından söz konusu su örneklerinin kimyasal analizleri yapılmıştır.

Ayrıca Şarлак derenin memba, aks yeri ve mansap olmak üzere 3 farklı noktasından farklı zamanlarda debi ölçümleri alınmıştır. Alınan debi ölçümlerinin zamana bağlı değişimi incelendiğinde 2016 yılının 2. ayından itibaren 6. ayına kadar debilerde bir artış tespit edilmiştir. Yine aynı yıl içerisinde 7. aydan itibaren ölçülen debi değerlerinde ise düşüş gözlenmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8: Şarлак derenin farklı noktalarında ölçülen debi ölçüm sonuçları.



Şekil 2.9: Çağış gölet alanında yapılan sondaj yerlerini, debi ölçüm noktalarını ve jeofizik hatlarını gösteren harita.

2.2 Yeraltı Araştırmaları

2.2.1 Sondajlar ve Jeoteknik Loglama

Çağış gölet yerinde toplam 325 m derinlikte 8 adet araştırma sondajı yapılmıştır (Şekil 2.10). Açılan sondajlarda aynı zamanda basınçlı su testleri yapılmıştır (Şekil 2.11). Ayrıca sondaj karotlarından yararlanılarak kaya kütlesi için RQD, ayrırşma derecesi, çatlak sıklığı gibi özellikler saptanmıştır. Gölet aks yerinde ve rezervuar alanında açılan sondajlara ait bilgiler Tablo 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.10: Çağış gölet alanlarında yapılan sondaj çalışmalarını (a)(b).

Tablo 2.7: Çağış Gölet Yeri sondajlarına ait veriler.

Sondaj No	Yeri	Derinlik (m)	X	Y	Z
SK-1	Sağ Sahil	46	585995,02	4374302,745	259
SK-2	Sağ Sahil	50	585965,528	4374291,646	248
SK-3	Talveg	54	585939,488	4374278,683	243
SK-4	Sol Sahil	40	585913,259	4374260,278	258
DSK-1	Dolusavak	15	585903,454	4374321,844	242
EK-1	Sol Sahil	40	585952,749	4374218,511	251
EK-2	Sağ Sahil	40	585999,120	4374243,374	253
EK-3	Sağ Sahil	40	586011,748	4374189,308	252



Şekil 2.11: Çağış gölet alanında yapılan basınçlı su deneyi çalışmaları (a-d).

2.2.1 Jeofizik Çalışmaları

İnceleme alanındaki jeofizik çalışmalar DSİ Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığı tarafından Çağış Göleti aks yeri civarının yeraltı yapısını aydınlatmak amacıyla yapılmıştır. Çağış Göleti göl alanında bir ölçü, sağ ve sol sahilde yol üzerinde iki ölçü olmak üzere; toplam üç hat üzerinde rezistivite ölçüleri (2B, 3B Rezistivite Tomografi çalışması) alınmıştır (Şekil 2.12).

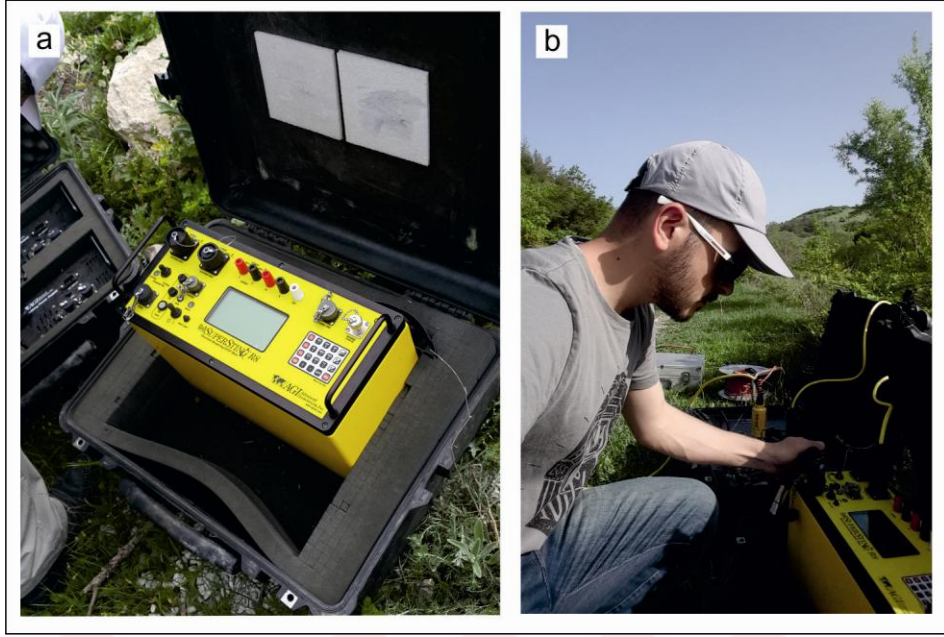


Şekil 2.12: Çağış gölet yerinde ve rezervuar alanında yapılan jeofizik çalışmalar.

Etüt sahasında, amaca yönelik olarak Dipol-Dipol ve Wenner-Schlumberger elektrot tertibi kullanılarak, 5m, 8m, elektrot aralıklı iki boyutlu (2B) resistivite ve 10 m elektrot aralıklı üç boyutlu (3B) resistivite ölçüleri alınmış ve değerlendirilmiştir. Ayrıca, 2B ve 3B resistivite çalışmalarının yorumuna yardımcı olmak amacıyla Schlumberger elektrot tertibi kullanılarak 2 noktada bir boyutlu (1B) Düşey Elektrik Sondaj (DES) özdirenç ölçüleri alınmıştır.

2B ve 3B özdirenç arazi çalışmalarında AGI firması üretimi 8 kanallı özdirenç/IP (SuperSting R8/IP) resistivite cihazı (Şekil 2.13 a-c), tek boyutlu (1B) Düşey Elektrik Sondaj (DES) ölçüleri için DSİ üretimi resistivite cihazları kullanılmıştır.

Kayaçların yatay veya düşey yöndeki elektriksel iletkenlik farklarından yararlanılarak jeolojik yapının ortaya konulması, elektrik özdirenç yöntemlerinin uygulanmasındaki temel amaçtır. Tek boyutlu olarak Düşey Elektrik Sondaj (DES) resistivite ölçüm tekniği eskiden beri kullanılmaktadır. İki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) Jeofizik Resistivite yöntemlerinin uygulanması son yıllarda yöntemin etkinliğini arttırmıştır.



Şekil 2.13: Çağış Göleti yerinde yapılan jeofizik çalışmalarında kullanılan rezistivite cihazları (a-b).

2B ve 3B etütlerin uygulanması, çözünürlük gücünün artmasına paralel olarak ölçülerin süratle alınması ve değerlendirilmesi konusunda Jeofizik Mühendisleri'ne önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Özdirenç, bir materyalin elektrik iletkenliğini gösteren öz iletkenliğinin tersidir ve birimi ohmm'dir. Özdirenç yöntemleri; yere verilen suni bir akımın, yer altında yarattığı elektrik alanın potansiyelini ölçerek, potansiyel-akım şiddeti bağıntısından yeraltındaki katmanların özdirenç (rezistivite) ve kalınlık değerlerinin hesaplanması prensibine dayanır ($\rho_a = k(\Delta V/I)$).

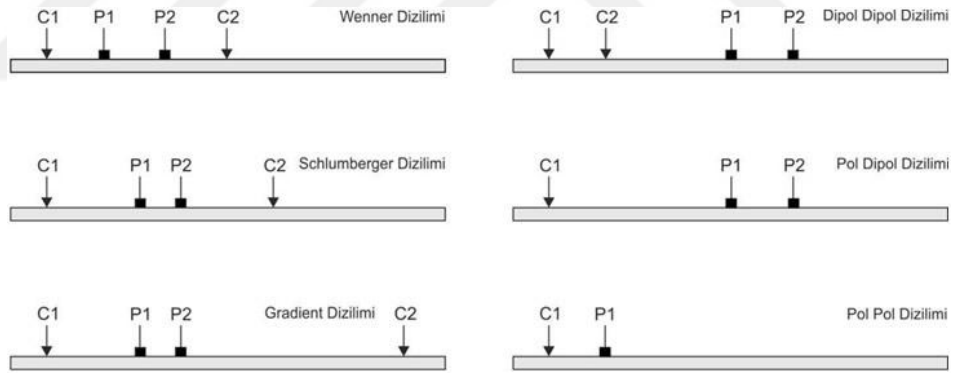
Burada k = geometrik faktör (m), ΔV =ölçülen potansiyel farkı (mV), I =yere verilen akım (mA), ρ_a =görünür özdirenç (ohmm) dir. Yöntem; maden, petrol, su, jeotermal, arkeolojik aramalar ve mühendislik jeolojisi problemlerinin çözümünde kullanılır.

Bu çalışmada, tek boyutlu düşey elektrik sondaj (DES) ve çok elektrotlu özdirenç (3B Özdirenç Yöntemi) ölçü yöntemleri kullanılmıştır.

Çok elektrotlu özdirenç yöntemi, eşit aralıklı (örneğin; 5m, 8m vb.) olarak ve bir hat boyunca çakılmış elektrotlar ile bunların bağlantısını sağlayan çoklu (birçok tel içeren) kablodan oluşmaktadır. Elektrot sayısı, yapılacak çalışmanın amaç ve kapsamına göre farklı olabilir. Üreticiler genel olarak 28, 56, 84 ve 112 elektrotlu veya 20, 30, 50 elektrotlu düzenekler üretmektedirler. Kullanılan elektrotlar ise,

paslanmaz çelik elektrotlardır. Özdirenç ölçü cihazında elektrotları, önceden tanımlanan ölçü alım sıralamasına göre değiştiren ve alınan ölçüleri saklayan bir hafıza (akım ve gerilim elektrotlarının belirlenen bir sistemde numaralandırıldığı bir dosya) vardır. Akım (A, B) ve gerilim (M, N) elektrotlarının çeşitli kombinasyonları ile karmaşık bir sondaj profil kesiti, kablonun toplam boyuna bağlı olan en büyük araştırma derinliği ile elde edilmektedir. Çeşitli elektrot dizilimleri (Dipol-Dipol, Pol-Dipol, Pol-Pol, Bipol-Bipol, Gradient, Mixed Dipol-Gradient vd.) kullanılabilir. Çok elektrotlu yöntemde, ölçü cihazı bilgisayar kontrollüdür. Yapılan çalışmada 84 elektrotlu düzenek kullanılmış, uygulanan yöntemde Dipol-Dipol elektrot dizilimi tercih edilmiştir. Tercih edilen elektrot düzeneği ile diğer elektrot düzenekleri Şekil 2.14'de basit olarak verilmiştir.

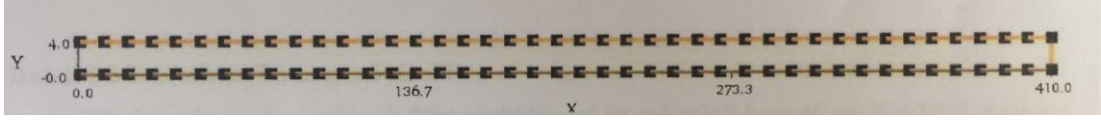
Tek boyutlu elektrik özdirenç yöntemi olarak aşağıda gösterilen elektrot düzenekleri kullanılabilir. Bu çalışmada Schlumberger elektrot dizilimi kullanılmıştır.



Şekil 2.14: Çeşitli elektrot düzenekleri.

3B Elektrik özdirenç etütleri arazi çalışmalarının pek çoğunda tüm elektrotların çakılması ve kablonun serilmesi işlemi bitirilip, ölçüye başlanır. Böylece bütün ölçüler otomatik olarak bilgisayara depolanır.

Şekil 2.15'de 84 elektrotlu $x=10m$ ve $y=4m$ 3B uygulama geometrisi görülmektedir. Arazide mümkün olduğunca çok sayıda ölçünün sistematik olarak alınması gerekli serim olanakları araştırılmalıdır. Bu olay görünür özdirenç ölçümlerinin ters çözümünden elde edilecek yeraltı kesitinin kalitesini etkileyecektir.



Şekil 2.15: 3B Elektrot geometrisi (84 Elektrot, x=10m y=4m).

2.2.2 Basıncılı Su Testleri

Kayaçların geçirimsizliğinin saptanması amacıyla, basınç altında kuyuya su enjeksiyonu yapma yöntemidir. Genellikle kayaçlarda açılan araştırma sondajlarında yapılmaktadır.

Deneyi ilk defa uygulayan Maurice Lugeon, geçirimsizlik birimini, 10 atm gerçek basınç altında 1 dakikada, 1 m uzunluğundaki deney zonunda litre olarak basılan su miktarı olarak belirlemiştir.

Deneye başlamadan önce deney zonu, basınçsız su verilerek doldurulmakta ve suyun verilmeye başlamasından basıncın yükselmeye başladığı ana kadar giden su miktarı kaydedilmektedir.

Deney sırasında uygulanan basınçlar kayacın özelliklerine göre değişmekte olup, bu konuda belirlenmiş bir standart olmamakla beraber 2,4,6,8,10 kg/cm²'lik basınç kademeleri yaygın olarak uygulanmaktadır. Deney sırasında her basınç kademesinde 10 dakika beklenerek, su kaçakları beşer dakikalık aralarla kaydedilmektedir.

Deneyde uygulanacak kademe boyunun uzunlukları, kayacın fiziksel ve yapısal özelliklerine göre değişmektedir. Geçirimsiz ve üniform özellikli bir kayaçta, 5-10 m'lik kademeler uygulanabileceği gibi, çok geçirimli ve değişken özellikteki kayaçlarda, kademe boyu 1 metreye kadar düşürülebilmektedir. Çok geçirimli ve su kaçaklarının değişim gösterdiği zonlarda ise, geri dönüşlü basınçların uygulanması gerekmektedir. Lugeon biriminin hesaplanmasında gerçek basıncı (Peff) bulabilmek için manometrede okunan basınca (Pm) yeraltı su tablası üzerindeki statik yük (H/10) eklenip, elde edilen değerden, deney kademesi üst kotu ile manometre kotu arasındaki yük kaybı (Pc) çıkarılarak sonuca ulaşılmaktadır.

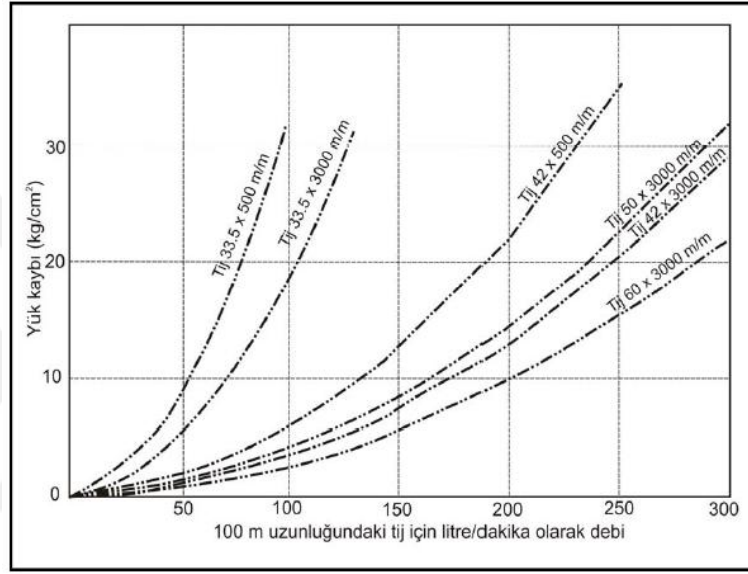
Peff : Deney zonundaki gerçek basınç (kg/cm²)

P_m : Manometrede okunan basınç (kg/cm^2)

H' : Yeraltı suyu olmaması durumunda deney zonunun ortasından manometreye

kadar olan düşey uzaklık (m)

P_c : Manometre ile deney zonu başlangıcı arasındaki tıjlerde, vanalarda, manometreden sonraki borularda meydana gelen yük kaybı (Şekil 2.16).



Şekil 2.16: Tıj ve manşonlardaki yük kaybını gösterir abak (Şekercioğlu, 2007).

Lugeon deneyi, düşey, eğik ve yatay yönde açılan sondajlarda uygulanabilmektedir (Şekil 2.17).

Düşey kuyularda gerçek basınç:

Deney yeraltı suyu seviyesi altında yapılıyorsa: $P_{eff} = P_m + (H/10) - P_c$ (2.9)

Deney yeraltı suyu seviyesi üstünde yapılıyorsa: $P_{eff} = P_m + (H'/10) - P_c$ (2.10)

Eğik kuyularda gerçek basınç:

Eğik kuyularda H , kuyu başındaki manometreden deney yapılan kademenin ortasına kadar olan uzaklığın (H') veya ölçülebilmesi durumunda, yeraltı suyu

tablasına kadar olan uzaklığın (H) kuyunun eğim açısının (α) cosinüsü ile çarpılmasıyla bulunmaktadır.

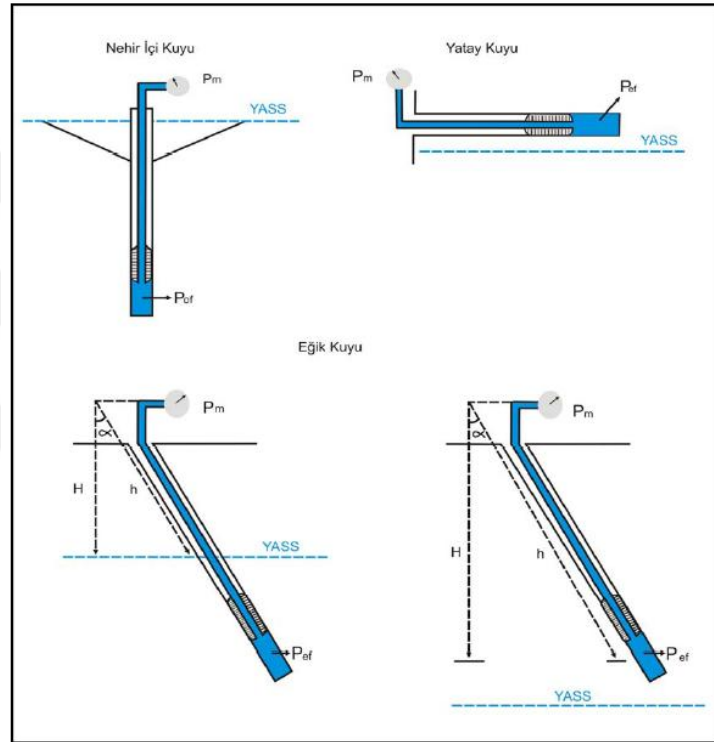
$$P_{eff} = P_m + [(\cos \alpha \times H') / 10] P_c \quad (2.11)$$

Yatay kuyularda gerçek basınç:

Yatay kuyularda $H=0$ olduğundan,

$$P_{eff} = P_m - P_c \quad (2.12)$$

şeklindedir.



Şekil 2.17: Lugeon deneyinde gerçek basınçların hesaplanması (Şekercioğlu, 2007).

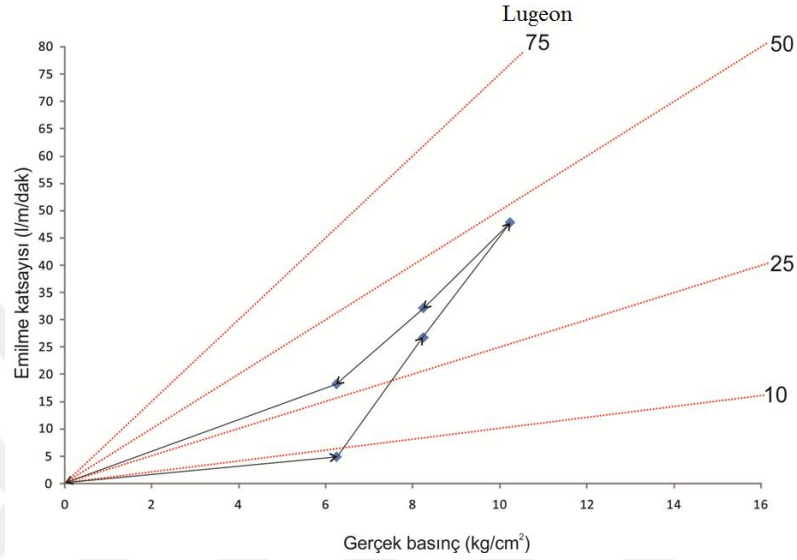
Deney yapıldıktan sonra değerler, geçirimsizlik deneyi formuna işlenerek, her deney zonu için Lugeon eğrileri çizilmektedir. Bu eğri üzerinde, 10 atmosfer gerçek basınca karşılık gelen emilme katsayısı (1 metrede 1 dakikada litre olarak emilen su miktarı), deney zonunun Lugeon birimi olarak geçirimsizliğidir (Şekil 2.18).

Çeşitli nedenlerle, deney sırasında 10 atmosfer basınç uygulanamaması durumunda, deney sonuçları şu şekilde değerlendirilmektedir:

$$LU = (Q \times 10) / (P \times L) \quad (2.13)$$

Eşitlikte, LU: Lugeon (lt/dak/m), Q:Kuyuya verilen su miktarı (lt/dak), P : Uygulanan gerçek basınç (kg/cm²), L : Kademe boyunu (m) ifade etmektedir.

Basınç-emilme katsayısı grafiğinde, uygulanan basınçlara göre elde edilen eğri lineer olarak uzatılarak, kg/cm² gerçek basınca karşılık gelen emilme katsayısı Lugeon birimi olarak kabul edilmektedir.



Şekil 2.18: Lugeon deneyi ile geçirimsizliğin hesaplanması.

Genel bir deney işleminde, deney zonuna önce artan, sonra azalan basınçlar uygulanarak her deney kademesinde oluşan kaçak miktarı ölçüldükten sonra, elde edilen değerlere göre kayaçların geçirimsizliği, Tablo 2.8'deki sınıflamaya göre belirlenmektedir.

Tablo 2.8: Kayaçların Lugeon birimlerine göre geçirimsizlik sınıflandırması.

Lugeon Birimi (lt/m/dak)	Kaya Sınıfı
1 Lugeon'dan az	Geçirimsiz
1-5 Lugeon	Az Geçirimli
5-25 Lugeon	Geçirimli
25 Lugeon'dan çok	Çok Geçirimli

Lugeon basınçlı su deneyinde, basınç ve debiye bağlı olarak çizilen kümülatif eğrilerin yorumlanmasında, Henry Cambefort'un çizdiği bazı eğri tiplerinden yararlanılarak kayacın geçirimsizliği ve boşlukların özellikleri ortaya koyulmaktadır.

2.3 Laboratuvar Çalışmaları

2.3.1 Kaya Malzemesi İndeks ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Kaya malzemesinin indeks özellikleri (fiziksel özellikler, elastik dalga hızı, Schmidt çekici geri tepme sayısı, suda dayanımı), ayrışma durumu ve dayanım özellikleri (nokta yük dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı ve çekme dayanımı) kaya kütlelerinin mühendislik anlamda sınıflandırılmasında, kaya kütlesi dayanım ve deformasyon özelliklerinin tahmininde kullanılan parametrelerdir. Bu nedenle bu çalışmada gölet aks yeri ve rezervuar alanında yüzeylenen ve sondajlarda kesilen kaya malzemesinin fiziksel özellikleri, sertliği (Schmidt çekici geri tepme sayısı) ve tek eksenli basınç dayanımı bulunmuştur.

İncelenen karot örneklerdeki elastik boyuna dalganın yayılma hızı örnek boyunun ultrasonik dalganın örneği kat ediş süresine oranından bulunmuştur. Söz konusu süre ölçümü örneklerin hem doygun hem de kuru haldeki durumları için oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, Schmidt çekici geri tepme sayısı hem jeoteknik birimlerde kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımını tahmin etmek için kurulan istatistiksel modellerde hem de süreksizlik yüzeylerinin ayrışma derecesini ve yüzey malzemesinin dayanımını kestirmek amacıyla kullanılmıştır. Karot örneklerinin sertliğini ve süreksizlik yüzeyinin ayrışma durumunu bulmak için elde edilen geri tepme sayıları Göktan ve Ayday (1993)'a göre hesaplanmıştır. Araştırmacılar Schmidt çekici sertliği ölçümlerinde dağılımı temsil edecek verilerin seçiminde Chauvenet ölçütünün kullanılabileceğini belirtmektedirler. Chauvenet ölçütünün uygulanış şekli aşağıda verilmiştir;

-Ölçülen tüm verilerin ortalaması ve standart sapması hesaplanır

-Her bir veri için aşağıda verilen eşitlikle standart sapma oranı hesaplanır.

$$SSO = \frac{Ri - \bar{x}}{ss} \quad (2.14)$$

Eşitlikte, sso: standart sapma oranı, Ri: Ölçülen geri tepme sayısı, \bar{x} = ortalama geri tepme değeri, ss: standart sapma

- Standart sapma oranının mutlak değeri Tablo 2.9’de verilen değerden büyük olan ölçüm değerleri ortalamaya katılmaz, atılır. Diğer ölçülerin ortalaması incelenen yüzey veya blok örnek için R’yi verecektir.

Ölçüm yapılırken alet yüzeye dik tutulmuş ve elde edilen değerler Barton ve Choubey (1977) tarafından verilen değerler yardımıyla düşey tutuş açısına göre düzeltilmiştir (Tablo 2.10).

Tablo 2.9: Chauvenet ölçütü için örnek sayılarına (N) karşılık gelen en büyük standart sapma değerleri (ss).

N	ss	N	ss	N	ss	N	ss
2	1.15	7	1.80	15	2.13	50	2.58
3	1.38	8	1.86	20	2.24	100	2.81
4	1.54	9	1.91	25	2.33	250	3.09
5	1.65	10	1.96	30	2.4	500	3.29
6	1.73	12	2.04	35	2.45	1000	3.48

Tablo 2.10: Schmidt çekici geri tepme sayılarının aşağıya doğru dik olarak tutuluş durumuna göre düzeltme değerleri (Barton ve Choubey 1977).

Geri tepme sayısı (R)	Çekiç aşağıya doğru tutulmuş		Çekiç yukarıya doğru tutulmuş		Çekiç yatay tutulmuş $\alpha=0^0$
	$\alpha=-90^0$	$\alpha=-45^0$	$\alpha=+90^0$	$\alpha=+45^0$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Kaya malzemesi tek eksenli basınç direnci, kaya malzemesinin ve kaya kütlelerinin sınıflandırılmasında, kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özellikleri için geliştirilen ampirik yaklaşımlarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada, 55 mm çapa sahip örnekler üzerinde gerçekleştirilen tek eksenli basınç deney sonuçları aşağıdaki

formül kullanılarak, referans çapa (50 mm'ye) göre düzeltilmiştir (Hoek ve Brown 1980).

$$\sigma'_c = \sigma_c(50/D)^{0.18} \quad (2.15)$$

Eşitlikte, σ'_c : deneyde bulunan tek eksenli basınç dayanımı, σ_c : 50 mm çaplı karota göre düzeltilmiş tek eksenli basınç dayanımı, D: çap (mm)

Karot örneklerinin boyutları L/D= 2 olacak şekilde alınmaya çalışılmıştır. Deneyde kullanılan ve L/D=2 şartını sağlayamayan örneklerde Szlavin (1974) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılarak boyut düzeltilmesi yapılmıştır.

$$\sigma_c = \frac{\sigma'_c}{0.304\left(\frac{D}{L}\right) + 0.848} \quad (2.16)$$

Eşitlikte; σ_c : Düzeltilmiş tek eksenli basınç direnci σ'_c : Deneylerde bulunan tek eksenli basınç direnci

Arazide tanımladığımız kaya malzemelerinin indeks özellikleri laboratuara getirilen karotlar üzerinde belirlenmiştir (Şekil 2.19).



Şekil 2.19: Deney için sondajlardan alınan karot örnekleri.

Sondaj karotlarından faydalanarak kaya malzemesinin indeks özellikleri tespit edilmiş ve indeks özelliklerin bulunması için deneylerde TSE standartları esas alınmıştır.

Gruplandırılan karotlarda elastik boyuna dalganın yayılma hızı örnek boyunun ultrasonik dalganın örneği katetme süresine oranıyla bulunmuştur. Bu ölçümler örneklerin doygun ve kuru haldeki durumları için ayrı ayrı yapılmıştır. Öncelikle örnekler suyun içerisinde 48 saat bekletilerek doygun hale getirilmiş sonrasında ölçümler yapılarak doygun haldeki elastik boyuna dalga hızı bulunmuştur. Daha sonrasında aynı örnekler etüvde kurutularak içerisindeki su buharlaştırılmış ve kuru haldeki elastik boyuna dalga hızı ölçümleri yapılmıştır.



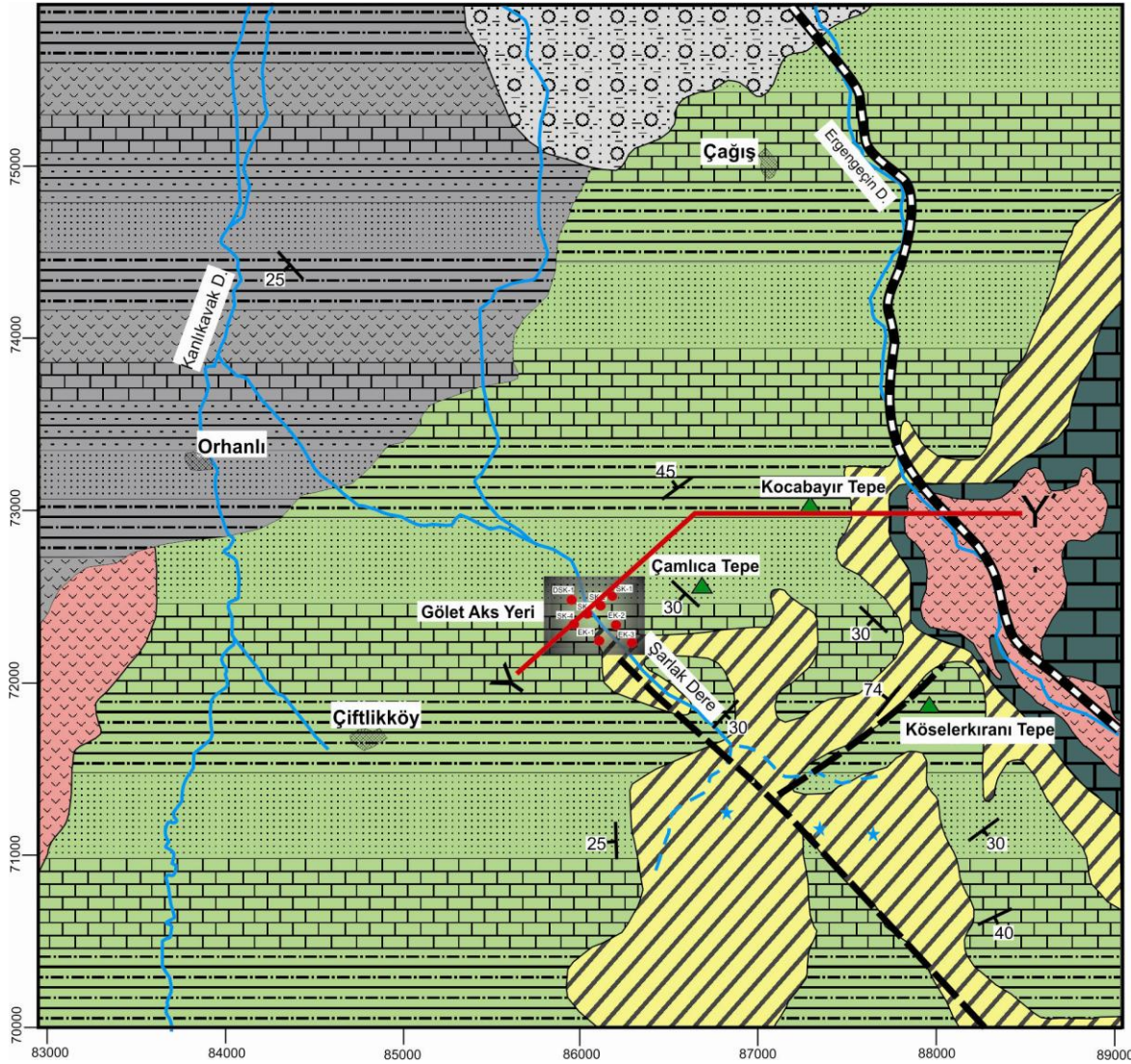
3. BULGULAR

3.1 Çağış Köyü (Balıkesir) ve Yakın Çevresinin Jeolojisi

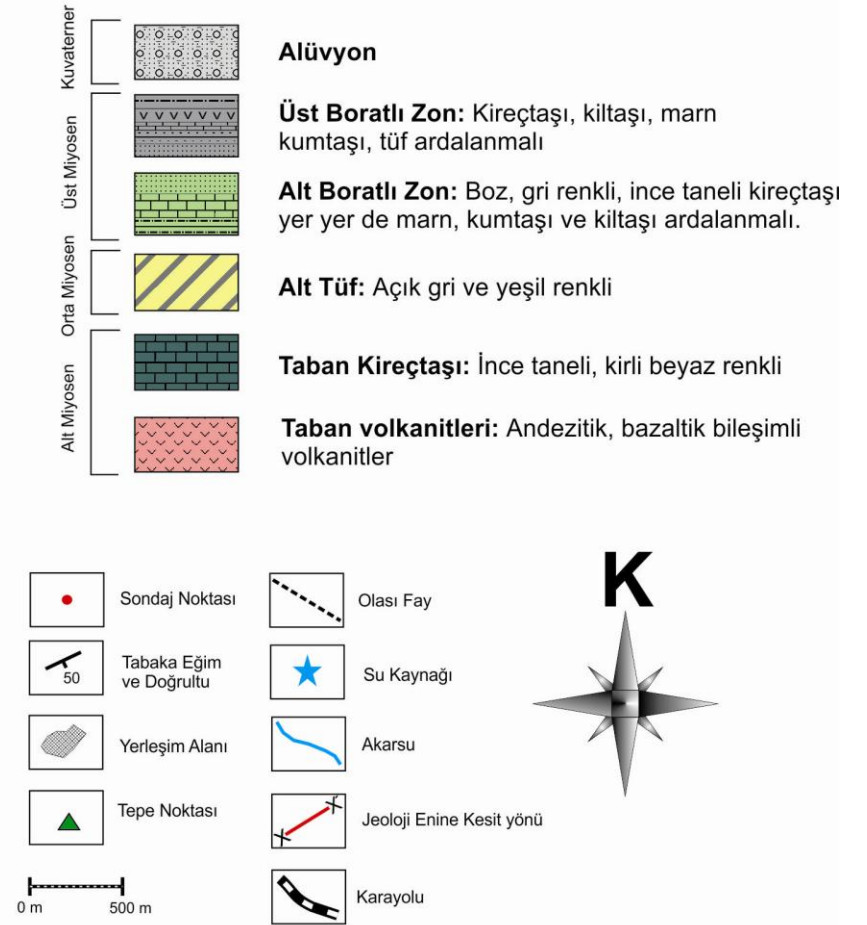
Çağış Köyü ve yakın çevresinde Bigadiç havzasında bulunan Miyosen yaşlı birimler gözlenmiştir. Çalışma alanında gözlenen Miyosen yaşlı birimlerin alttan üste doğru dizilimi şöyledir: taban volkaniti birimi, taban kireçtaşı birimi, alt tuf birimi, alt boratlı birim, üst tuf birimi, üst boratlı birim ve alüvyon (Şekil 3.1).

Miyosen yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak genç tortullar ve genç tortulların üzerine yine uyumsuz olarak alüvyon gelir. İnceleme alanı çevresinde, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı kayalardan oluşan temelde, Miyosen öncesinde meydana gelen blok faylanmalar ve dislokasyon sonucu farklı yükselme ve alçalmalar meydana gelmiştir. Bunun sonucu irili, ufaklı birçok dağ arası playa göl tipi çökelim havzaları oluşmuştur. Buralarda Miyosen tortulları çökelmişlerdir (Helvacı vd., 1991).

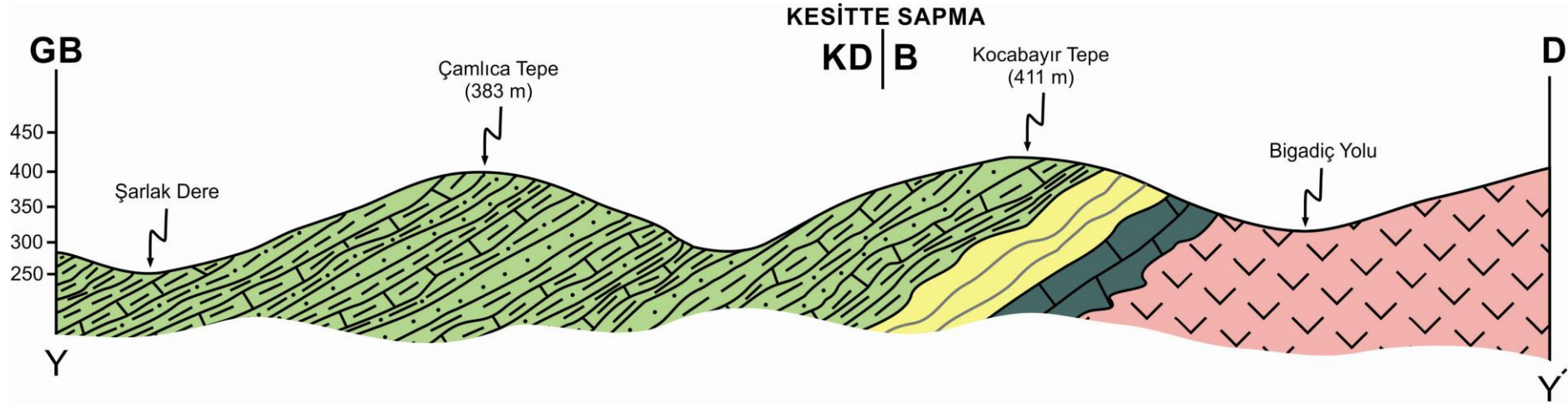
Çağış bölgesi ve civarında geniş yayılım gösteren Alt Boratlı birim ile Alt Tuf dokanağı uyumlu olarak gözlemlenmiştir. Bu kesimlerde yapılan ölçümlerle tabakaların batı ve güneybatıya eğimli oldukları tespit edilmiştir. Yine gölet aks yerinin güneydoğusunda Alt Tuf ile Alt Boratlı birim arasında 2 adet olası fay belirlenmiştir. KB-GD uzanımlı olan olası fayın doğrultusu göleti besleyecek olan Şarlak derenin doğrultusu ile aynıdır. Gölet aks yerinin doğusunda ve güneydoğusunda yer alan bu iki birimin dokanak ilişkisini ve daha doğuda yer alan Taban Volkanitleri ile ilişkilerini belirlemek amacıyla bir enine jeolojik kesit hazırlanmıştır ve bu kesit GB-KD ve B-D bileşimli şekilde kırık bir kesit olarak hazırlanmıştır (Şekil 3.2).



AÇIKLAMALAR



Şekil 3.1: Çağış-Bigadiç Bölgesinin Jeoloji Haritası (Yüksel 2006'dan değiştirilerek).



AÇIKLAMALAR

Üst Miyosen		Alt Boratlı Zon: Boz, gri renkli, ince taneli kireçtaşı yer yer de marn, kumtaşı ve kıltaşı ardalımalı
Orta Miyosen		Alt Tüf: Açık gri ve yeşil renkli
Alt Miyosen		Taban Kireçtaşı: İnce taneli, kirli beyaz renkli
		Taban volkanitleri: Andezitik, bazaltik bileşimli volkanitler

Şekil 3.2: Çalışma alanında Y-Y' hattından alınan enine jeolojik kesit.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KALINLIK (M)	KAYA TÜRÜ	KAYA TÜRÜ AÇIKLAMASI
SENZOYİK	TERSİYER	Q	~100		Alüvyon
		ÜST MİYOSEN	~400		Üst Boratlı Zon: Kireçtaşı, kiltası, marn kumtaşı, tuf aralanmalı
					Alt Boratlı Zon: Boz, gri renkli ince taneli kireçtaşı, yer yer de marn, kumtaşı ve kiltası aralanmalı
		ORTA MİYOSEN	~140		Alt tuf: Açık gri ve yeşil renkli
		ALT MİYOSEN	~130		Taban Kireçtaşı: İnce taneli, kirli beyaz renkli, sert ve yer yer de silisifiye
			~400		Taban Volkanitleri: Andezitik bazaltlar tuf ve aglomera
		PALEOSEN			Bornova Filişi: Rekristalize kireçtaşı, radyolarit ve ofiyolitik kayalar

Şekil 3.3: Çaçış-Bigadiç bölgesinin stratigrafik kolon kesiti (Yüksel 2006).

3.1.1 Bornova Filişi Zonu

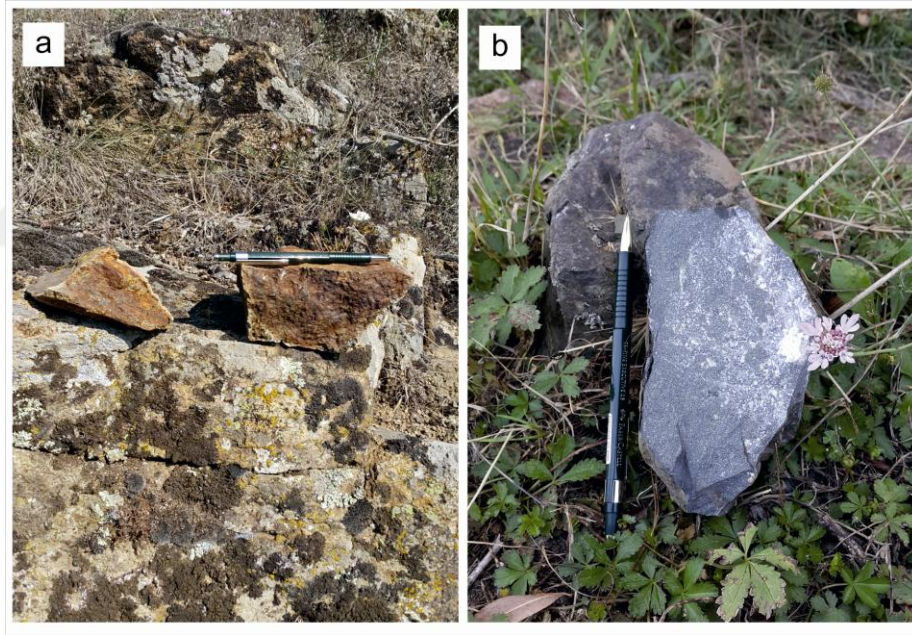
İnceleme alanının temelini rekristalize kireçtaşı, radyolarit, metakumtaşı ve ofiyolitik kayalardan oluşan Bornova Filiş Zonu oluşturmaktadır. Bornova Fliş Zonu Mastrihtiyen-Daniyen yaşında bir matris ve bu matris içerisinde yer alan boyları 20 km'yi geçen neritik kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır (Okay ve Altınar, 2007; Erdoğan ve Güngör, 1992). Erdoğan ve Güngör (1992) matris ile sarılmış bu kireçtaşı bloklarının Triyas'tan Kampaniyen'e kadar değişik yaşlar verdiğine değinmişlerdir (Erdoğan ve Güngör, 1992).

3.1.2 Taban Volkanitleri (Tv)

İnceleme alanının doğu kesiminde yüzeyleyen Taban Volkaniti biriminin alt sınırı gözlenememiştir. Üst sınırı ise, bu birimi uyumsuz olarak örten Taban Kireçtaşı, Alt Tüf ve Alt Boratlı birimleri ile belirlenmektedir. Taban Kireçtaşı birimi ile olan dokanak Köselerkıranı ile Kocabayır tepelerinin doğusunda belirgin olarak gözlenmektedir.

Alt ve üst sınırlarının uyumsuzluklarla belirlenmiş olması, yerleşim özellikleri nedeniyle, Taban Volkaniti biriminin kalınlığının sağlıklı bir biçimde saptanması mümkün olmamıştır.

Taban Volkaniti için Gündoğdu (1984) tarafından verilmiş olan Alt Miyosen yaşı, bu çalışmada da kabul edilmiştir.



Şekil 3.4: Taban volkanitlerine ait bazaltik-andezitler, (a) bozunma renkleri (b) taze yüzey renkleri.

Batı Anadolu'da geniş yayılım gösteren Neojen yaşı andezitik-bazaltik kayalar ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır. (Özpeker, 1969; Borsi vd., 1972; Fytikas vd., 1976; Bingöl, 1977; Ercan, 1979; Gündoğdu, 1984). Bu araştırmacılar bazaltik andezitik bileşimli olan bu kayaların Alt Miyosen-Üst Pliyosen süresince gelişen volkanizmanın ürünleri olduğunu belirtmektedir.

Bu çalışmada tanımlanan Taban Volkaniti birimi Gündoğdu'nun (1984) tanımladığı "Taban Volkanitleri"ne eşdeğerdir.

İnceleme alanında fazla yayılım göstermese de Bigadiç havzasının tabanında yer almakta olup, bölgedeki Alt Miyosen yaşlı volkanizmanın ilk ürünleridir ve özellikle görsel fasiyesteki daha genç birimler için paleotopografyayı oluşturmuşlardır.

3.1.3 Taban Kireçtaşı Birimi (Tk)

İnceleme alanında kireçtaşı, kiltası, tuf ar dalanması şeklinde gelişmiş olan taban kireçtaşı basenin Neojen yaşlı ilk sedimanter birimidir.

Beyaz, sarımsı beyaz, yeşil, krem ve bej renkli ince katmanlı ve laminalı, marn, kireçtaşı, kiltası, dolomitik kireçtaşı ve tüflerden oluşan birim çalışma alanı içinde küçük tepeleri oluştururlar. Birim, ince tabakalı, bol çatlaklı ve kırıklı bir yapıya sahip dolomitik kireçtaşı ile başlar. Dolomitik kireçtaşının üzerine tuf bantlı paketli kireçtaşı marn ar dalanması gelir.

Çalışma alanının doğusunda gözlenen bu birim Taban Volkaniti üzerinde uyumsuz yer almakta olup, birimin üst sınırı ise Alt Tuf Birimi ile uyumlu olarak örtülmektedir.

Taban Kireçtaşlarının gerek karbonatlı, gerekse killi seviyelerinden alınan örneklerde makro ve mikro fosil bulunamamıştır. Ancak, birimin altında yer alan Alt Miyosen yaşlı Taban Volkanitlerini ve üstünde yer alan birimlerde saptanmış Üst Miyosen yaşına dayanarak (Gündoğdu) taban kireçtaşlarının Orta Miyosen yaşlı olabileceği kanısına varılmıştır.



Şekil: 3.5: Çağış Köyü civarında gözlenen taban kireçtaşları.

Taban Kireçtaşları, Özpeker (1969) tarafından tanımlanan "Taban Kireçtaşları" ve Gündoğdu'nun (1984) tanımladığı "Avşarbaşı Üyesi" ile eşdeğerdir.

Birimin alt seviyelerinde gözlenen dolomitik ve silisli kireçtaşları, Orta Miyosen'den itibaren gelişen gösel bir ortamda, sedimantasyonun kimyasal olarak başladığını daha sonra epiklastik ve piroklastik malzeme getirimi ile Taban Kireçtaşı biriminin orta ve üst seviyelerinin çökeldiğini göstermektedir (Şekil 3.5).

3.1.4 Alt Tüf Birimi (At)

Alt tüf birimi çalışma alanına oldukça yakın güneydoğu kesimlerinde Köselerkıranı tepe, Çamlıca tepe ve çevrelerini kapsayan alanda yüzeylenmektedir.

Alt tüf birimi kayaçları ayrıca yer yer küçük mosrtalar halinde çalışma alanının diğer yörelerinde de yüzeylenmektedir.

Bu birim içinde bentonitleşmeler bulunmaktadır ve yeşil-beyaz renklidirler. Çalışma sahasındaki Şarлак derenin kuzeyinde ve günaybatısında da iki adet kil ocağı bulunmaktadır. Alt Tüf, volkanik kaynaktan püskürme ile atılan, baskın olarak kül boyutundaki piroklastik malzemenin göle ve karaya düşmesiyle oluşmuştur (Şekil 3.6). Alt Tüf, Taban Tireçtaşını uyumlu olarak üstlemektedir. Taban Kireçtaşının görülemediği yerlerde ise uyumsuz olarak taban volkaniklerini üstler (Helvacı vd., 1991).

Bölgedeki gösel havzada, tabanda yer alan kireçtaşlarının çökmesinden sonra asidik bir volkanizma yeniden etkin olmuş ve şiddetli püskürmelerle çevreye

saçılan küller ve tüfler göl içine düşerek ya da akarsularla taşınarak çökelime katılmışlar ve birimi oluşturmuşlardır.

Taban Kireçtaşı üzerinde uyumlu olarak yer alan gösel fasiyesteki Alt Tüf Birimini oluşturan kayalarda fosil bulunmamaktadır. Bu birimin yaşı, alt ve üst sınırlarını belirleyen Taban Kireçtaşı ile Alt Boratlı Birimin yaşlarına göre Üst Miyosen olarak kabul edilmiştir (Gündoğdu, 1984).

Çakır ve Dünder'in (1982) "Alt Tüflü Birimi" ve Gündoğdu (1984) tarafından tanımlanan "Değirmenli Tüf Üyesi" ile eşdeğerdir. Bölgede, ilk volkanosedimanter kayalara Orta-üst Miyosen yaşlı Taban Kireçtaşı birimi içerisinde ince tüf seviyeleri halinde rastlanmaktadır. Ancak, Alt Tüf biriminin gösel ve karasal fasiyeslerinin çökelişi için, piroklastik malzeme getirimi üst Miyosende başlamıştır.



Şekil 3.6: Şarлак dere kuzey doğusunda kısmen gözlenen Alt Tüf Birim.

3.1.5 Alt Boratlı Zon (Ab)

Çalışma alanında, alt tüf üzerinde uyumlu olarak yer alan alt boratlı zon, esas olarak ince taneli kireçtaşı, yer yer de marn, kumtaşı ve kiltası aralanmalarından meydana gelir (Şekil 3.7). Marn düzeyleri çok ince taneli ve ince katmanlıdır. İnce

taneli kireçtaşları belirgin kalsit çimentolu ve gri renklidir .Altındaki Alt tuf ile olan dokanağı uyumludur (Helvacı vd., 1991).

Alt tufün kaynağı olan çevredeki volkanizma sona erdikten sonra yeniden sakin bir dönem başlamış ve gölsel havzada bu çökel kaya birimleri oluşmaya başlamışlardır ve yaklaşık 110 m kalınlıktadır. Diğer araştırmacılar bu alt boratlı zonu Yeniköy Kireçtaşı üyesi olarak adlandırmışlardır (Ercan, 1984).



Şekil 3.7: Şarлак dere civarında gözlenen Alt Boratlı Birime ait kıltaşı-marn ar dalanması.

Alt Boratlı birim, Özpeker'in (1969) "marn, kalker, gre serisi", Çakır ve Dünder'in (1982) "Alt Boratlı Birim"i ve Gündoğdu'nun (1984) "Bigadiç Formasyonu Uzuntepe Üyesi" ile eşdeğ erdir. Alt Boratlı birimin litolojik özellikleri, bu birimin havzada etkin olan volkanik aktivitenin son evrelerinde çökeldiğini göstermektedir. Alt Boratlı birim içerisinde gözlenen kalın tuf seviyeleri, bu birimin çökmesi sırasından volkanizmanın fasılalarla sürdürdüğ ünü, ancak, ortamda meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişiklikler nedeniyle de karbonat sedimantasyonu ve borat oluşumunun yanısıra epiklastik malzeme getiriminin de etkin olduğunu göstermektedir. Alt Boratlı birimin konglomera fasiyesinin oluşumuna ilişkin kesin görüşler ortaya konulabilmesi için, ayrıntılı sedimantolojik-sedimenter petrografik çalışmaların yapılması gerekli görülmektedir.

Tabanda ince katmanlı tuf bantlı kıltaşı – kireçtaşı – marn ar dalanmasıyla başlar. Bu ar dalanma üzerine kıltaşı gelir ve bunun da üzerine kırmızımsı kahverengi laminalı kıltaşı gelir. Daha sonra bu birimlerin üstünde ince ve orta

katmanlı tuf ve kireçtaşı bantlı kiltası – kireçtaşı ardalanması yer alır. Bu zon, üstte, yer yer çört bantlı kalın katmanlı kireçtaşı ile son bulur (Helvacı vd., 1991).

Genellikle kireçtaşı kısmen de kiltası, marn ve kumtaşı düzeyleri ardalanmalarından oluşup, en çok 400 m kalınlığa erişebilmektedir. Üst boratlı zon, volkanik etkinliğin azalmasından sonra, gösel havzada en son çökelmiş ve yer yer de tufit düzeyleri içermesi nedeniyle yüksek kalınlığa erişmiştir (Ercan, 1984).

3.1.6 Üst Boratlı Zon

Tabanda ince katmanlı tuf bantlı kiltası – kireçtaşı – marn ardalanmasıyla başlar. Bu ardalanma üzerine kiltası gelir ve bunun da üzerine kırmızımsı kahverengi laminalı kiltası gelir. Daha sonra bu birimlerin üstünde ince ve orta katmanlı tuf ve kireçtaşı bantlı kiltası – kireçtaşı ardalanması yer alır. Bu zon, üstte, yer yer çört bantlı kalın katmanlı kireçtaşı ile son bulur.

Genellikle kireçtaşı kısmen de kiltası, marn ve kumtaşı düzeyleri ardalanmalarından oluşup, en çok 400 m kalınlığa erişebilmektedir. Üst boratlı zon, volkanik etkinliğin azalmasından sonra, gösel havzada en son çökelmiş ve yer yer de tufit düzeyleri içermesi nedeniyle yüksek kalınlığa erişmiştir.

İskele kireçtaşı üyesi olarak adlandırılan üst boratlı zon, tabanda üst tuf üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Tavanda ise bu zonu genç tortullar uyumsuz olarak üstlemektedir.

3.1.7 Alüvyon (PQç)

Birim tabanda çakıllarını kireçtaşının oluşturduğu konglomera ile başlar. Konglomera üzerine kiltası, kumtaşı ve çakıltası bantlı silttaşı gelir. Birim içindeki silttaşı parlak gri, yer yer sarımsı kırmızı renkli olup ince katmanlıdır. Kiltası ise sarımsı kırmızı olup laminalıdır. Birimin kalınlığı 3 - 180 m arasında değişmektedir. Birim tabanda üst boratlı birim üzerine uyumsuzlukla oturur. Tavanda ise birimin üzerine uyumsuzlukla alüvyon gelir.

Birim, Neojen öncesi ve Neojen yaşlı birimlerinden türemiştir. Tüm birimlerin üzerini uyumsuzlukla örten alüvyon, temel kayaların ve Neojen yaşlı birimlerin çakıl, kum ve killere ibarettir (Helvacı vd., 1991).

3.2 Yapısal Jeoloji

Gölet alanı ve çevresinin yapısal jeolojisi mühendislik yapılarının uygun bir şekilde seçilebilmesi için oldukça önemlidir. Bölgenin yapısal jeolojisi, tabakaların kalınlığı-eğimi, kırıklar, çatlaklar ve faylar gibi faktörler baraj tipi seçiminde oldukça önemlidir. Bu çalışma kapsamında, gölet aks yeri ve yakın çevresinin yapısal özellikleri sondajlar ve arazi incelemeleri ile birlikte yorumlanarak değerlendirilmiştir. Gölet aks yeri ve rezervuar alanı bitki örtüsüyle kaplı olması süreksizlik ölçümlerinin alınmasını kısıtlamıştır.

3.2.1 Faylar

İnceleme alanında önceki çalışmalardan da faydalanarak belli başlı faylar tespit edilmiştir. Çağış göletini besleyecek olan Şarlak derenin sağ yamacının hemen arkasında yer alan kil ocağı içerisinde bir eğim atımlı normal fay gözlenmiştir (Şekil 3.8).

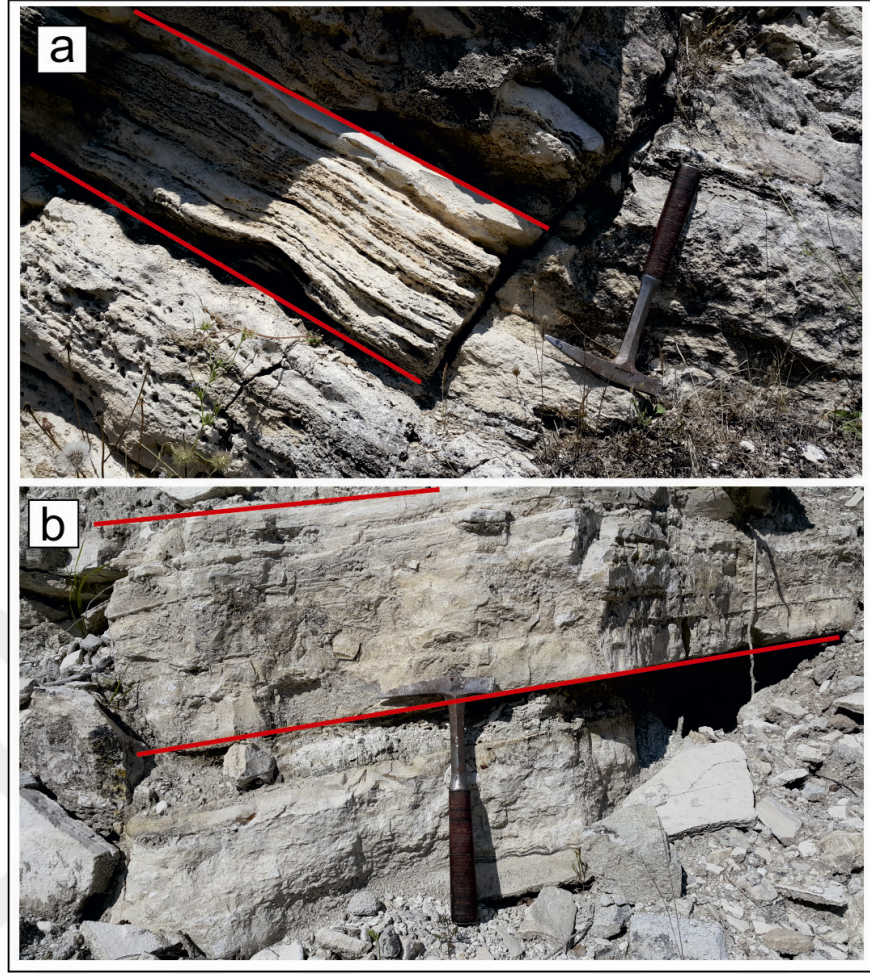


Şekil 3.8: Şarlak dere doğusunda gözlenen eğim atımlı normal fay.

Şarlak dere doğusunda yer alan Köselerkıranı tepenin her iki yamacında da olası faylar tespit edilmiştir. Alt Boratlı Zon ile Alt Tüf birimleri arasında gözlenen bu fayların doğrultuları KB-GD ve KD-GB şeklindedir.

3.2.2 Tabakalanma

İnceleme alanında gözlenen killi kireçtaşı biriminde tabaka ölçümleri alınmıştır. Tabaka kalınlıkları 30 ile 40 cm arasında değişmektedir (Şekil 3.9). Çağış Gölet yerinde ve çevresinde tektonizma sebebiyle çok sayıda küçük ve büyük ölçekli kıvrımlar oluşmuştur ve tabaka duruşları bu kıvrımlara göre değişkenlik göstermektedir. Alınan ölçümler sonucunda tabaka eğimlerinin yaklaşık olarak 30 ile 45 arasında değiştiği tespit edilmiştir.



Şekil 3.9: Killi kireçtaşlarında gözlenen tabakalanma (a,b).

3.3 Rezervuar Alanının Jeolojisi

Sulama amaçlı yapılması planlanan Çağış Göleti, Çağış Köyü'nün yaklaşık 3 km güneyinde ve Şarлак Deresi üzerinde inşa edilecektir (Şekil 3.10). Gölet aks yeri ve rezervuar alanındaki birimleri tanımlamak amacıyla bu alanın ayrıntılı jeoloji çalışması yapılmıştır.

Arazi çalışmaları ile birlikte yapılan sondaj çalışmaları birlikte yorumlanmış ve gölet aks yeri ve rezervuar alanında temel olarak Orta Miyosen yaşlı alt tuf, Üst Miyosen yaşlı alt boratlı zon ve Kuvaterner yaşlı alüvyon yer almaktadır.

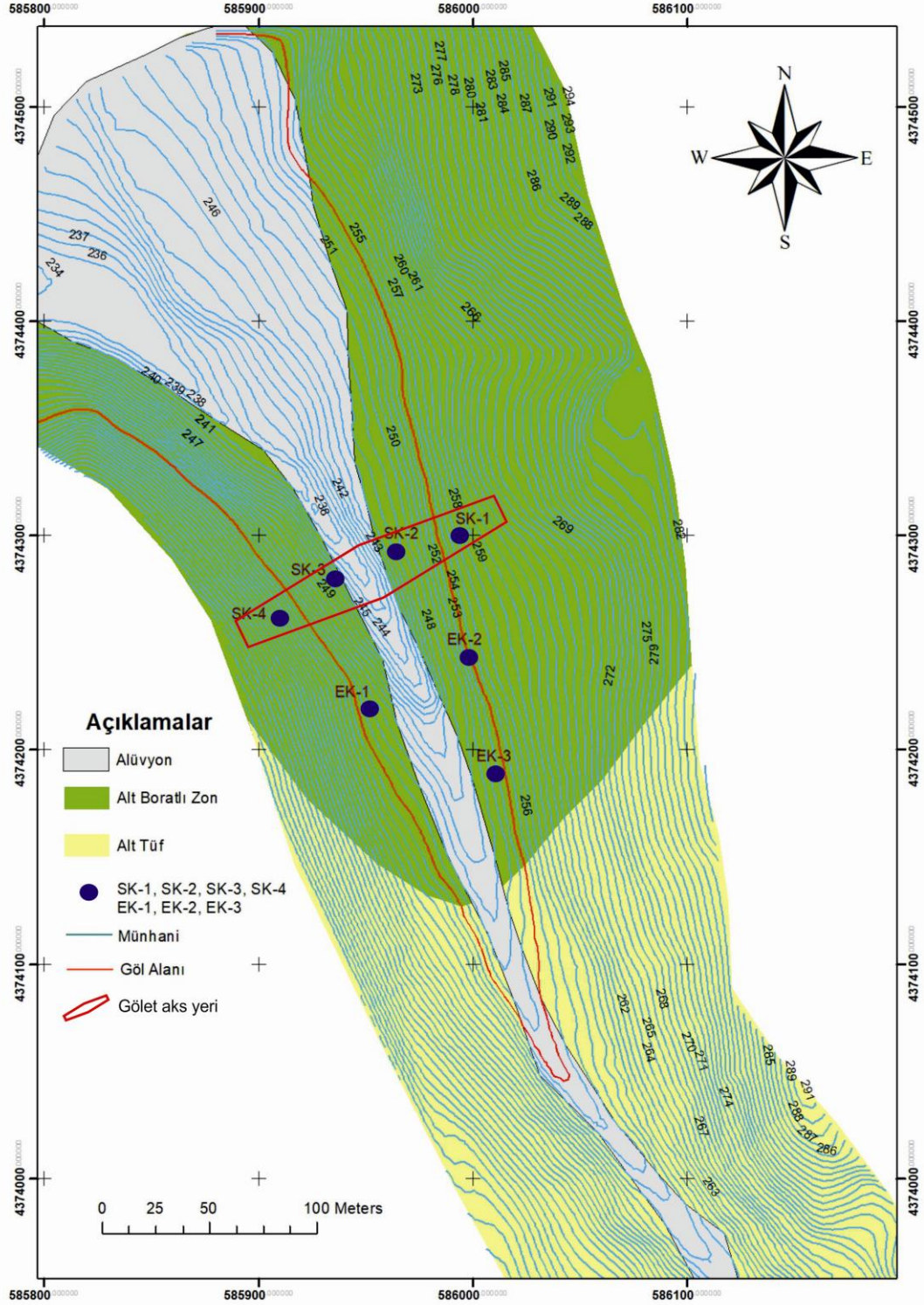


Şekil 3.10: Çağış gölet yerinin sağ sahilden görünümü.

Alt tuf, volkanik kaynaktan püskürme ile atılan, baskın olarak kül boyutundaki piroklastik malzemenin göle ve karaya düşmesiyle oluşmuştur. Bu birim içinde bentonitleşmeler bulunmaktadır ve yeşil-beyaz renklidirler. Çalışma sahasındaki Şarлак derenin kuzeyinde ve güneybatısında da iki adet kil ocağı bulunmaktadır.

Alt boratlı zon, çalışma alanında alt tuf üzerinde uyumlu olarak yer alır. Paket halinde arazide gözlenen alt boratlı zonda ince taneli kireçtaşı, yer yer de marn, kumtaşı ve kiltası ardalanmaları bulunmaktadır.

Şarлак Deresi vadi tabanında bulunan alüvyonlar kireçtaşı ve volkanik kökenlidir. Alüvyonlar çakıl ve kum boyutlu malzemedan oluşmuştur. Sondajlarda 1,5-2 metre kesildiği tespit edilmiştir.



Şekil 3.11: Çağış Göleti yeri jeoloji haritası.

3.4 Depremsellik

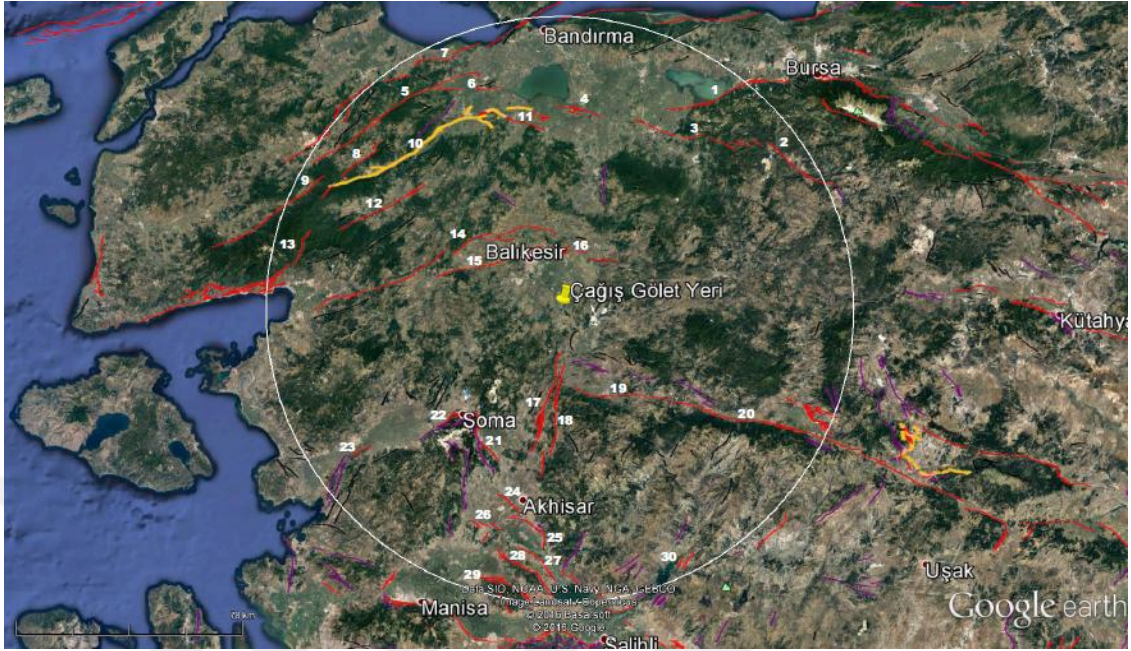
3.4.1 Çağış Göleti Yeri için Senaryo Depremin ve En Büyük Yatay Yer İvmesinin Tahmin Edilmesi

Balıkesir yöresinde şimdiye kadar meydana gelmiş olan en büyük deprem 18.03.1953 günü Yenice-Gönen Fayı üzerinde gerçekleşmiş olup, $M_s=7.2$ büyüklüğündedir. Bu depremin episantr noktasının Çağış Gölet yerine mesafesi 72 km'dir (Şekil 3.12). Bigadiç yöresinde 15.11.1942 günü meydana gelen 6.1 büyüklüğündeki deprem 7 can kaybına ve 1262 binanın hasar görmesine neden olmuştur. Genel olarak Balıkesir yöresinde meydana gelen büyük depremlerin magnitüdü genellikle 6 ile 7.2 arasında değişmektedir. Emre vd. (2012), Balıkesir yöresindeki diri fayların uzunluğu ve niteliği ile deprem büyüklüğü arasındaki ilişkilere göre Wells ve Coppersmith (1994) tarafından önerilen ampirik yaklaşımla, bölgedeki fayların gelecekte 7 büyüklüğünde deprem üretebileceklerini belirtmektedirler.

Çağış Göleti için en kritik deprem senaryosunun belirlenmesinde MTA'nın 2012 yılında güncellediği Türkiye diri fay haritasından inceleme alanına en fazla 100 km uzağındaki diri faylar dikkate alınmıştır (Şekil 3.12). Söz konusu fayların (ve segmentlerinin) iz uzunluğu, Çağış Göleti'ne uzaklığı ve oluşturabilecekleri deprem büyüklükleri Tablo 3.1'de verilmiştir. Tablo 3.1'de verilen fayların potansiyel deprem büyüklüğünün ve olası en büyük yatay ivmenin belirlenmesi açısından dikkate alındığında, inceleme alanının için Havran-Balıkesir Fay Zonu, Balıkesir Fayı ve Simav Fay Zonu'nun daha fazla öneme sahip oldukları görülmektedir. Bu nedenle bu fay zonları aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Havran - Balıkesir Fay Zonu Biga yarımadası güneydoğusunda Balıkesir il sınırları içinde, Edremit Körfezi ile Kepsut arasında uzanan sağ yönlü doğrultu atımlı aktif fay sistemidir (Şaroğlu vd; 1987, 1992). Toplam uzunluğu 120 km' yi bulan ve KD-GB uzanımlı olan bu fay sistemi, tepe noktası Balıkesir il merkezi kuzeyinde yer alan, güneye doğru geniş bir büküm yapar ve büküm doğusunda KB-GD doğrultusunu kazanır (Şekil 3.12). Söz konusu bükümü oluşturan faylar sağ yönlü

doğrultu atımlı faylardır (Emre vd., 2012). Söz konusu fay zonu Havran- Balya ve Balıkesir fayı olmak üzere iki fay altında incelenmektedir.



Şekil 3.12: Çarşı Gölü'ne en fazla 100 km uzaklıkta kalan alandaki aktif faylar (MTA 2013) (1:Ulubat fayı, 2:Orhaneli fayı, 3:Mustafa Kemalpaşa fayı, 4: Mustafa Kemalpaşa fayı, 5:Sarıköy Fayı, 6:Gündoğan fayı, 7:Sinekçi fayı, 8:Bekten fayı, 9:Evciler fayı, 10:Yenice Gönen fayı, 11:Manyas fay zonu, 12:Pazarköy fayı, 13:Edremit fay zonu, 14:Havran Balya fay zonu, 15:Balıkesir fayı, 16:Balıkesir fayı, 17:Gelenbe fay zonu, 18:Gelenbe fay zonu, 19:Simav fay zonu, 20:Simav fay zonu, 21:Soma Kırkağaç fay zonu, 22: Soma Kırkağaç fay zonu, 23:Bergama fayı, 24:Gediz Graben sistemi, 25: Gediz Graben sistemi, 26: Gediz Graben sistemi, 27: Gediz Graben sistemi, 28: Gediz Graben sistemi, 29: Gediz Graben sistemi, 30:Köprübaşı fay zonu).

Havran-Balya fayı; Balıkesir ilinin Havran ve Balya ilçe merkezleri arasında uzanan faydır. K65D genel doğrultuludur ve 90 km uzunluktadır. Birbirini sağ yönde aşmalı sekmelerle izleyen dört alt segmente ayrılır (Emre vd., 2012). Emre vd (2012) e göre jeomorfolojik verilerfayın Holosen' de yüzey yırtılmasıyla sonuçlanmış büyük depremlere kaynaklık ettiğini gösterir.

Balıkesir Fayı; İvrindi- Kepsut ilçeleri arasında D-B genel doğrultusunda güneye doğru iç bükey olarak uzanır. Toplam 65 km uzunlukta sağ yönlü doğrultu atımlı bir faydır (Emre vd., 2012). Balıkesir kent merkezi yakın kuzeyinde güneye iç bükey yaptığı büküm ile karakteristiktir. Bu büküm Balıkesir fayını batı ve doğu olmak üzere iki segmente ayırır (Emre vd., 2012). Balıkesir fayının yaşı ve toplam atımı hakkında kesin veri yoktur. Fay tarafından kesilen Kuvaterner öncesi yaşlı en

genç birim Miyosen yaşlıdır. Fayın oluşturduğu büklümün güneyinde gelişmiş olan Balıkesir havzasında Kuvaterner' den daha yaşlı çökellere rastlanmamıştır (Emre vd., 2012). Bu verilere göre fayın Pliyosen yaşlı olduğu söylenebilmektedir. Balıkesir il yerleşkesine çok yakın oluşu nedeniyle fayın deprem tehlikesinin anlaşılması için yapılabilecek olan paleosismolojik araştırmalar önem taşımaktadır (Emre vd., 2012). 1897 yılında Balıkesir il merkezinde büyük hasara neden olan depremin bu fayla ilişkili olduğu tahmin edilmektedir (Emre ve diğ. 2009). Ayrıca aletsel dönemde bu fay zonuna yakın alanlarda magnitudü 5-6 arasında olan 2 deprem gelişmiştir (Emre vd. 2012). Kepsut Çayı'nın bu fay boyunca 500 m ötelendiği, ayrıca bu fayın Gökçeyazı segmentinin üretebileceği en büyük depremin büyüklüğünün Mw: 7.0 olabileceği belirtilmiştir (Emre vd. 2012).

Simav Fayı; doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu ile normal faylarla temsil edilen Ege açılma bölgesi arasında yer alan Eskişehir Fayı'nın ve yine yakın civarında önemli bir tektonik unsur olan Kütahya Fayı'nın güneybatısında yer alır. Ege'de genellikle normal faylarla temsil edilen açılma bölgesinin ise; kuzeydoğusunda yer alır. İnceleme alanının en önemli tektonik unsuru olan Simav fayı, Sındırgı (Balıkesir)-Sincanlı (Afyon) arasında KB-GD genel doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı ve yaklaşık 205 km uzunluğunda diri bir fay sistemidir. Bekler vd., (2011) Simav Fayı ile Kütahya Fayı arasında kalan (Emet Orta Batı Anadolu) bölgede oluşan depremlerin optimum kaynak parametrelerinin analizi sonucu bölgede KKD-GGB doğrultulu bir açılma rejiminin hakim olduğunu tespit etmişlerdir. (Bekler vd. 2011). Kartal ve Kadirlioğlu (2014) ise Simav fayı üzerinde yaptıkları çalışmada, "Aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük olan depremlerin P dalgası ilk hareketine göre yapılan odak mekanizması çözümlerinin baskın olarak normal faylanmayı işaret ettiğini belirtmektedirler. Genellikle Miyosen yaşlı birimleri kesmiştir. Simav Fay Zonu üzerinde gelişen depremlerin magnitudleri genellikle 5-6 arasında yer almaktadır (Emre vd. 2011). 19 Mayıs 2011 günü Simav ilçesinin yaklaşık 10 km kuzeydoğusunda Magnitudü 5.8, odak derinliği ise 9.1 km olan deprem meydana gelmiştir. Emre vd. (2012) Simav Fayı'nın Balıkesir paftasında kalan batı kısmının magnitudü (Mw) 6.9 ile 7.3 arasında değişen büyüklüklerde depremler üretebilecek potansiyeli olduğunu belirtmektedirler.

Tablo 3.1: Çağış Göleti'ne 100 km uzaklıktaki alanlarda yer alan fayların (ve segmentlerinin) iz uzunluğu, Çağış Göleti'ne uzaklığı ve oluşturabilecekleri deprem büyüklükleri.

No	Fay	Segment	Re	SRL	M _w	a _{max}
1	ULUBAT FAYI	2	81.170	33,11	6,8	<100
2	ORHANELİ FAYI	2	92.065	20,04	6,6	<100
3	MUSTAFA KEMAL PAŞA FAYI	2	74.202	43,48	7	<100
4	MUSTAFA KEMAL PAŞA FAYI	2	67	15,63	6,5	<100
5	SARIKÖY FAYI	2	88.413	64,44	7,2	<100
6	GÜNDOĞAN FAYI	2	77.941	22,97	6,7	<100
7	SİNEKÇİ FAYI	2	92,3	33,36	6,8	<100
8	BEKTEN FAYI	2	84,64	16,2	6,5	<100
9	EVCİLER FAYI	2	94,05	46,4	7	<100
10	YENİCE GÖNEN FAYI		71.501	88,1	7,3	<100
11	MANYAS FAY ZONU	1	61,61	15,22	6,5	<100
12	PAZARKÖY FAYI	2	65,33	33,63	6,9	<100
13	EDREMİT FAY ZONU		90,99	71,7	7,2	<100
14	<u>HAVRAN-BALYA FAY ZONU</u>		<u>28,2</u>	<u>85,3</u>	<u>7,2</u>	<u>239</u>
15	<u>BALIKESİR FAYI</u>	<u>GÖKÇEYAZI SEGMENTİ</u>	<u>18,2</u>	<u>39,2</u>	<u>6,9</u>	<u>224</u>
16	<u>BALIKESİR FAYI</u>	<u>KEPSUT SEGMENTİ</u>	<u>20,43</u>	<u>27,3</u>	<u>6,7</u>	<u>187</u>
17	GELENBE FAY ZONU	BATI SEGMENT	26,13	34,65	6,9	180
18	GELENBE FAY ZONU	DOĞU SEGMENT	27,22	25,81	6,7	<100
19	<u>SİMAV FAY ZONU</u>	<u>SINDIRGI SEGMENTİ</u>	<u>28,86</u>	<u>47,8</u>	<u>7</u>	<u>191</u>
20	SİMAV FAY ZONU	ÇAY SİMAV SEGMENTİ	50,3	24,27	6,7	<100
21	SOMA-KIRKAĞAÇ FAY ZONU		48,6	39,3	6,9	116
22	SOMA-KIRKAĞAÇ FAY ZONU		49,74	31,7	6,8	104
23	BERGAMA FAYI		78,08	9,3	6,2	<100
24	GEDİZ GRABEN FAY SİSTEMİ	AKHİSAR FAYI	65,46	11,9	6,3	<100
25	GEDİZ GRABEN FAY SİSTEMİ	AKSELENDİ FAYI	73,89	15,66	6,5	<100
26	GEDİZ GRABEN FAY SİSTEMİ	MUSTAFA KEMAL PAŞA	77,48	4,9	5,9	<100
27	GEDİZ GRABEN FAY SİSTEMİ	GÖLMARMARA FAYI	81,88	18,4	6,5	<100
28	GEDİZ GRABEN FAY SİSTEMİ	MUSTAFA KEMAL PAŞA	85,48	28,2	6,8	<100
29	GEDİZ GRABEN FAY SİSTEMİ	HALİTPAŞA FAYI	94,59	24,7	6,7	<100
30	KÖPRÜBAŞI FAY ZONU		93,55	9,05	6,2	<100

Re: Çağış Gölet yerinden uzaklık (km), SRL: fay izi uzunluğu (km), a_{max} : senaryo deprem nedeniyle Çağış Gölet yerinde oluşacak en büyük yer ivmesi (gal)

İnceleme alanını etkileyecek en büyük yer ivmesini elde edebilmek için olası deprem senaryoları öngörülmüştür. Bu amaç için önce MTA'nın en son 2012'de güncellediği Türkiye diri fay haritasından yararlanılarak söz konusu alana uzaklığı en fazla 100 km olan faylar seçilmiş (Şekil 3.12) ve daha sonra Wells ve Coppersmith (1994) tarafından önerilen eşitlik (Eşitlik 3.1) yardımıyla söz konusu fayların üretebileceği olası depremlerin Moment büyüklüğü (M_w) değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3.1).

$$M_w = a + b \log (SRL) \quad (3.1)$$

Yukarıdaki eşitlikte, SRL beklenen yüzey kırığının (ya da tasarım depremini üretmesi beklenen fay segmentinin) uzunluğu km olup, a ve b katsayıları fayın türüne bağlıdır ve Tablo 3.2'den alınmıştır.

Tablo 3.2: Fay segmenti yaklaşımı ile senaryo deprem büyüklüğünü veren eşitlikteki a ve b katsayıları (Wells ve Coppersmith, 1994).

Fay Türü	a katsayısı	b katsayısı
Doğrultu atımlı fay	5.16	1.12
Normal fay	4.86	1.32
Ters fay	5.00	1.22
Tüm fay türleri	5.08	1.16

Senaryo depremin oluşturacağı en büyük yatay yer ivmesinin belirlenmesinde Ulusay vd. (2004) tarafından önerilmiş ivme azalım ilişkisi kullanılmıştır (Eşitlik 3.2).

$$a_{max} = 2.18e^{0.0218(33.3M_w - R_e + 7.8427S_A + 18.9282S_B)} \quad (3.2)$$

Yukarıdaki eşitlikte a_{max} en büyük yer ivmesi, M_w moment büyüklüğü, R_e depremin merkez üstüne olan uzaklık, S_A ve S_B yerle zemin koşullarını tanımlayan sabitlerdir. Kaya olması durumunda $S_A = S_B = 0$, zemin koşullarında $S_A = 1$ ve $S_B = 0$, yumuşak zemin koşullarında ise $S_A = 0$ ve $S_B = 1$ 'dir (Ulusay vd., 2004).

Çağış Göleti için öngörülen deprem senaryolarına göre en büyük yer ivmesi inceleme alanının yaklaşık 28.2 km kuzeyinde yer alan Havran-Balya-Balıkesir Fayı Zonu'nun oluşturacağı $M_w=7.2$ büyüklüğündeki deprem için elde edilmiş olup, bu değer yaklaşık 0.239 g seviyesindedir. Tablo 3.1'de Çağış Göleti'nin 18.2 km kuzeyinde bulunan Balıkesir Fayı Gökçeyazı segmentinin $M_w=6.9$ büyüklüğünde deprem üreteceği ve bu depremin Çağış gölet yerinde oluşturacağı en büyük yer ivmesi 2.24g olacağı görülmektedir. 28.9 km güneyde bulunan Simav Fayı Sındırgı Segmentinin $M_w=6.9$ büyüklüğünde deprem üreteceği ve en büyük yer ivmesinin 0.191g olacağı görülmektedir. Bu değerler, Çağış göletinin 20.43 km kuzeyinde bulunan Balıkesir Fayı Kepsut segmenti için $M_w=6.7$ ve 0.187g dir (Tablo 3.2).

3.4.2 Çağış Göleti Yeri ve ve Yakın Çevresi Deprem Tehlike Değerlendirmesi

Gutenberg ve Richter (1944) uzun bir süre güney California depremlerine ait verileri toplamışlar ve bu verileri farklı magnitüdlere aşan depremlerin sayısına göre düzenlemişlerdir. Her magnitüdün aşılma sayılarını zamana bölerek, m magnitündeki depremin yılda ortalama aşılma oranı λ_m 'yi tanımlamışlardır. Tahmin edileceği gibi, küçük depremlerin yılda ortalama aşılma oranları büyük depremlerinkinden daha büyük olacaktır. Belirli bir büyüklükteki depremin ortalama aşılma oranının tersi, genellikle o büyüklüğü aşan depremin dönüş periyodu olarak ifade edilmektedir. Deprem tekrarlanması için sonuçta bulunan Gutenberg-Richter yasası aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$\text{Log} \lambda_m = a - b m \quad (3.3)$$

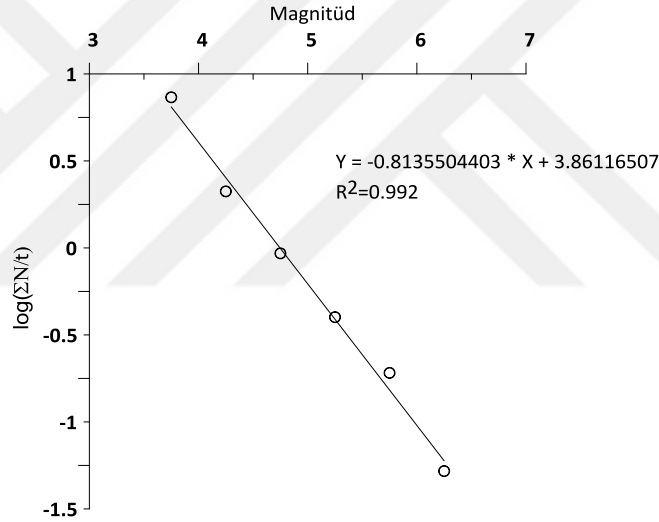
Burada, λ_m : magnitüdü m olan depremin yılda ortalama aşılma oranı, a ve b ise regresyon sabitleridir. b değeri artarken küçük depremlere kıyasla büyük depremlerin sayısı azalmaktadır. Gutenberg-Richter yasasındaki belirleyici parametre deprem büyüklüğü ile sınırlı değildir; şiddetin kullanıldığı durumlar da olmuştur.

Bigadiç merkezli yaklaşık 100 km yarıçaplı alanda kalan ve 1900'den günümüze kadar uzanan dönemde meydana gelen 4.0 ve üzeri olan depremler Ek-1'de bu depremlerin büyüklüklerine göre sınıflandırılması da Tablo 3.3'de

verilmiştir. Bu depremlere ait deprem sayısı–deprem büyüklüğü (M) arasındaki ilişki Şekil 3.13’de verilmiştir.

Tablo 3.3: Son 115 yıl (t) içinde inceleme alanını ve 100 km yakın çevresinde meydana gelen deprem büyüklüğünün sınıflandırılması, bu sınıflara ait kümülatif değerleri ve bir yıl için bulunan kümülatif değerler.

M _w Aralık	Deprem Sayısı (N)	Kümülatif N	ΣN/t	Log(ΣN/t)
3,5-4	678	844	7,33913	0,865645
4-4,5	166	243	2,113043	0,324908
4,5-5	77	107	0,930435	-0,03131
5-5,5	30	46	0,4	-0,39794
5,5-6	16	22	0,191304	-0,71828
6-6,75	6	6	0,052174	-1,28255



Şekil 3.13: Son 115 yıl içinde inceleme alanını ve 100 km yakın çevresinde meydana gelen deprem büyüklüğünün Log(ΣN/t) ile ilişkisi.

Crovelli (2000) doğada rastgele meydana gelen olayların Poisson olasılık dağılımıyla sürekli zaman modellemesini önermiştir. Bu sürekli zaman modelinde belirli bir zaman aralığında (t) belirli bir sayıda (n) olayın gerçekleşme olasılığı ise aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

$$P[N(t) = n] = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^n}{n!} \quad (3.4)$$

Burada, λ söz konusu olaya ilişkin gerçekleşme olasılığı, n gerçekleşme sayısı olup, t ise zaman aralığıdır.

Çağış Göleti yeri km çaplı alanda meydana gelen depremler için deprem büyüklüğü ve yıllık kümülatif oluş sayısı arasındaki ilişki ve Poisson dağılım modeli kullanılarak, 10 yıl, 50 yıl, 75 yıl ve 100 yıllık zaman aralıkları için hesaplanan belirli büyüklükteki bir depremin olma olasılıkları hesaplanmış ve Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.4: İnceleme alanı merkezli ve 100 km çaplı alan için belirli deprem büyüklüklerinin belirlenen zaman aralığı içinde gerçekleşme olasılığı.

Büyük- lük Magnitüd	Ortalama tekrarlanma periyodu	Verilen yıl içinde aşma olasılıkları					
		10yıl	20 yıl	30 yıl	50yıl	75 yıl	100 yıl
5	1,6	99,8	100	100	100	100	100
5,5	4,1	91,2	99,2	99,9	100	100	100
6	10,5	61,4	85,1	94,3	99,1	99,9	100
6,5	26,7	31,2	52,6	67,4	84,5	93,9	97,6
7	68,2	13,6	25,4	35,5	51,9	66,6	76,8

Çağış Göleti yeri merkezli 100 km yarıçaplı bölgede 50 yıl içinde oluşacak depremlerin en az biri 6 büyüklüğünden büyük olma olasılığı yaklaşık %100’e yakındır. Söz konusu bölgede oluşacak depremlerin en az birinin 6.5 ‘dan daha fazla büyüklüğe sahip olma olasılığı 30, 50 ve 75 yıl için olasılıkları sırasıyla, yaklaşık %68, %85 ve %94’dür. Bu değerler, büyüklüğü 7 den büyük depremler için ise yaklaşık, %36, %52 ve %66 ‘dır. Bu deprem tehlike analizi sonucuna göre, Çağış göletinin ömrü boyunca en az bir kez 7 ile 7.5 arasındaki büyüklükteki bir depremle karşılaşmasının çok güçlü bir olasılık olduğu söylenebilir.

3.5 Su Kimyası

Yeraltı sularının kimyasal bileşimi, suların içinden geçtikleri akiferlerin mineralojik ve kimyasal özelliklerine, akiferlerde suyun akış hızına, akış koşullarına ve akiferdeki kalış süresine bağlıdır (Freeze ve Cherry, 1979; Appelo ve Pastma, 1993; Andreo ve Carrasco, 1999).

Bu bölümde çalışma alanında çeşitli kaynaklardan alınan su örneklerinin kimyasal analizleri DSİ laboratuvarlarında yapılmıştır. Analizler kapsamında alınan su örneklerinin Piper ve Schoeller diyagramları çizilmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir.

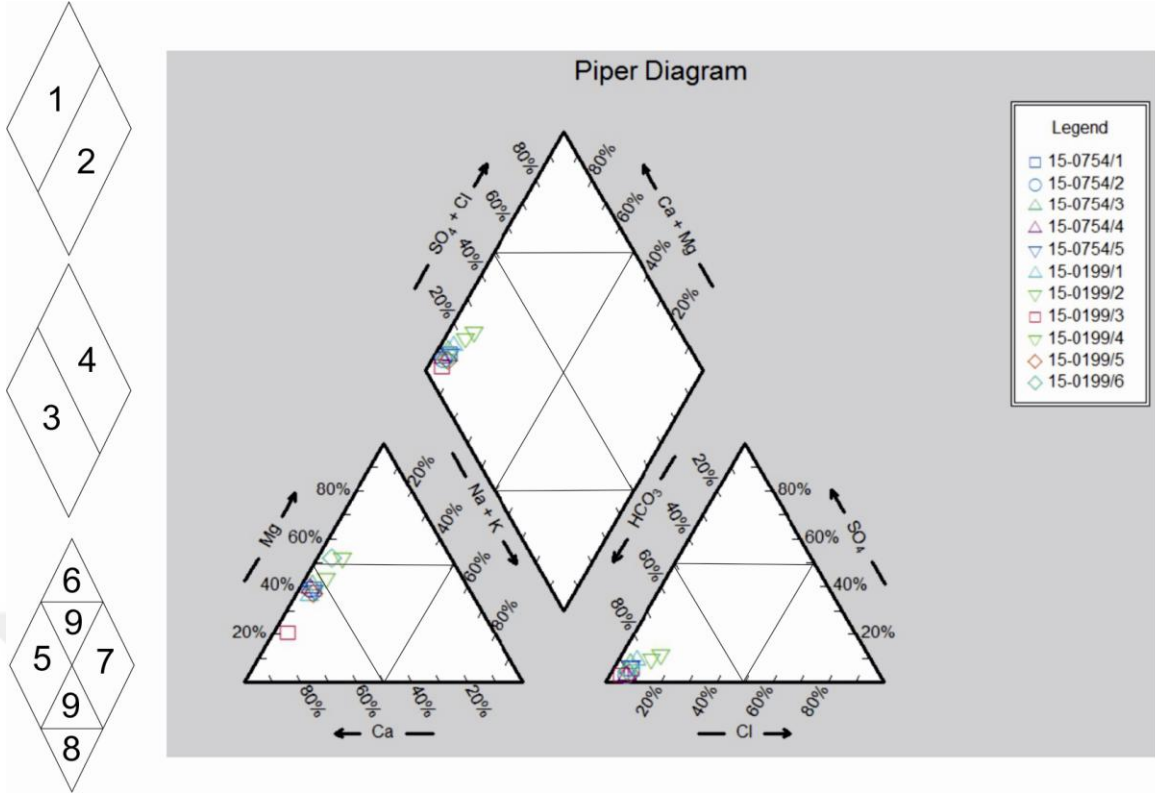
Piper Diyagramına göre suların sınıflaması

Piper diyagramı, anyon ve katyonlara için ayrılan iki eşkenar üçgen ve bir paralel kenardan oluşmaktadır (Şekil 3.14) Anyon ve katyon değerleri % cinsinden meq/l değerleri ayrı ayrı üçgen diyagrama işaretlenir. Her iki üçgendeki değerler paralelkenar üstünde kesştirilerek suların Piper Diyagramına göre sınıflaması yapılır.

Schoeller'e (1955) göre suların sınıflaması

Schoeller suları; klorür, sülfat, karbonat, kalsiyum, magnezyum ve klorür miktarlarına göre sınıflamaktadır (Tablo 3.5). Her bir iyonun meq/l değerleri logaritmik düşey eksenlere işaretlenerek birleştirilir (Şekil 3.16).

Schoeller'e göre yapılan sınıflamada çalışma alanındaki kaynak suları Şekil 3.15'de görüldüğü gibi su örnekleri $Ca > Mg > Na > K$ ve $HCO_3 > SO_4 > Cl$ şeklinde anyon katyon trendi sergilemiştir. Bu trend karbonatlı kayalardan gelen su trendi ile örtüşmektedir.



Şekil 3.14: Piper Diyagramına göre suların sınıflandırılması .

Tablo 3.5: İnceleme alanındaki kuyu ve kaynaklardan alınan suların % mek/l cinsinden anyon-kasyon dağılımları.

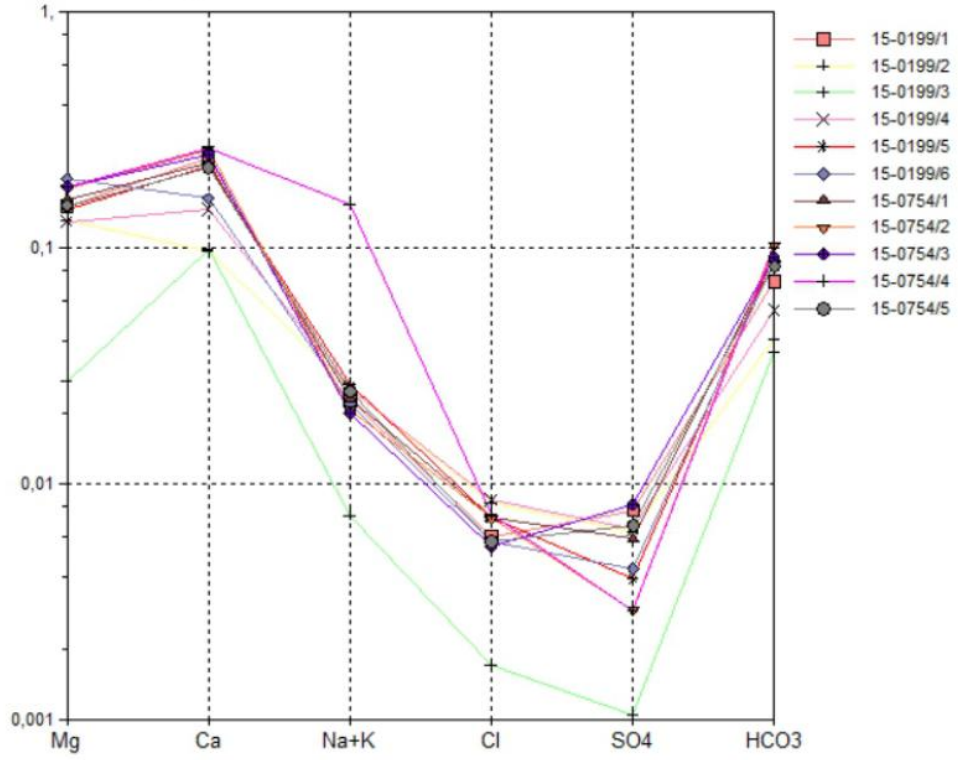
İçerik	Çeşme				
	memba 15-0754/1	Çeşme 15-0754/2	Memba 1 15-0754/3	Çeşme mansap 15-0754/4	Aks yeri 15-0754/5
pH (23.2 C)	7,97	7,34	8,28	7,88	8,01
Elektriksel İletkenlik	59,7	68,3	62	64,5	58,9
Sodyum	0,44	0,39	0,41	0,39	0,47
Potasyum	0,12	0,11	0,05	0,11	0,13
Kalsiyum	4,59	5,24	4,96	5,28	4,4
Magnezyum	1,94	2,17	2,21	2,22	1,84
Karbonat	0	0	0	0	0
Bikarbonat	5,56	6,25	5,59	6,1	5,1
Klorür	0,25	0,25	0,19	0,26	0,2
Sülfat	0,28	0,14	0,39	0,14	0,32
%Na	6,21	4,93	5,37	4,88	6,87
SAR	0,24	0,2	0,22	0,2	0,27
Bor, mg/L	1,7	1,1	0,7	1,5	0,2
Çözünmüş Demir mg/L	0,43	0,02	0,02	<0,02	0,06

İçerik	Aks yeri 15-0199/1	Sk-1 15-0199/2	Sk-2 15-0199/3	Sk-3 15-0199/4	Dsk 15-0199/5	Sk-4 15-0199/6
ph (23.2 C)	8,01	9,26	8,34	8,23	7,49	7,62
Elektriksel İletkenlik	62,1	37,7	22,2	47,5	62,4	55,9
Sodyum	0,44	0,47	0,1	0,47	0,5	0,4
Potasyum	0,11	0,15	0,11	0,15	0,14	0,14
Kalsiyum	4,82	1,95	1,98	2,91	4,46	3,24
Magnezyum	1,82	1,59	0,33	1,57	1,78	2,38
Karbonat	1	1	0	0,8	0	0
Bikarbonat	4,4	2,5	2,2	3,3	5,6	5,3
Klorür	0,21	0,29	0,06	0,3	0,25	0,2
Sülfat	0,37	0,3	0,05	0,31	0,19	0,21
%Na	6,12	11,3	3,97	9,22	7,27	6,49
SAR	0,24	0,35	0,09	0,31	0,28	0,24
Bor, mg/L	0,7	0,2	0,5	<0,2	1,3	<0,2
Çözülmüş Demir mg/L	0,05	0,06	0,39	0,06	<0,02	0,23

Suların sınıflamasını yapmak için hazırlanan Piper diyagramında (Şekil 3.14) görüldüğü gibi sular Piper diyagramındaki 5. bölgede yani Ca-HCO₃'lü sular sınıfında yer almaktadır. Piper diyagramında ortaya çıkan bu sonuç ile Schoeller diyagramında (Şekil 3.15) ortaya çıkan sonuç birbiriyle örtüşmüştür. Burada suların kimyasal bileşiminde karbonatlı kayaçların etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3.6: Schoeller (1955) klorür, sülfat ve karbonat miktarlarına göre suların sınıflaması.

	KLORÜR MİKTARI		SÜLFAT MİKTARI		KARBONAT MİKTARI
Hiperklorlu Sular	>700 mek/L	Hiposülfatlı Sular	>58 mek/L	Hiperkarbonatlı Sular	>7 mek/L
Klorotalastik Sular	420-700 mek/L	Sülfatlı Sular	24-58 mek/L	Normal Karbonatlı Sular	2-7 mek/L
Klorürce Zengin Sular	140-420 mek/L	Oligosülfatlı Sular	6-24 mek/L	Hipokarbonatlı Sular	<2 mek/L
Orta Klorürlü Sular	40-140 mek/L	Normal Sülfatlı Sular	<6 mek/L		
Oligoklorürlü Sular	14-40 mek/L				
Normal Klorürlü Sular	<15 mek/L				



Şekil 3.15: Çalışma alanındaki kuyu ve kaynak sularının Schoeller Diyagramı üzerinde gösterimi.

3.6 Gölet Yeri Kaya Kütle Mühendislik Özellikleri

3.6.1 Litoloji Özellikler

Gölet aks yeri ve rezervuar alanında gözlemlenen birimler litolojik özelliklerine göre ayırtlanmıştır. Buna göre gölet aks yeri ve rezervuar alanında litolojisi farklı olan üç adet birim tanımlanmıştır. Bu birimler Alt boratlı zona ait killi kireçtaşları, kıltaşı marn ardalanasından oluşan istif ve Alt Tüf birimidir. Gölet yeri kaya kütle mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla bu birimlerin özellikleri detaylı olarak incelenmiştir.

3.6.2 Kaya Malzemesi İndeks Özellikleri ve Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Çağış göleti yeri ve rezervuar alanında yapılan sondajlardan alınan karotların (Şekil 3.17) indeks özelliklerini bulmak için yapılan testler ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Prof. Dr. Şerif Saylan Yapı Laboratuvarı ve Balıkesir Üniversitesi Merkez laboratuvarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.17). Tülü açık ocağında yapılmış sondajlardan alınan farklı kaya türüne ait karot örneklerin indeks ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri Tablo 3.7’ de verilmiştir.



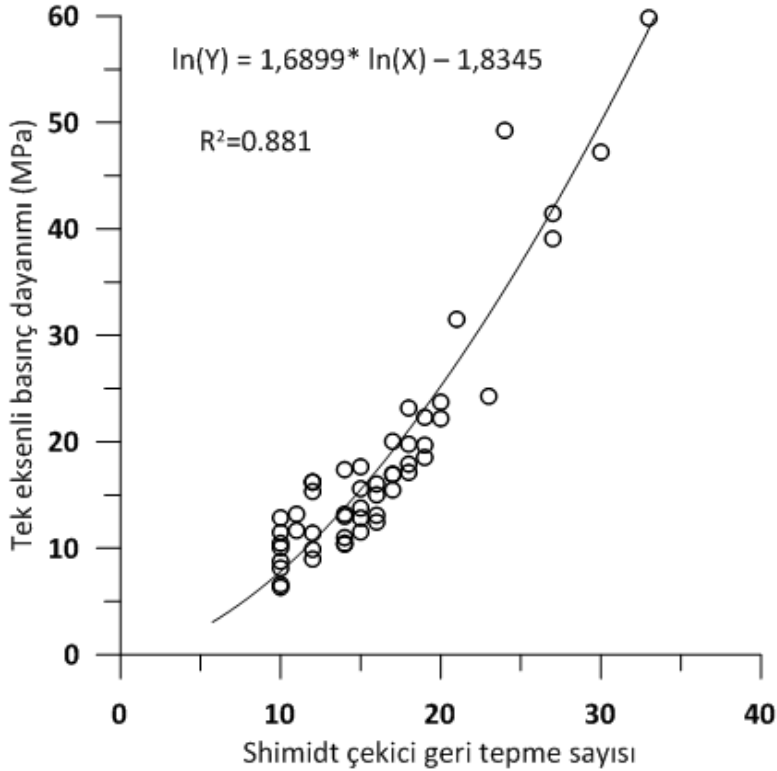
Şekil 3.16: Gölet alanında yapılan sondajlardan alınan karotlar.

Tablo 3.7: Jeoteknik birimlerde kaya malzemesinin indeks ve dayanım özellikleri.

Örnek	γ_k kN/m ³	γ_d kN/m ³	ne (%)	σ_{ci} (Mpa)	Örnek	γ_k kN/m ³	γ_d kN/m ³	ne (%)	σ_{ci} (Mpa)
1a-1	22,78	22,9	11,6	41,46	2b-2	21,69	21,82	12,7	8,98
1a-2	24,66	24,72	5,4	39,09	2b-3	20,9	21,06	16,3	6,33
1a-3	25,7	25,73	2,8	49,26	2b-4	20,89	21,08	19,5	12,46
1b-1	20,39	20,57	18,5	22,31	2b-5	21,4	21,51	10,8	8,77
1b-2	17,89	18,13	24,6	17,39	2c-1	17,91	18,11	20,6	7,97
1b-3	19,32	19,54	22,1	16,22	2c-2	17,36	17,57	20,8	10,06
2a-1	16,68	16,87	19,1	11,42	2c-3	17,63	17,81	18,3	3,07
2a-2	17,45	17,66	21,4	11,21	2c-4	18,16	18,34	17,4	6,59
2a-3	17,53	17,74	20,4	13,12	3a-1	22,29	22,39	10,8	9,89
2a-4	17,75	17,96	21,8	12,86	3a-2	13,7	13,93	23,2	4,21
2a-5	17,9	18,12	22,6	18,53	3a-3	17,32	17,58	25,3	4,8
2b-1	21,34	21,51	16,7	8,24	3a-4	16,39	16,67	28,2	3,69

(1a1-3: Az ayrıışmış Killi kireçtaşı, 1b1-3: Orta derecede ayrıışmış Killi kireçtaşı, 2a1-5: Az ayrıışmış kiltası marn ardalanması, 2b1-5; Orta derecede ayrıışmış kiltası marn ardalanması, 2c1-4: Yüksek derecede kiltası-marn ardalanması, 3a1-4: Orta derecede ayrıışmış Tüf-tüfit, γ_k : kuru birim hacim ağırlık, γ_d : doygun birim hacim ağırlık, ne: efektif porozite, σ_{ci} : tek eksenli basınç dayanımı)

Bu çalışmada, karot örneklerin alınmadığı durumda, kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımını bulmak için aşağıda verilen istatikselsel model kullanılmıştır. Bu modeli elde etmek için Çağış Gölet yerinde yapılan sondajlardan elde edilen karotların yanısıra çalışma alanının yakın yerdeki Tülü (Bigadiç) açık ocağında benzer fasiyeste gelişmiş kayalarda yapılan sondajlardan elde edilmiş karotların Schmidt çekici geri tepme sayısı ve tek eksenli basınç dayanım değerleri (Yasin 2017) kullanılmıştır.



Şekil 3.17: Schmidt çekici geri tepme sayısı ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki.

3.6.3 Ayrışma Durumu ve Süreksizlik Özellikleri

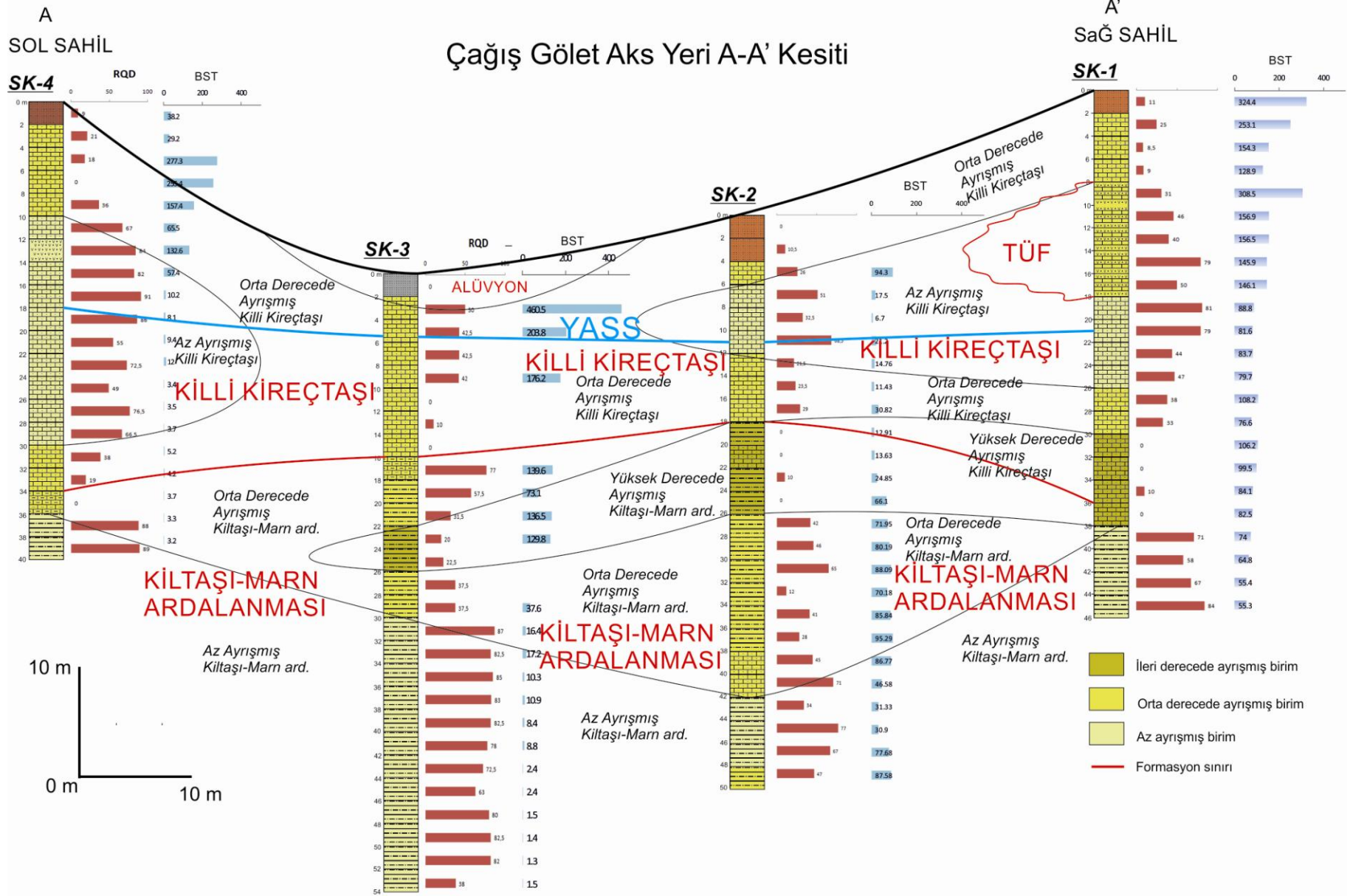
İnceleme alanında litolojik olarak ayırt edilmiş birimler üzerinde arazi çalışmaları kapsamında ayrışma durum tespiti ve süreksizlik ölçümleri alınmıştır. Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda 6 adet jeoteknik birim gruplandırılmış ve bu jeoteknik birimlerin özellikleri Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8: Tanımlanan Jeoteknik birimlerin süreksizlik özellikleri.

JTB	Ayrışma Durumu	Pürüzlülük	Dolgu	RQD Değişim aralığı (%)	Jv	σ_{cm} (MPa)	ϕ_m (°)	c_m (MPa)	Em (MPa)
1a	Az	Pürüzlü	Yumuşak Kil dolgu	33-91	6,87	0,397	44,04	0,397	4797,41
1b	Orta	Az pürüzlü	Yumuşak Kil dolgu	10-57	9,79	0,186	31,18	0,186	1406,49
2a	Az	Az pürüzlü	Yumuşak Kil dolgu	58-89	10	0,216	23,15	0,216	1625,04
2b	Orta	Az pürüzlü	Yumuşak Kil dolgu	20-65	11,95	0,096	18,86	0,096	1014,91
2c	Yüksek	Düz	Yumuşak Kil dolgu	0-47	13,25	0,066	14,58	0,066	606,69
3a	Orta	Pürüzlü	Yok	21-79	6,47	0,145	26,82	0,145	1227,26

(1a: Az ayrılmış killi kireçtaşı. 1b: Orta derecede ayrılmış killi kireçtaşı, 2a: Az ayrılmış kiltası marn ard., 2b; Orta ayrılmış kiltası marn ard., 2c: Yüksek ayrılmış kiltası marn ard., 3a: Orta derecede ayrılmış tüf, σ_{ci} : tek eksenli basınç dayanımı, Jv:hacimsel çatlak sayısı, SR: yapısal özellik puanı, SCR: süreksizlik yüzey puanı, GSI: jeolojik dayanım indeksi, Φ : içsel sürtünme açısı, c: kohezyon, E: elastisite modülü)

Gölet aks yerinde ve rezervuar alanında açılmış olan sondajlardan faydalanılarak sondaj kuyuları arasında korelasyon yapılmış ve jeoteknik birimlerin ayrışma durumlarının değişimleri incelenmiştir. Karotlardan elde edilen bu veriler arazi çalışmaları ile beraber değerlendirilmiş ve aks yeri ile rezervuar alanında olmak üzere ayrışma durumunu gösteren 2 adet kesit hazırlanmıştır. Ayrıca kesitler üzerinde yardımcı olması amacıyla RQD değerleri ve BST sonuçları da gösterilmiştir. Gölet aks yeride açılan 4 adet sondajdan (SK-1,2,3,4) elde edilen verilerle sondaj logları hazırlanmış ve aks yeri kesiti çizilmiştir (Şekil 3.19).



Şekil 3.18: Gölet aks yeri (SK-1,2,3,4) kaya kütle özellikleri kesiti.

Gölet aks yeri kesiti incelendiğinde, yüzeye yakın kesimlerde sol sahil ve sağ sahilde daha kalın olmakla beraber killi kireçtaşı birimi tanımlanmıştır. Alt seviyelere inildiğinde ise kiltası-marn ardanmalı olarak tanımlanan birim gözükmeğdir ve ara ara tuf seviyeleri de tespit edilmiştir.

Sağ sahilde yer alan SK-1'deki birimlere baktığımızda ilk 8 metrede orta derecede ayrışmış killi kireçtaşı seviyesi gözükmeğdir, RQD değerleri %8.5-25 aralığında değişen bu seviyede BST değerleri de oldukça yüksek hesaplanmıştır. 8-18 metre aralığında tufit birimi tanımlanmış, RQD değerleri %31-79 aralığında olup BST değerleri de oldukça yüksek çıkmıştır. 18 ile 26 metre aralığı az ayrışmış killi kireçtaşı olarak tanımlanmıştır. Bu seviyede RQD değerleri %47 ile %81 arasında değişmekte olup BST değerleri de yine oldukça yüksek çıkmıştır. Kuyunun 26 ile 38 metreleri arasında orta derecede ayrışmış killi kireçtaşından yüksek derecede ayrışmış killi kireçtaşına doğru bir geçiş söz konusudur ve RQD değerleri %0 ile %38 aralığında değişmeğdir. Son 10 metreyi incelediğimizde ise kiltası olarak tanımlanan birim tespit edilmiş olup bu seviyenin RQD değerleri %71-94 aralığında hesaplanmıştır ve BST değerleri de yine oldukça yüksektir.

SK-2'deki birimlere baktığımızda, 4 ile 18 metre aralığında az ayrışmış killi kireçtaşı ile orta derecede ayrışmış killi kireçtaşı geçiş seviyesi tanımlanmış olup, RQD değerleri %21.5 ile %68.5 arasında değişmeğdir. 18 metreden sonra yüksek derecede ayrışmış killi kireçtaşından yine yüksek derecede ayrışmış kiltası-marn seviyesine geçiş vardır. 18-28 metre aralığında oldukça kırıklı ve parçalı olarak gözlemlenen bu kiltası-marn ardanmalı seviyesinde RQD değerleri %0 ile %10 arasında değişmeğdir neredeyse sağlam karot alınamamıştır. 26-42 metreleri aralığında orta derecede ayrışmış kiltası-marn seviyesine geçiş vardır. Bu aralıkta RQD değerleri %12-71 arasında değişmekte olup, BST değerleri de yüksek çıkmıştır. Kuyunun son 8 metresinde ise az ayrışmış kiltası-marn ardanmalı birimi gözlenmekte olup RQD değerleri 34-77 arasında değişmeğdir.

SK-3 sondajındaki birimlere baktığımızda ilk 22 metrede orta derecede ayrışmış killi kireçtaşı seviyesi tanımlanmıştır. Bu aralıkta RQD değerleri %0 ile %77 arasında değişmekte olup BST değerleri de oldukça yüksek çıkmıştır. 22. metreden sonra ayrışma derecesinin arttığı gözlenmiş ve 22-26 metre aralığında ileri derecede ayrışmış kiltası-marn seviyesi tespit edilmiştir. Bu seviyede RQD değerleri

%20-33 aralığında değişmekte olup BST değerleri de yine yüksek çıkmıştır. Kuyunun son 24 metresinde oldukça sağlam karotlar halinde az ayrışmış kıltaşı seviyesi tespit edilmiştir. Bu kıltaşı seviyesinde RQD değerleri %63 ile %87 arasında değişmekte olup BST değerlerinin de düşük olduğu tespit edilmiştir.

Sol sahilde yer alan SK-4 sondajındaki birimlere baktığımızda ilk 10 metre ile 30-36 metre aralığında yer alan seviyeler orta derecede ayrışmış killi kireçtaşı olarak tanımlanmıştır. Bu kesimde RQD değerleri %19 ile %76 arasında değişmektedir. BST değerleri de ilk bir kaç metrenin yüksek çıkmasını normal karşılasak orta kesimlerde yani 20-34 metre aralığında oldukça düşüktür. 10-30 metre aralığındaki seviye az ayrışmış killi kireçtaşı olarak tanımlanmıştır. Bu seviyede RQD değerleri %49 ile %91 arasında değişmektedir. BST değerleri de yine düşük çıkmıştır. Son 6 metrede yani 34-40 metre aralığında orta derecede ayrışmış kıltaşı olarak tanımlanan seviyede RQD değerleri 89-90 olarak tespit edilmiş BST değerleri ise oldukça düşük hesaplanmıştır.

Son olarak gölet aks yerinde GB-KD doğrultulu alınan bu kesite genel olarak baktığımızda killi kireçtaşı ve kıltaşı-marn aralanmalı seviyesi olarak temel iki birim kesilmiş ve ara ara tüfit bantları gözlemlenmiştir. SK-3 ile SK-4 kuyularının orta seviyelerinde ileri derecede ayrışmış kıltaşı-marn aralanması tespit edilmiştir. Son olarak SK-1 ve SK-4 kuyularından elde edilen veriler ile arazi çalışmaları birlikte yorumlandığında, sol sahilde yer alan kaya kütlelerinin sağ sahilde yer alan kaya kütlelerine göre daha sağlam ve daha geçirimsiz olduğu söylenebilir.

Sağ sahilde açılan üç sondaj boyunca (SK-1, EK-2 ve EK-3) yaklaşık KG doğrultulu alınan kesitte yüzeye yakın seviyelerde killi kireçtaşı birimini, daha derinlerde tuf seviyelerini en alt kesimlerde ise kıltaşı-marn aralanmalı serisini görmekteyiz (Şekil 3.20).

En kuzeyde yer alan SK-1'deki birimlere baktığımızda ilk 8 metrede orta derecede ayrışmış killi kireçtaşı seviyesi gözükmemektedir, RQD değerleri %8.5-25 aralığında değişen bu seviyede BST değerleri de oldukça yüksek hesaplanmıştır. 8-18 metre aralığında tuf birimi tanımlanmış, RQD değerleri %31-79 aralığında olup BST değerleri de oldukça yüksek hesaplanmıştır. 18 ile 26 metre aralığı ise az ayrışmış killi kireçtaşı olarak tanımlanmıştır. Bu seviyede RQD değerleri %47 ile %81 arasında değişmekte olup BST değerleri de yine oldukça yüksek çıkmıştır. 26-

38 metreler arası orta derecede ayrılmış killi kireçtaşından yüksek derecede ayrılmış killi kireçtaşına geçiş seviyesi gözükmemektedir. Bu seviyelerde RQD değerleri çok düşük olmakla birlikte BST değerleri de yüksek hesaplanmıştır. Kuyunun son 10 metresinde az ayrılmış kiltası tespit edilmiş olup bu seviyenin RQD değerleri %71-94 arasında çıkmıştır ve BST değerleri de yine oldukça yüksektir.

EK-2'deki birimlere baktığımızda ilk 18 metrede az ve orta derecede ayrılmış killi kireçtaşı seviyesi gözükmemekte olup RQD değerleri %10-82 arasında değişmektedir. 18-32 metre aralığında az ayrılmış tüfit seviyelerini görmekteyiz. Bu seviyelerde RQD değerleri oldukça yüksek olup %80 ile %90 aralığındadır. Genellikle sağlam karotlar halinde fazla süreksizlik içermeyen bu tuf seviyesinde BST değerleri de oldukça düşük çıkmıştır. Kuyunun son 8 metresinde az ayrılmış killi kireçtaşı seviyelerini görmekteyiz. Bu kesimlerde de RQD değerleri %40 ile %88 arasında değişmekte olup BST değerleri de oldukça düşüktür.

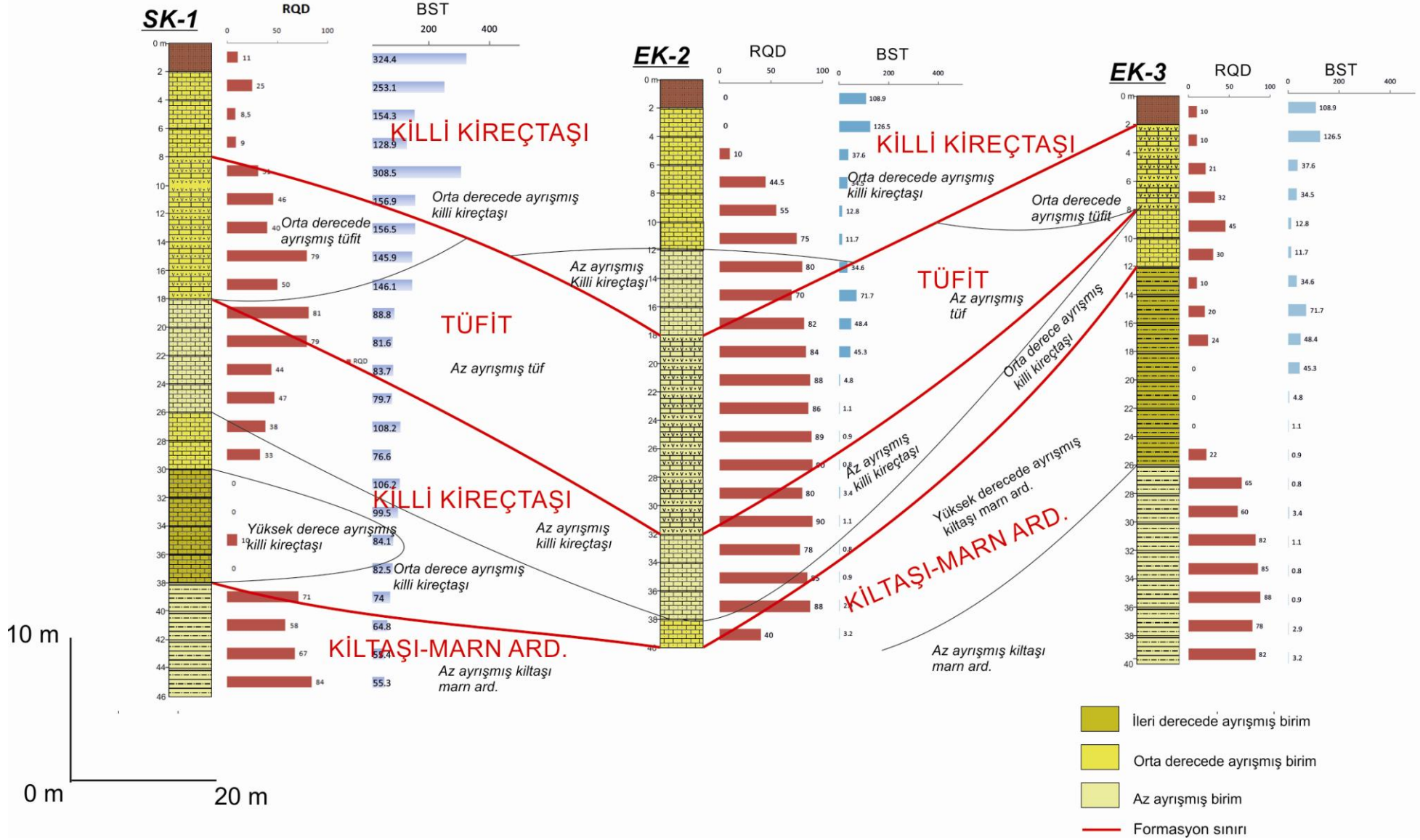
En güneyde yer alan EK-3 kuyusunu inceleyecek olursak; ilk 8 metrede orta derecede ayrılmış tüfit seviyesini görebiliriz. RQD değerleri %10 ile %45 arasında değişmekte olup BST değerleri de oldukça yüksektir birim genellikle kırıklıdır. 8 ile 28 metre aralığında kiltası-marn-kireçtaşını araldanmalı olarak görmekteyiz. Bu seviyelerde birimin oldukça kırıklı ve parçalı olduğu tespit edilmiştir. RQD değerleri %0 ile %24 arasında değişmektedir. BST değerleri de yine yüksek çıkmıştır. 28 metreden kuyu sonuna kadar kiltası-marn-kireçtaşı araldanması devam etse de bu seviyelerde malzemenin oldukça sağlam olduğu ve az ayrılmış bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. RQD değerleri %60-88 arasında değişirken, BST değerleri oldukça düşük çıkmıştır.

Sonuç olarak SK-1, EK-2, EK-3 kesitine baktığımızda özellikle SK-1'in bulunduğu alanlarda yani gölet gövdesine yakın kesimlerde özellikle kireçtaşı seviyelerinin BST değerlerinin fazla olduğu gözlenmiştir. EK-2 ve EK-3 de ise tam tersi bir durum söz konusudur. Ayrıca EK-2 ve EK-3'ün derinlerine doğru tuf ve kiltası-marn araldanmalı birime rastlandığı ve RQD değerlerinin artarak az ayrılmış seviyelere geçiş olduğu gözlenmiştir.

Çağış Gölet Yeri B-B' Kesiti

B

B'



Şekil 3.19: Gölet rezervuar alanı (SK-1, EK-2 ve EK-3) kütle özellikleri kesiti.

3.6.4 Kaya Kütlesi Dayanım ve Deformasyon Özellikleri

Hoek ve Brown Yenilme Kriteri

Bu çalışmada, tanımlanan ayrışma zonlarının dayanım özellikleri Hoek ve Brown yenilme ölçütü ile belirlenmiştir. Hoek-Brown yenilme ölçütünün genelleştirilmiş şekli aşağıda verilmiştir (Hoek vd., 2002).

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \quad (3.5)$$

Eşitlikte, σ_1' ve σ_3' ; sırasıyla kırılma anındaki en büyük ve en küçük efektif asal gerilmeler, σ_{ci} ; kaya malzemesi serbest basınç dayanımı, m_b kaya malzemesine ait olan m_i sabitinin azaltma sayısıdır ve aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. m_i , kaya malzemesini üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneylerinden belirlenen, büyük ölçüde kayaç litolojisine bağlı ampirik bir faktördür. Eşitlikteki a ve s ise kaya kütlesine bağlı katsayılardır.

$$m_b = m_i \exp \left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right) \quad (3.6)$$

$$s = \exp \left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right) \quad (3.7)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right) \quad (3.8)$$

Yukarıdaki eşitliklerde D kaya kütlesi için örselenme sayısı olup doğal yamaç ve kazı şevleri için 0.7 ile 1.0 değerlerini almaktadır (Hoek vd. 2002). GSI ise kaya kütlesinin süreksizlik sıklığına ve süreksizlik yüzeylerinin durumuna bağlı olarak tanımlanmış “Jeolojik Dayanım İndeksi”dir. Bu çalışmada GSI değerini bulmak için Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından önerilen abak kullanılmıştır (Şekil 2.21). Süreksizlik Yüzey Puanı Tablo 3.9’de verilen süreksizlik yüzeyinin pürüzlülük,

ayırışma ve dolgu durumu puanlarının toplamı olarak bulunmaktadır. Yapısal Özellik Puanı (SR) süreksizlik sıklığının bir ifadesi olup aşağıda hacimsel çatlak sayısına (Jv) bağlı olarak hesaplanmaktadır (Sönmez ve Ulusay, 2002)

$$SR = -17.5 \ln(Jv) + 79.9 \quad (3.9)$$

Tablo 3.9: Süreksizlik Yüzey Puanını (SCR) bulmak için gerekli pürüzlülük, ayırışma ve dolgu durumu ile ilgili puanlama

Pürüzlülük ve puanı (Rr)	Çok pürüzlü 6	Pürüzlü 5	Az pürüzlü 3	Düz 1	Kaygan 0
Ayırışma ve puanı (Rw)	Yok 0	Az ayırışmış 5	Orta derecede ayırışmış 3	Yüksek derecede ayırışmış 1	Tümüyle ayırışmış 0
Dolgu ve puanı (Rf)	Yok 6	Sert <5mm 4	Sert >5mm 2	Yumuşak mm <5 2	Yumuşak >5mm 0

Hoek ve Brown yenilme kriteri'nde kaya kütesinin kayma zarfını bulmak için aşağıdaki bağıntılardan yararlanılmaktadır.

$$\sigma'_n = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} - \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} \cdot \frac{d\sigma'_1/d\sigma'_3 - 1}{d\sigma'_1/d\sigma'_3 + 1} \quad (3.10)$$

$$\tau = (\sigma'_1 - \sigma'_3) \frac{\sqrt{d\sigma'_1/d\sigma'_3}}{d\sigma'_1/d\sigma'_3 + 1} \quad (3.11)$$

$$\phi' = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}} \right] \quad (3.12)$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci} [(1+2a)s + (1-a)m_b \sigma'_{3n}] (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + (6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}) / ((1+a)(2+a))}} \quad (3.13)$$

$$\sigma'_{cm} = \sigma_{ci} \cdot \frac{(m_b + 4s - a(m_b - 8s))(m_b/4 + s)^{a-1}}{2(1+a)(2+a)} \quad (3.14)$$

Yukarıdaki eşitliklerde H :yamaç yüksekliği γ : kaya malzemesinin birim hacim ağırlığı, σ'_{cm} : kaya kütlesi basınç dayanımıdır.

Söz konusu yenilme ölçütünde kaya kütlesinin deformasyon modülü (Em, GPa) aşağıdaki eşitliklerle bulunmaktadır.

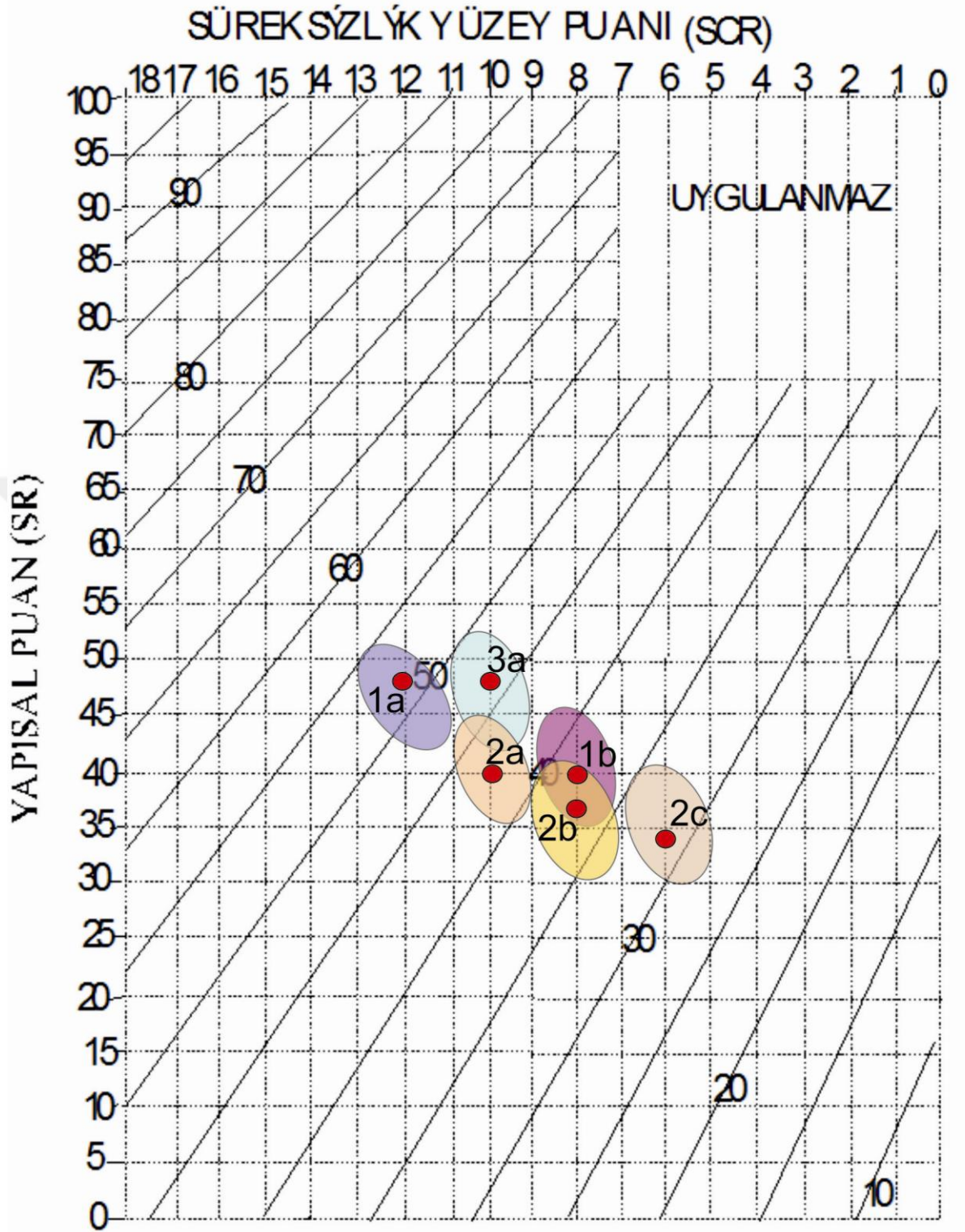
$\sigma_{ci} \leq 100$ MPa ise

$\sigma_{ci} > 100$ MPa ise

$$E_m (GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \cdot 10^{((GSI-10)/40)} \quad E_m (GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \cdot 10^{((GSI-10)/40)} \quad (3.15)$$

İnceleme alanında tanımlanan jeoteknik birimlerin dayanım özellikleri Hoek ve Brown yenilme ölçütü ile belirlenmiştir. GSI kaya kütlesinin süreksizlik sıklığına ve süreksizlik yüzeylerinin durumuna bağlı olarak tanımlanmış “Jeolojik Dayanım İndeksi” dir. Bu çalışmada GSI değerini bulmak için Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından önerilen abak kullanılmıştır (Şekil 3.21)

Süreksizlik Yüzey Puanı süreksizlik yüzeyinin pürüzlülük, ayrışma ve dolgu durumu puanlarının toplamı olarak bulunmaktadır. Yapısal Özellik Puanı (SR) süreksizlik sıklığının bir ifadesi olup hacimsel çatlak sayısına (Jv) bağlı olarak hesaplanmaktadır (Sönmez ve Ulusay, 2002). Her jeoteknik birim için Yapısal Özellik Puanı ve Süreksizlik Yüzey Puanı hesaplanmış olup Tablo 3.10'da verilmiştir. Jeolojik Dayanım İndeksi abağı kullanılırken her bir jeoteknik birim için Yapısal Özellik Puanı (SR) ve Süreksizlik Yüzey Puanları aralıklar şeklinde belirlenmiş ve abakta bu aralıklar her bir jeoteknik birim için elips şeklinde sınırlandırılmıştır. Süreksizlik Yüzey Puanı aralığı belirlenirken her bir jeoteknik birim için toplanan süreksizlik özellikleri puanları değerlendirilmiş, alt ve üst sınır olarak ise (+1), (-1) değerleri eklenerek sınırlar belirlenmiştir. Yapısal Özellik Puanı sınırları belirlenirken ise yine her bir jeoteknik birim için hacimsel çatlak sayılarının minimum, maksimum ve ortalama değerleri kullanılarak alt ve üst sınırlar belirlenmiştir (Şekil 3.21).



Şekil 3.20: Jeolojik Dayanım İndeksi'nin bulunması için Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından yeniden düzenlenen abak.

Tablo 3.10: Her Jeoteknik birim için hesaplanan ortalama minimum ve maksimum değerler.

JTB		1a	1b	2a	2b	2c	3a
σ_{ci} MPa	min	39,09	16,22	11,21	6,33	3,07	4,21
	ort	43,27	18,64	15,7	10,89	6,92	5,65
	max	49,26	22,31	18,53	12,46	10,06	9,89
Jv	min	4,81	6,85	7,1	8,37	9,28	4,53
	ort	6,87	9,79	10,05	11,95	13,25	6,47
	max	8,93	12,73	13,2	15,54	17,23	8,41
SR	max	52,32	46,12	45,75	42,63	40,82	53,37
	ort	46,09	39,88	39,5	36,38	34,58	47,13
	min	41,48	35,28	34,91	31,80	29,98	42,53
SCR	min	11	7	9	7	5	9
	ort	12	8	10	8	6	10
	max	13	9	11	9	7	11
GSI	max	56	46	47	42	36	51
	ort	52	38	42	37	32	46
	min	46	34	38	33	26	43
σ_{cm} MPa	max	0.432	0.218	0.228	0.087	0.026	0.116
	ort	0.397	0.186	0.216	0.096	0.066	0.106
	min	0.316	0.178	0.128	0.081	0.034	0.147
ϕ_m	max	45	33,94	23	17,64	12,13	26,86
	ort	44	31,18	23,15	18,86	14,58	26,82
	min	40,6	30,51	22,52	18,03	14,15	29,53
c _m MPa	max	1,574	0,305	0,135	0,088	0,052	0,145
	ort	1,165	0,186	0,135	0,096	0,066	0,145
	min	0,736	0,159	0,184	0,089	0,062	0,169
E _m MPa	max	5740	2079	1831	1031	508	1412
	ort	4797	1406	1625	1014	606	1227
	min	3228	1222	1402	862	517	1366

(1a: Az ayrılmış killi kireçtaşı, 1b: Orta ayrılmış killi kireçtaşı, 2a: Az ayrılmış kiltası marn ard., 2b: Orta ayrılmış kiltası marn ard., 2c: Yüksek ayrılmış kiltası marn ard., 3a: Orta ayrılmış tüf, σ_{ci} : tek eksenli basınç dayanımı, Jv: hacimsel çatlak sayısı, SR: yapısal özellik puanı, SCR: süreksizlik yüzey puanı, GSI: jeolojik dayanım indeksi, ϕ : içsel sürtünme açısı, c: kohezyon, E: elastisite modülü)

Hesaplanan Yapısal Puan ve Süreksizlik Yüzey puanı değerlerinden faydalanılarak GSI abağından her bir jeoteknik birimin Jeolojik Dayanım İndeksi Değerleri bulunmuş ve sonuç olarak kaya kütlesi dayanım ve deformasyon özellikleri hesaplanmıştır.

3.6.5 Kaya Kütlesi Geçirirnililiği

3.6.5.1 Basınçlı Su Testi Verilerinin Değerlendirilmesi

Gölet aks yerinde ve rezervuar alanında açılan sondajlarda yapılan basınçlı su testi deney sonuçlarının değerlendirilmesi sonucu geçirgenliği belirlemek amacıyla 2 adet kesit alınmış ve bu kesitler geçirirnililik açısından değerlendirilmiştir.

Gölet aks yerinde sol sahilden sağ sahile doğru yaklaşık GB-KD doğrultulu alınan kesitte Lugeon değerlerinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.22). Bu sebeple geçirirnililiğin daha iyi yorumlanabilmesi için Lugeon sınıflamasından farklı olarak 25'ten büyük Lugeon değerlerin gözleendiği alanlar da kendi içerisinde 3 sınıfa (3a, 3b, 3c) ayrılmıştır.

Gölet aks yerinde alınan A-A' Geçirirnililik Kesiti'ne baktığımızda sol sahildeki SK-4'ün üst seviyelerinde Lugeon değerleri 25'in üzerinde olduğu için çok geçirirnilili olarak tanımlanmıştır ve yeni sınıflamada 3c bölgesine denk düşmektedir. Derinlere doğru inildikçe, özellikle 14. metreden sonra geçirirnililiğin azaldığı tespit edilmiştir. Yüzeyden itibaren derine doğru çok geçirirnilili, geçirirnilili ve az geçirirnilili olarak devam eden bir değişim tespit edilmiştir.

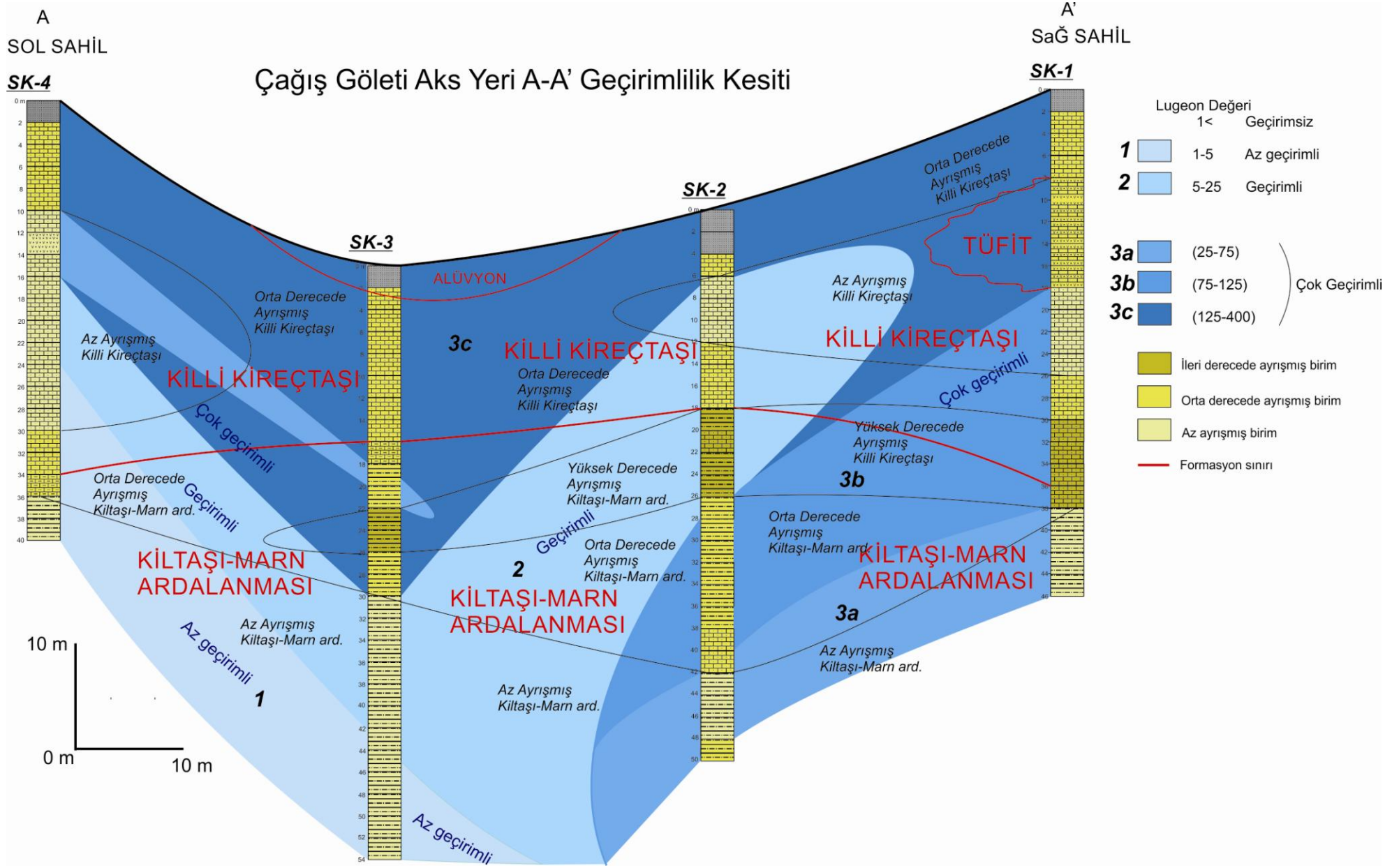
SK-3 kuyusunun başlangıç seviyeleri çok geçirirnilili olarak tespit edilmiştir. Yine SK-4'teki gibi derinlere doğru inildikçe lugeon değerleri düşmekte olduğundan geçirirnilili ve daha derinlerde de az geçirirnililiye doğru bir geçiş söz konusudur. 30 ile 54 metre aralığında yer alan kıltaşı seviyesinin hem RQD değerlerinin çok yüksek olduğu hem de BST değerlerinin 10'un altına düştüğü gözlemlenmiştir. Dolayısıyla bu kıltaşı seviyesinin oldukça sağlam ve geçirirnilisiz olduğu söylenebilir.

SK-2 kuyusunda SK-3 ve SK-4'ten farklı bir durum söz konusudur. Yüzeye yakın yerlerde Lugeon değerleri 6.7 ile 21.2 arasında değiştüğinden, bu seviyeler geçirirnilili olarak tanımlanmıştır. Ancak derinlere doğru ayrışma derecesi de arttığı için hem RQD değerleri düşmüş hem de Lugeon değerleri artış göstermiştir. Geçirirniliden çok geçirirnililiye doğru bir değişim söz konusudur. 6-26 metre aralığında 2. bölge olarak tanımladığımız Geçirirnilili seviye söz konusuyken, derinlik

arttıkça Çok Geçirimli seviyesine geçiş söz konusudur yani 3b ve 3c bölgesi olarak tanımlanmıştır.

Sağ sahilde açılan SK-1 kuyusuna bakacak olursak, tamamen çok geçirimli birimlerden oluşmaktadır. Litolojik olarak tüfit, killi kireçtaşı ve kısmen kilitaşı birimlerini içerse de hepsinin ortak özelliği olarak geçirimsizliklerinin yüksek olduğu ve lugeon değerlerinin 74 ile 325 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yüzeiden itibaren derinlik arttıkça yeni 3c, 3b, ve son olarak da 3a bölgeleri arası geçiş söz konusudur. Diğer 3 sondaj kuyusuna oranla geçirimsizliğin daha fazla ve daha geniş yayımlı olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak gölet aks yeri geçirimsizlik kesitine baktığımızda; sol sahilde yer alan SK-4 ve SK-3 kuyularının ilk seviyeleri geçirimli gibi gözükse de derinlik olarak yaklaşık 20 metreye indiğimizde az geçirimliye doğru bir değişim söz konusudur aynı zamanda birimlerin de daha sağlamlaştığı RQD değerlerinin de arttığı söylenebilir. Ancak sağ sahil için aynı durum söz konusu değildir. Özellikle SK-2 kuyusunun 30. metresinden itibaren sağ sahilde yer alan SK-1 kuyusuna doğru geçirimsizliğin oldukça arttığı bölge olarak 3. bölgeye yani Çok Geçirimli bölgesine düştüğü gözükmektedir. Sol Sahilde derinliğe doğru geçirimsizliğin azaldığını söyleyebilirken, sağ sahil için eldeki sondaj ve BST verileri ışığında aynı yorumu yapabilmek mümkün değildir.



Şekil 3.21: Gölet aks yeri A-A' (SK-1,2,3,4) geçirimsizlik kesiti.

Gölet rezervuar alanında yaklaşık KG doğrultulu SK-1, EK-2, EK-3 sondajlarını kapsayan geçirimsizlik kesiti alınmıştır (Şekil 3.23).

Bu üç sondaj arasında en kuzeyde yer alan SK-1'e baktığımızda; lugeon değerlerinin 74 ile 325 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Dolayısıyla tamamen 3. bölgeye düştüğü yani Çok Geçirimli olduğu tespit edilmiştir.

SK-1'in hemen güneyinde yer alan EK-2 kuyusuna baktığımızda ilk 18 metrede yer alan killi kireçtaşı seviyelerinin çok geçirimli-geçirimli arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Ancak 18. metreden kuyu sonuna kadar lugeon değerlerinin oldukça azaldığı tespit edilmiş ve 0.8-4.8 aralığında değiştiği için az geçirimli (1. bölge) hatta kısmen geçirimsiz olarak tanımlanmıştır. Ayrıca bu sondajdaki birimlere de baktığımızda derinlere doğru killi kireçtaşı ve tüfit seviyelerinin oldukça sağlam olduğu ve RQD değerlerinin de yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu kuyuda RQD ve ayrışma dereceleriyle geçirimsizlik arasında bir uyum söz konusudur.

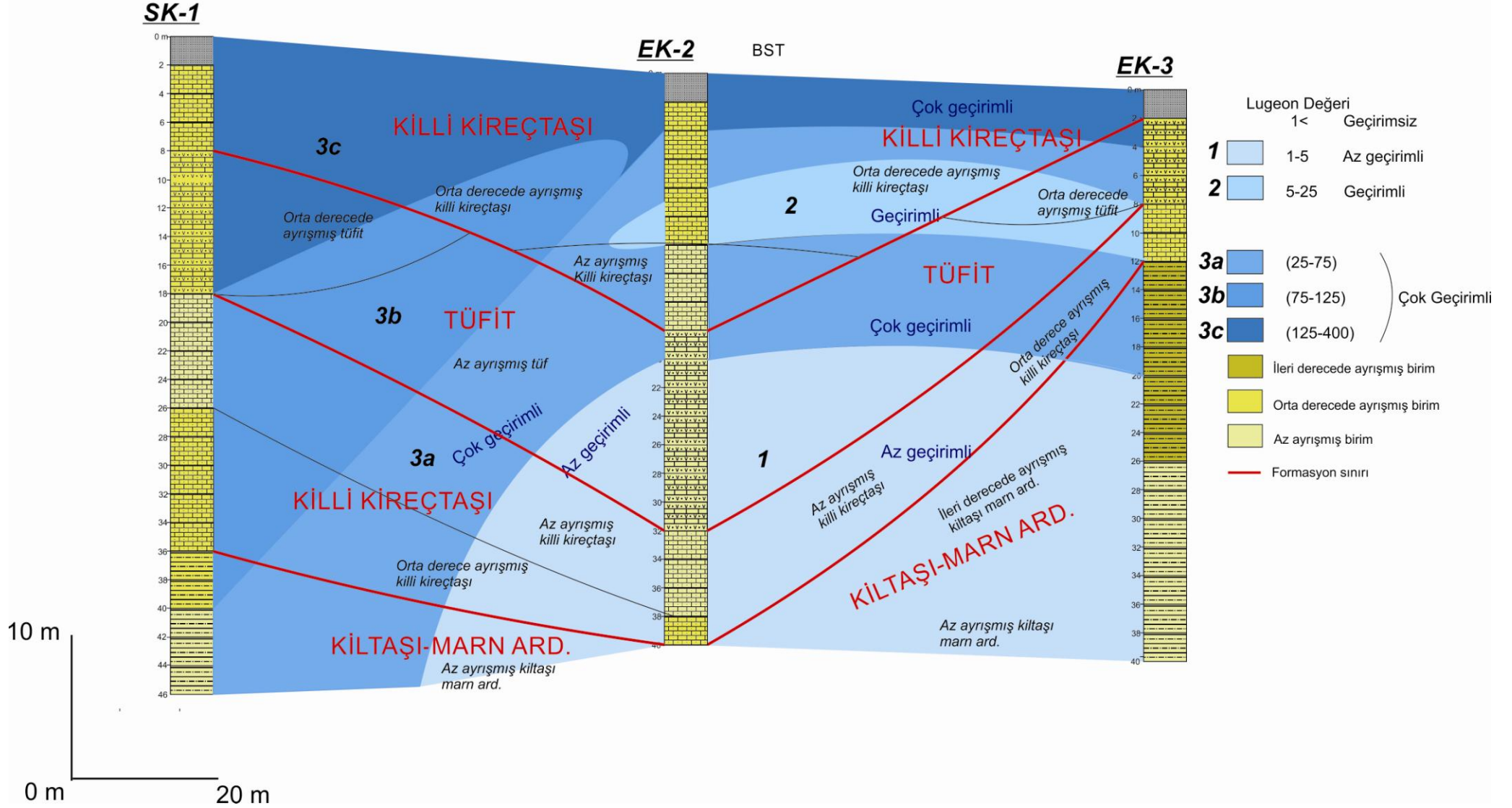
KG doğrultulu aldığımız kesitin en güneyinde yer alan EK-3 kuyusunda yüzeye yakın yerlerde ayrılmış tuf seviyeleri gözlenmiştir. Bu seviyelerde lugeon değerleri yüksek olduğundan dolayı geçirimli-çok geçirimli olarak tanımlanmıştır. Ancak yine EK-2'ye benzer bir durum EK-3'te de vardır. 24. metreden kuyu sonuna kadar az ayrılmış kilitli seviyesine geçiş söz konusudur ve bu seviyeler lugeon değerleri 0.4 ile 5 arasında değiştiğinden az geçirimli-geçirimsiz olarak tanımlanmıştır. Yine EK-2 ye benzer olarak derinlere doğru kilitli-marn seviyelerinin RQD değerleri artmıştır ve ayrışma dereceleri azalmıştır.

Sonuç olarak gölet gövdesine yaklaşık dik gelecek şekilde alınan SK-1, EK-2, EK-3 (B-B') kesitine baktığımızda; gölet aks bölgesinde açılan SK-1 kuyusunun tamamıyla çok geçirimli olduğu gözükmektedir. Güneye doğru geldiğimizde ise yani gölet aks bölgesinden uzaklaşıp rezervuar alanına girdiğimizde ise derinliğin arttıkça birimlerin daha sağlam hale geldiği RQD değerlerinin arttığı ve dolayısıyla geçirimsizliğin azaldığı hatta kısmen de geçirimsiz bölgeler olduğu tespit edilmiştir.

B

Çağış Gölet Yeri B-B' Geçirimsizlik Kesiti

B'



Şekil 3.22: Gölet rezervuar alanı B-B' (SK-1, EK-2 ve EK-3) geçirimsizlik kesiti.

3.6.5.2 Jeofizik Verilerin Değerlendirilmesi

Çağış Göleti gövde ve göl alanında kırık yapılar ve devamlılığını belirlemek amacıyla jeofizik öz direnç yöntemi uygulanarak 2B, 3B rezistivite tomografi ölçüleri alınmıştır.

Etüt sahasında, amaca yönelik olarak 5 m aralıklı 310 m uzunluğunda (Hat-1) ve 8 m aralıklı 328 m uzunluğunda (Hat-3) Dipol-Dipol ve Wenner-Schlumberger elektrot tertipleri kullanılarak iki boyutlu (2B) öz direnç ölçüleri alınmıştır. Ayrıca, X yönünde 10 m aralıklı 410 m uzunluğunda ve Y yönünde 4 m açıklıkta olan (Hat-2) Dipol-Dipol ve Mixed elektrot tertibi kullanılarak üç boyutlu (3B) öz direnç ölçüleri alınmıştır. Elde edilen bu veriler bilgisayara aktararak jeolojik bilgiler ışığında bilgisayar programı aracılığıyla değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda zemini oluşturan tabakaların özelliği ortaya konulmaya çalışılmıştır. Topografik ölçüler ve kot farkları öz direnç kesitlerine yansıtılmıştır.

Hat-2 üzerinde, 22-23 nolu elektrotlar arasında (SK-2 sondaj kuyusu yanında) ve Hat-1 üzerinde 41 nolu elektrot merkez olacak şekilde toplam iki adet tek boyutlu düşey elektrik sondaj ölçüsü alınmıştır. DES ölçülerinin alınmasında Schlumberger elektrot dizilimi kullanılmıştır. DES ölçümlerinde AB/2 120-140m aralığında seçilmiştir. Bu uygulama sonucunda elde edilen görünür öz direnç değerleri log kağıdına işlenerek arazi eğrileri elde edilmiştir. Arazi eğrileri Orenella-Money iki tabaka eğrileri ve Ebert yardımcı abak eğrileri ve rezistivite bilgisayar programlarından faydalanılarak değerlendirilmiş ve zemini oluşturan tabakaların düşey yönde derinlikle değişimi ortaya konmuştur.

Çağış Göleti'nde gövde ve göl alanının muhtelif yerlerinde 2B ve 3B rezistivite tomografi etüdü yapılmıştır. Alınan ölçüler değerlendirilerek 2B ve 3B rezistivite kesitlerinde sunulmuştur (Şekil 3.24, 3.25, 3.26). Ayrıca, sahada 1B rezistivite çalışması yapılmış olup elde edilen veriler değerlendirilerek 2 boyutlu ölçümler ile uyumlu olduğu görülmüştür.

- Hat-1. 2B Rezistivite Tomografi Kesiti

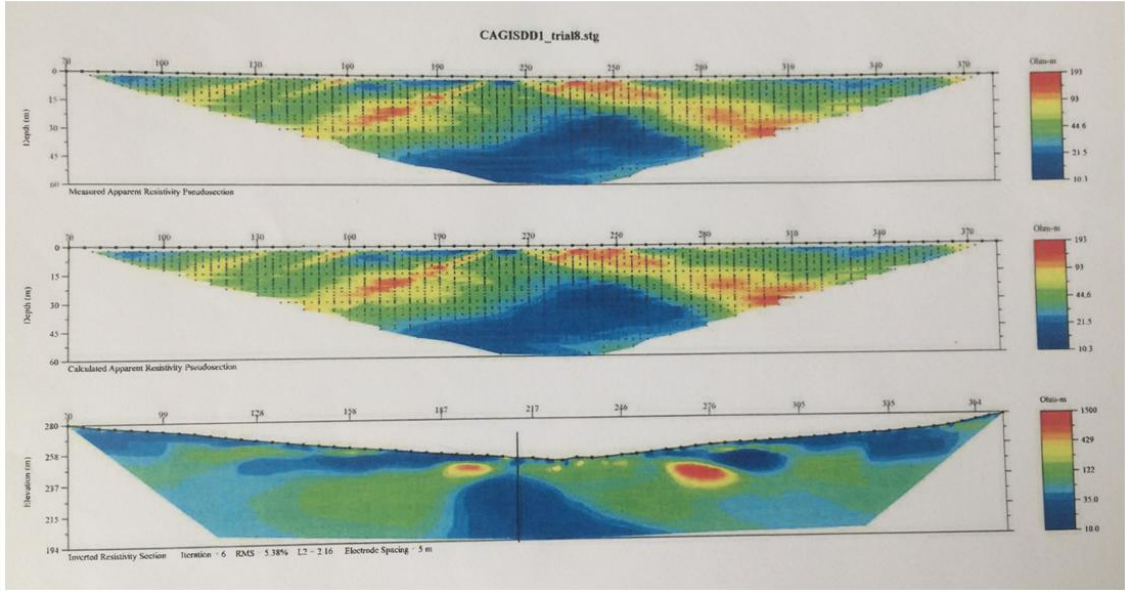
Göl alanında ve aksa yaklaşık 90 m uzaklıkta sol ve sağ sahili kesecek şekilde 2B Rezistivite ölçüsü (Hat-1) alınmıştır. Çalışmada 63 elektrot kullanılmış olup, elektrot aralıkları 5 m, serim uzunluğu 310 m'dir. Hazırlanan protokolle yaklaşık 75m derinliğe inilmiştir. Elde edilen kesit incelendiğinde, yüzeyden yer yer yaklaşık 5-15m derinliğe ulaşan, düşük rezistiviteli bir birimin yer aldığı görülmektedir. Bu birimini altında yüksek rezistiviteli, kireçtaşı olarak yorumlayabileceğimiz birim mevcuttur. Ancak, 30 nolu elektrot (ölçü üzerinde 212 m) civarında düşük rezistiviteli birim süreksizlik (kırık) olarak yorumlanmıştır (Şekil 3.24, 3.25, 3.26). Bu düşük rezistiviteli birim üzerinde yer alan kireçtaşı kalınlığı yaklaşık 15 m civarındadır. Dere yatağı boyunca kireçtaşının sol sahil ve sağ sahile dalım yaptığı görülmektedir. Genel istiflenme kireçtaşı, killi kireçtaşı ve kıltaşı olarak yorumlanmıştır.

- Hat-2. 3D Rezistivite Tomografi Kesiti

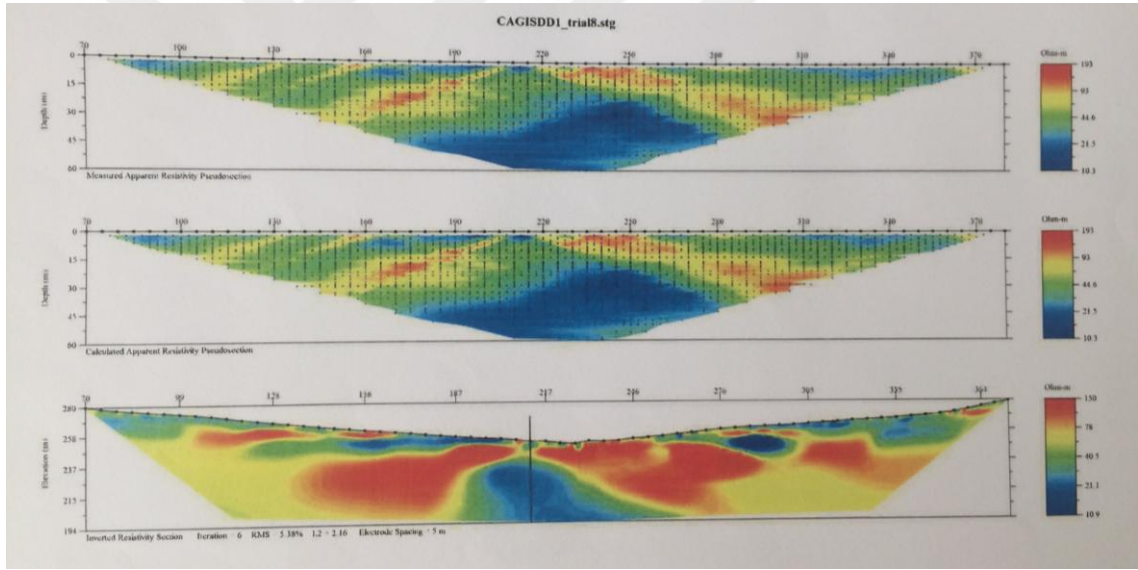
Talveg üzerinde yer alan yolda 410 m uzunluğunda, $y=4$ m hat aralıklı serim üzerinde çok kanallı rezistivite cihazı kullanılarak 3B rezistivite tomografi çalışması yapılmıştır. Çalışmada 84 elektrot kullanılmış ve elektrot aralıkları 10m alınmıştır. Elektrot tertibi olarak Dipol-Dipol ve Mixed dizilimi seçilmiştir. Hazırlanan protokolle yaklaşık 75-95m arası derinliğe inilmiştir. Bu uygulamada, kullanılan elektrot geometrisi düzeneği ile alınan 3B rezistivite ölçüleri, ters çözüme tabi tutulmuş ve ters çözüm sonucunda 3B rezistivite kesiti elde edilmiştir (Şekil 3.27, 3.28). Elde edilen kesit incelendiğinde, düşey yönde 20-25m den sonra yer alan ve düşük rezistiviteli anomali veren birimin kıltaşı olacağı öngörülmüştür.

- Hat-3. 2B Rezistivite Tomografi Kesiti

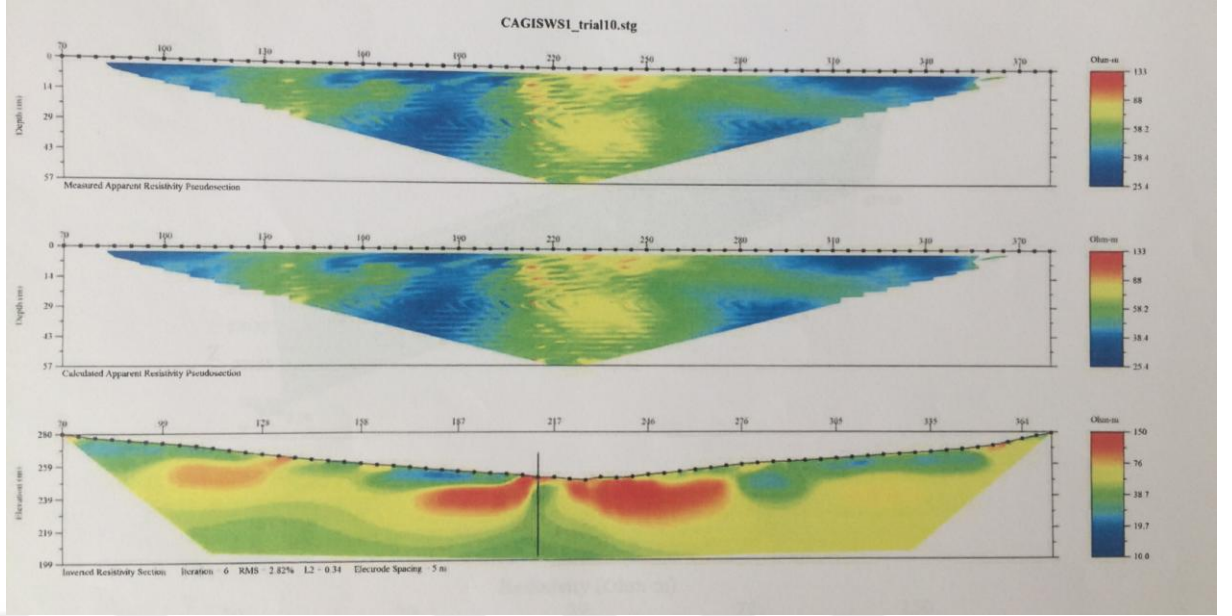
Etüt sahasında, sol sahilde dereye paralel olarak 8 m elektrot aralıklı, 328 m uzunluğunda Dipol-Dipol elektrot tertibi kullanılarak iki boyutlu (2B) öz direnç ölçüleri alınmıştır. Çalışmada 42 elektrot kullanılmış ve hazırlanan protokolle yaklaşık 75 m derinliğe inilmiştir. Elde edilen Hat-3 ve Hat-2 serimi verilerinin değerlendirilmesi sonucu memba tarafından mansap tarafına doğru kireçtaşının kalınlığının azaldığı görülmektedir (Şekil 3.29) Daha derinde Killi kireçtaşı ve kıltaşı birimlerinin olduğu öngörülmüştür.



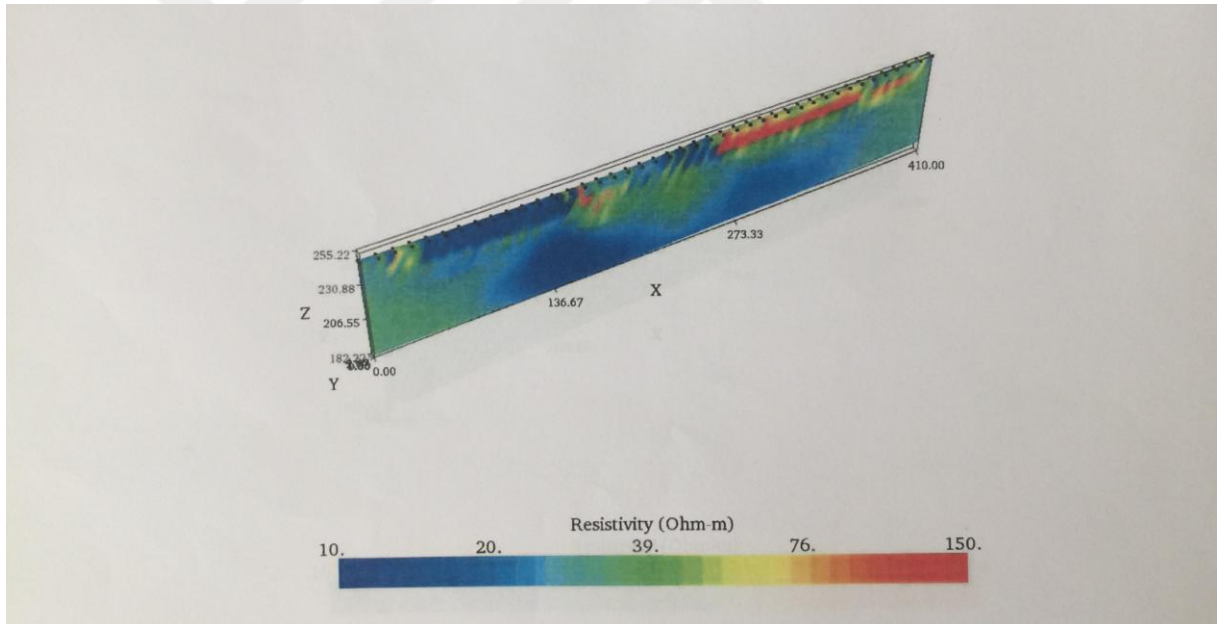
Şekil 3.23: Hat-1 Çağış Gölet Yeri 2 boyutlu Rezistivite Tomografi Kesiti (Dipol-Dipol 5m elektrot aralıklı).



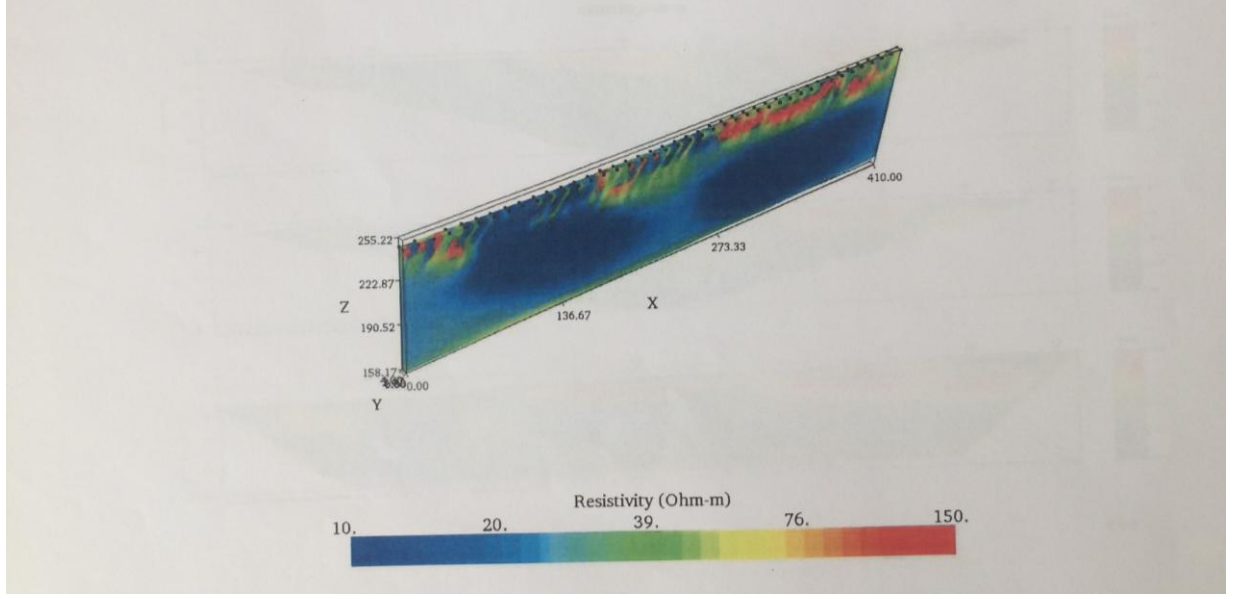
Şekil 3.24: Hat-1 Çağış Gölet Yeri 2 boyutlu Rezistivite Tomografi Kesiti (Dipol-Dipol 5m elektrot aralıklı).



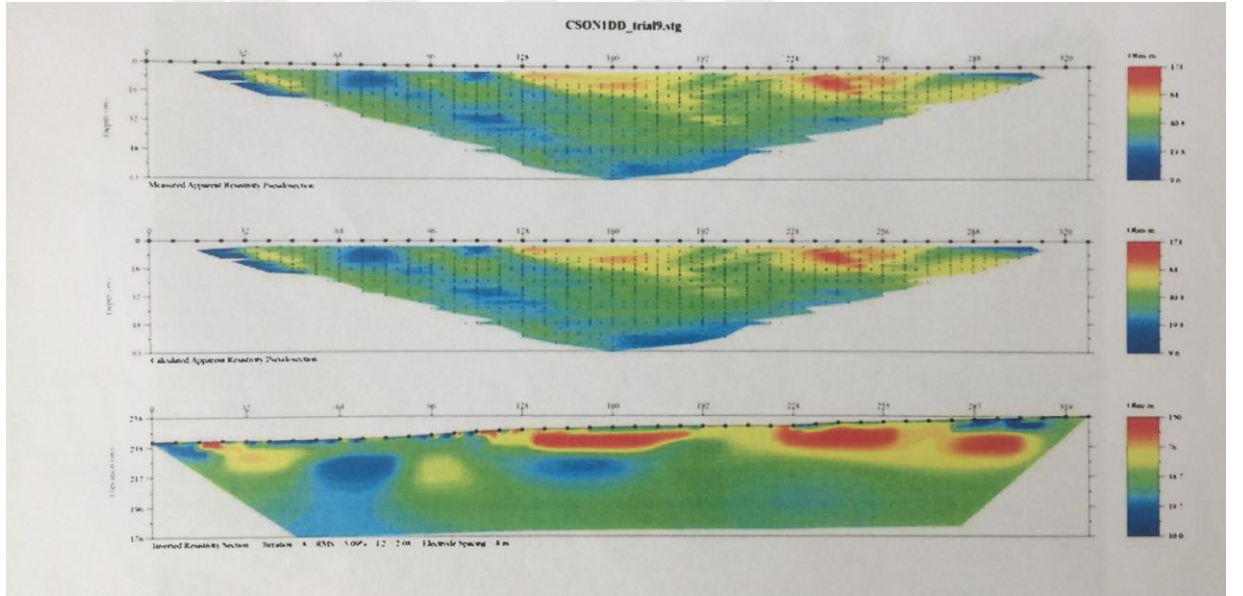
Şekil 3.25: Hat-1 Çağış Gölet Yeri 2 boyutlu Rezistivite Tomografi Kesiti (Mixed 5 m elektrot aralıklı).



Şekil 3.26: Hat-2 Çağış Gölet Yeri 3 boyutlu Rezistivite Tomografi Kesiti (Dipol-Dipol 10 m*4 m elektrot aralıklı).



Şekil 3.27: Hat-2 Çığış Gölet Yeri 3 boyutlu Rezistivite Tomografi Kesiti (Mixed 10m*4m elektrot aralıklı).



Şekil 3.28: Hat-3 Çığış Gölet Yeri 2 boyutlu Rezistivite Tomografi Kesiti (Dipol-Dipol 8m elektrot aralıklı).

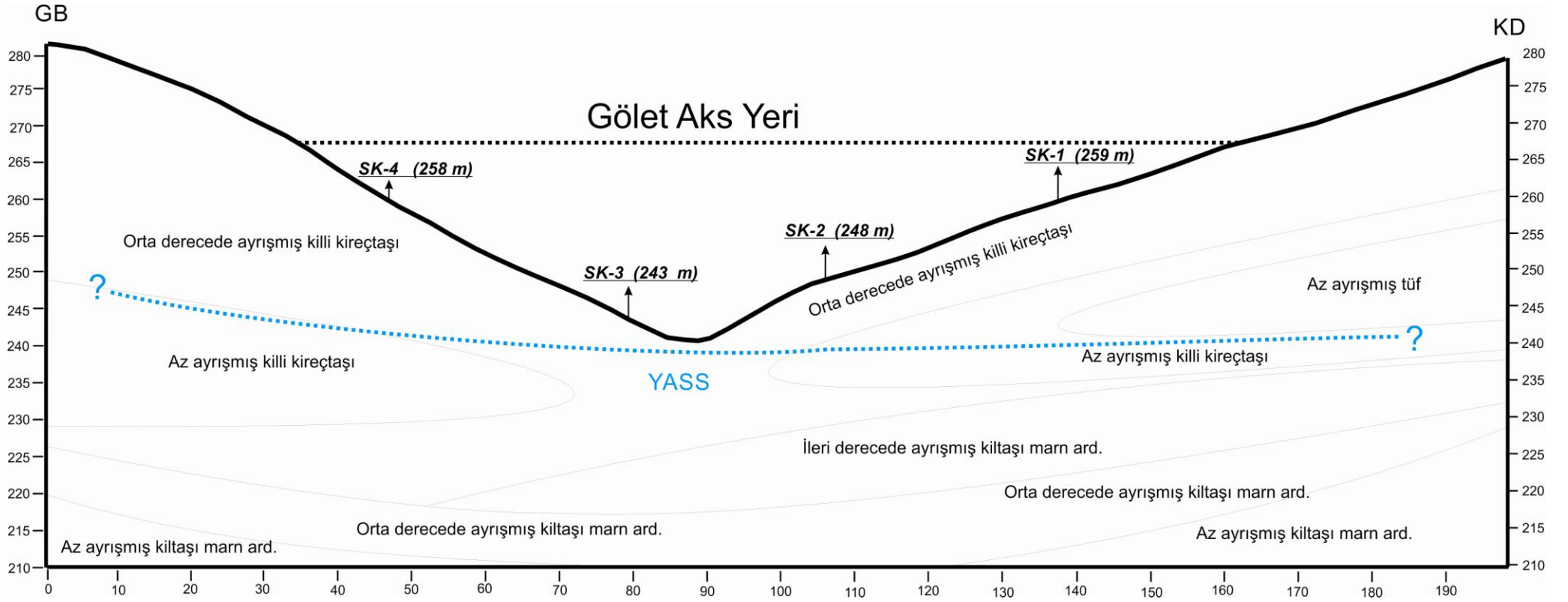
3.7 Yamaç Duraylılığı Analizi

Yamaç duraylılığı analizi için çalışma sahasından tüm veriler toplandıktan sonra bazı varsayımlar yapılır. Bunlara dayanılarak gölet aks yerinde dairesel bir kayma olabileceğine karar verilirse şev geometrisi kesitlerinden hangilerinin problemin çözümüne uygun olacağı belirlenir.

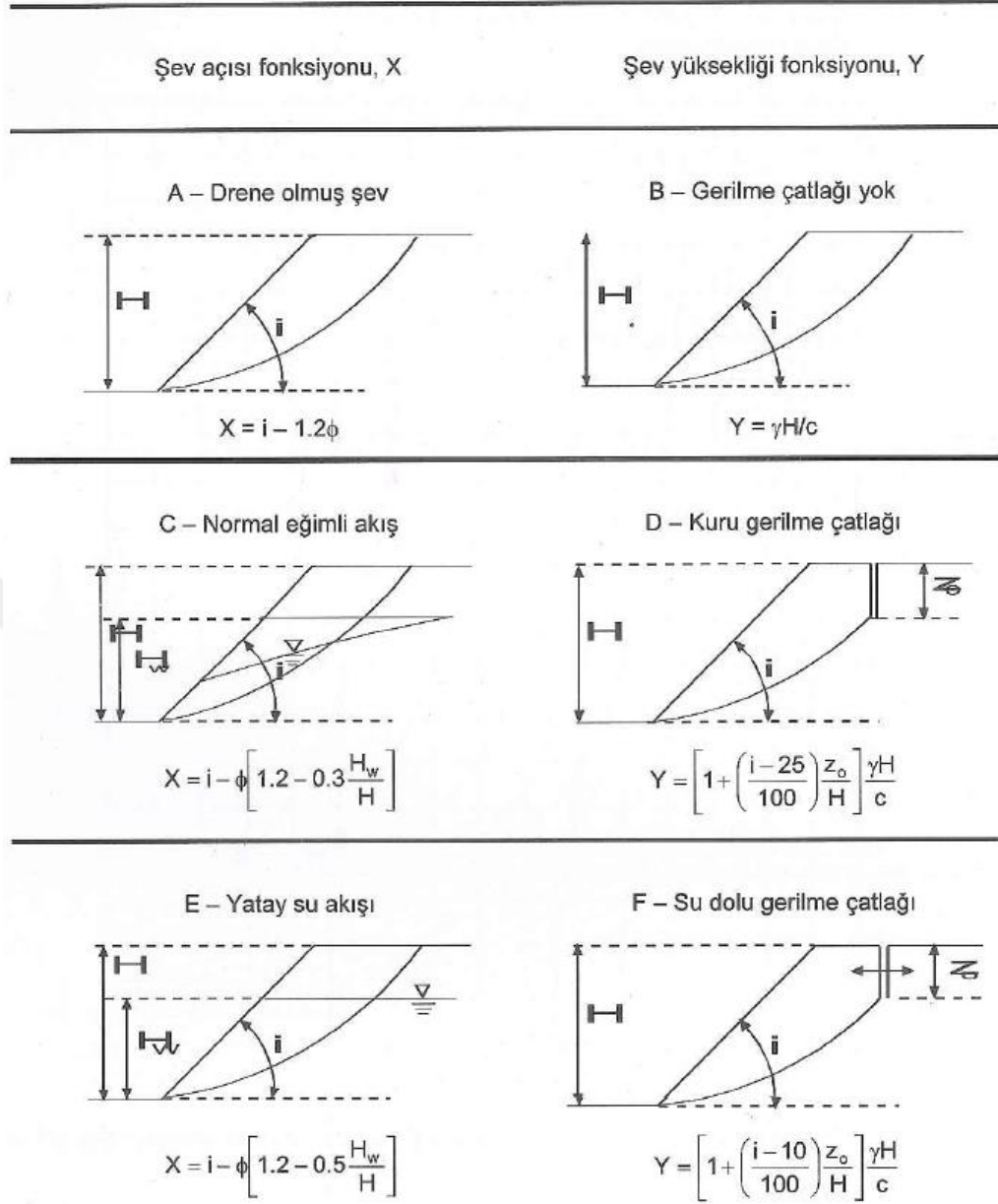
Gölet alanında yapılan arazi çalışmalarından yararlanılarak bazı varsayımlar yapılmıştır. Bu doğrultuda gölet aks yerindeki jeoteknik birimlerin derinlikle ilişkisini görebilmek amacıyla sol sahil ile sağ sahil arasında bir kesit alınmıştır (Şekil 3.30)

Gölet aks yerinde aksa paralel alınan kesitte görüldüğü gibi ayrışma ve litolojiye göre ayırtlanmış birimler; orta derecede ayrışmış killi kireçtaşı, az ayrışmış killi kireçtaşı, ileri derecede ayrışmış kiltası-marn ar dalanması, orta derecede ayrışmış kiltası-marn ar dalanması ve az ayrışmış kiltası-marn ar dalanması şeklinde yer almaktadır. Yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları ayırtlanan bu jeoteknik birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri ayrıntılı şekilde incelenmiş ve yamaç duraylılığı analizleri yapılmıştır.

Genellikle zemin özelliklerine sahip malzemelerde, ileri derece ayrışmış veya çok parçalanmış zayıf kayalarda, pasa yığınlarında ve dolgularda dairesel yüzeyler boyunca gelişen kaymaların analizi için bir ön değerlendirme yapılmasına olanak sağlayan ve pratik amaçlarla kullanılacak şev geometrisi kesitleri, eşitlikleri ve tasarım grafiği Şekil 3.31' de verilmiştir. Problemin çözümünde güvenlik katsayısı hesaplanabildiği gibi, başlangıçta bir güvenlik katsayısı seçilip ve tersi bir yol izelenerek şev açısı da belirlenebilir (Hoek, 1970).



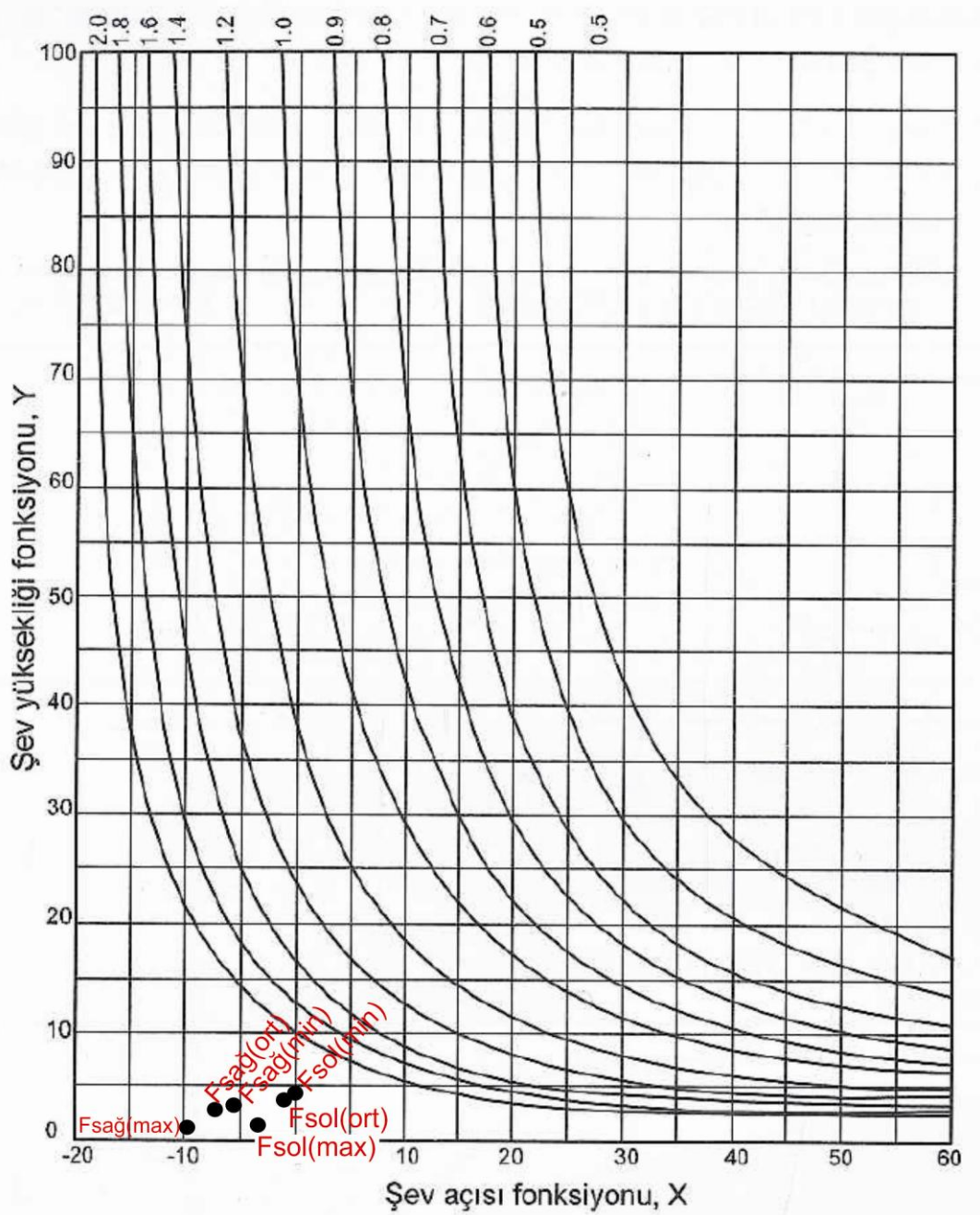
Şekil 3.29: Gölet aks yerinde sol yamaç ve sağ yamaç arası kesiti.



Şekil 3.30: Dairesel kaymanın grafik yöntemle analizi için şev kesitleri ile ilgili eşitlikler (Hoek, 1970).

Gölet aks alanında her iki yamaç için de şev duraylılığı analizi yapılmıştır. Hoek ve Bray tarafından önerilen farklı 2 yöntem kullanılarak her iki yamaç için de güvenlik katsayısı hesaplanmıştır. Arazi çalışmalarındaki gözlemlere de dayanarak (Şekil 3.31) şev açısı fonksiyonu yatay su akışı, şev yükselme fonksiyonu için de gerilme çatlaklı yok durumlarından yola çıkarak, ilgili eşitliklerden faydalanılmıştır.

Yapılan şev duraylılığı analizinin daha nitelikli sonuç vermesi amacıyla, kullanılan kaya kütlesi dayanım özellikleri değerlerinin minimum, ortalama ve maksimum olduğu durumlardaki güvenlik katsayısı değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır (Şekil 3.32).



Şekil 3.31: Güvenlik katsayısı abağı (Hoek, 1970).

Yapılan analiz için şev yüksekliği fonksiyonu (Y) ve şev açısı fonksiyonu (X) değerleri şekil deki formüllerden yararlanılarak hesaplanmıştır. X değerini hesaplamak için olası yenilmenin orta derecede ayrılmış killi kireçtaşı (1b) içerisinde

olacağı düşünülerek, yapılan analizlerde bu birimin c , ϕ , birim hacim ağırlık gibi değerleri kullanılmıştır. Ayrıca c ve ϕ değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri kullanılarak ayrı ayrı güvenlik katsayısı hesaplamaları yapılmıştır.

Buna göre;

Sol sahil için $F_{sol}(\min)$ hesaplamasında kullanılan girdi parametreleri;

i (şev açısı) = 26° , $\phi = 30^\circ$, $c = 159$ MPa, $H_w = 20$ m, $H = 30$ m

Sol sahil için $F_{sol}(\text{ort})$ hesaplamasında kullanılan girdi parametreleri;

$i = 26^\circ$, $\phi = 31^\circ$, $c = 186$ MPa, $H_w = 20$ m, $H = 30$ m

Sol sahil için $F_{sol}(\max)$ hesaplamasında kullanılan girdi parametreleri;

$i = 26^\circ$, $\phi = 34^\circ$, $c = 305$ MPa, $H_w = 20$ m, $H = 30$ m

olarak kullanılmıştır.

Sağ sahil için $F_{sağ}(\min)$ hesaplamasında kullanılan girdi parametreleri;

$i = 21^\circ$, $\phi = 30^\circ$, $c = 159$ MPa, $H_w = 16$ m, $H = 27$ m

Sağ sahil için $F_{sağ}(\text{ort})$ hesaplamasında kullanılan girdi parametreleri;

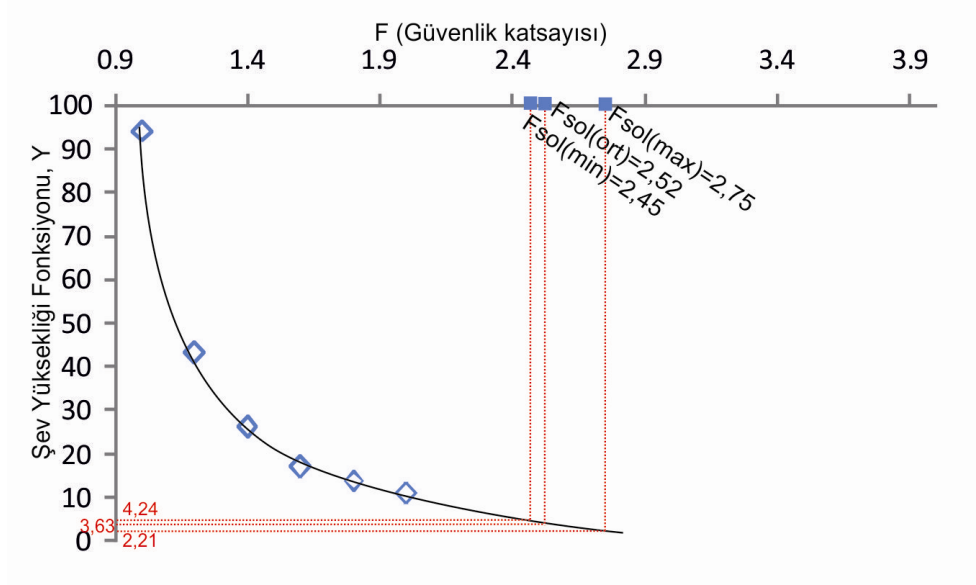
$i = 21^\circ$, $\phi = 31^\circ$, $c = 186$ MPa, $H_w = 16$ m, $H = 27$ m

Sağ sahil için $F_{sağ}(\max)$ hesaplamasında kullanılan girdi parametreleri;

$i = 21^\circ$, $\phi = 34^\circ$, $c = 305$ MPa, $H_w = 16$ m, $H = 27$ m

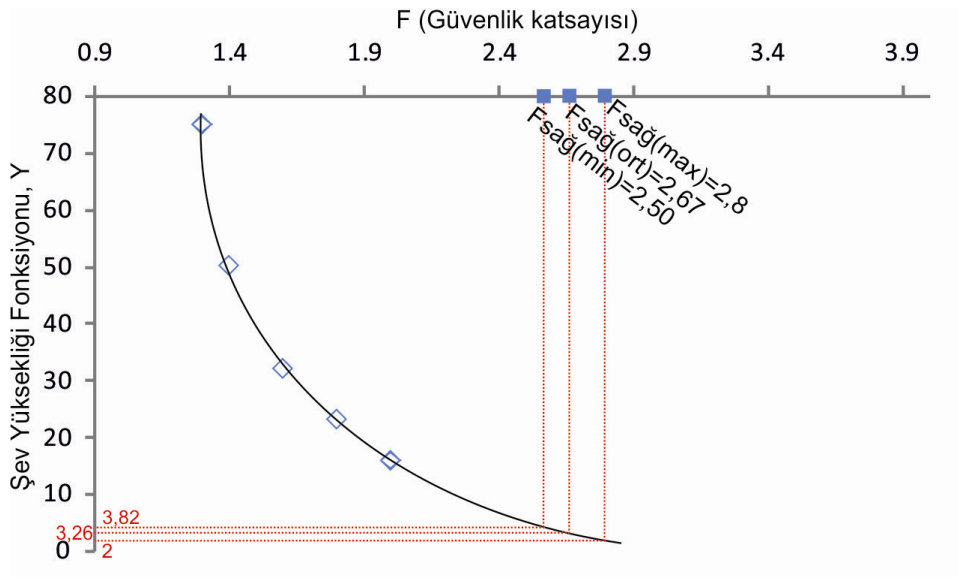
Ancak grafikte her iki yamaç için de çakışan bölgede sonuç eğrisi bulunmadığı için grafikten faydalanılarak her iki yamaç için de dağılım eğrileri çizilmiştir. Bu dağılım eğrilerinden faydalanılarak minimum, ortalama ve maksimum değerler için güvenlik katsayısı değerleri okunmuştur.

Sol yamaç için yapılan güvenlik katsayısı hesaplamaları sonucunda Şekil a daki eğri elde edilmiştir. Buna göre sol yamaç için; $F_{sol}(\min) = 2.45$, $F_{sol}(\text{ort}) = 2.52$ ve $F_{sol}(\max) = 2.75$ değerleri elde edilmiştir (Şekil 3.33).



Şekil 3.32: 1.yöntem ile hesaplanan F_{sol} (min, ort, max).

Sağ sahil için yapılan güvenlik katsayısı hesaplamaları sonucunda Şekil a daki eğri elde edilmiştir. Buna göre sağ sahil için; $F_{sağ}(min)= 2.5$, $F_{sağ}(ort)= 2.67$ ve $F_{sağ}(max)= 2.8$ değerleri elde edilmiştir (Şekil 3.34).



Şekil 3.33: 1. yöntemle hesaplanan $F_{sağ}$ (min, ort, max).

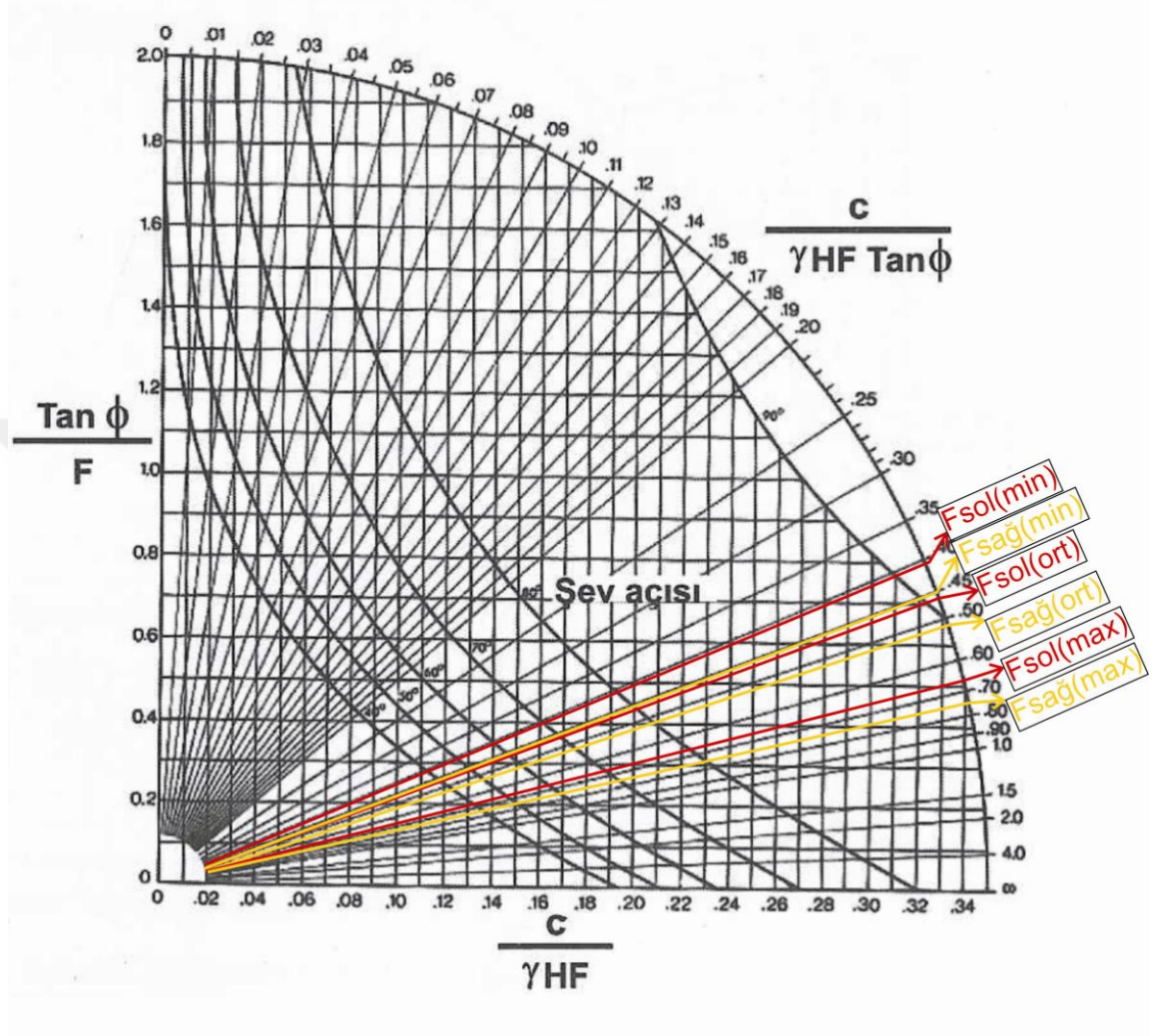
Yamaç duraylılığı analizi için kullandığımız 2.yöntem Hoek ve Bray(1977) tarafından homojen şevlerde meydana gelen dairesel kaymalar için geliştirilmiş olup, yöntemin uygulanmasında kayma yüzeyinin topuktan geçtiği varsayılır.

Bu yöntemin uygulanmasında yeraltısuyu durumuna göre uygun şev kesiti belirlenir (Şekil 3.35) bu kesite ait grafik dikkate alınarak güvenlik katsayısı hesaplanır.

YERALTISUYU DURUMU	GRAFİK
DRENE OLMUŞ ŞEV	1
YÜZEYDE SUYUN ŞEV TOPUĞUNA 8 X ŞEV YÜKSEKLİĞİ OLAN UZAKLIĞI	2
YÜZEYDE SUYUN ŞEV TOPUĞUNA 4 X ŞEV YÜKSEKLİĞİ OLAN UZAKLIĞI	3
YÜZEYDE SUYUN ŞEV TOPUĞUNA 2 X ŞEV YÜKSEKLİĞİ OLAN UZAKLIĞI	4
DOYGUN ŞEV	5

Şekil 3.34: Şekil Dairesel kaymanın grafik yöntemle analizinde geçerli olan yeraltısuyu koşulları (Hoek ve Bray, 1977).

Arazi çalışmalarındaki gözlemlere de dayanarak Hoek ve Bray tarafından önerilen yeraltısuyu koşullarından 4. koşul seçilmiş ve bu koşul için oluşturulan sonuç abağında faydalanılarak güvenlik katsayısı hesabı yapılmıştır (Şekil 3.36).



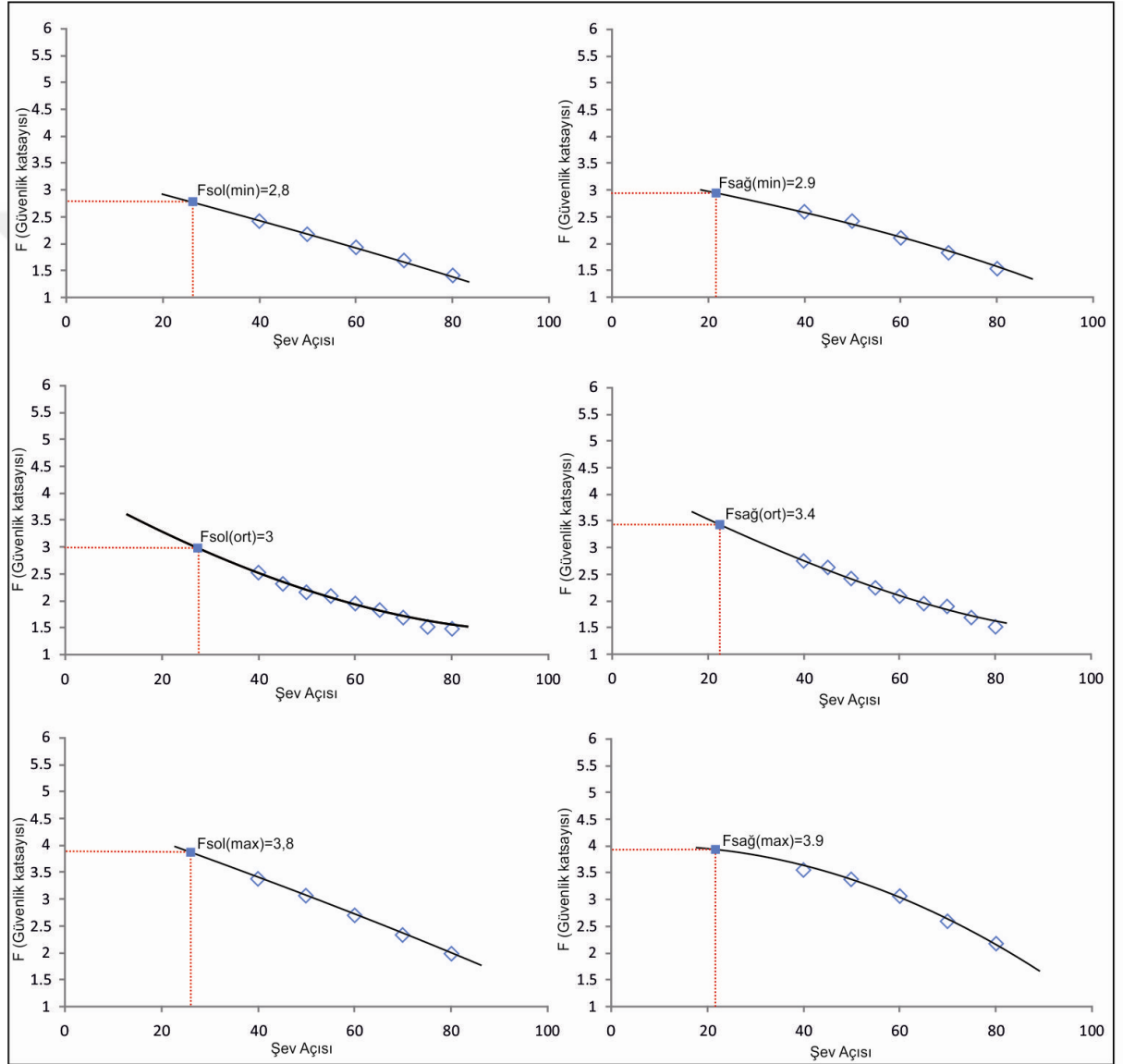
Şekil 3.35: Güvenlik katsayısı abağı (2. yöntem).

Dairesel kayma analizi için önerilen grafikten faydalanılarak güvenlik katsayısı hesaplanmıştır. Ancak grafikte hesapladığımız $(C/\gamma HF \tan \phi)$ ile şev eğimleri kesişmediği için grafikten faydalanılarak her bir durum için dağılım eğrisi çizilmiş ve bunun sonucunda güvenlik katsayısı değerleri elde edilmiştir.

Şev duraylılığı analizi için kullandığımız 1. yöntemde olduğu gibi bu yöntemde de c ve ϕ değerleri için minimum, ortalama ve maksimum koşullar dikkate alınarak güvenlik katsayısı hesabı yapılmıştır.

Ancak 2. yöntem için kullanılan sonuç grafiğinde her iki sahil için de çakışan bölgede sonuç eğrisi bulunmadığı için grafikten faydalanılarak her bir koşul için dağılım eğrileri çizilmiş ve bunun sonucunda güvenlik katsayısı değerleri hesaplanmıştır (Şekil 3.37).

Elde edilen grafikler sonucunda $F_{sol(min)}= 2.8$, $F_{sol(ort)}= 3$, $F_{sol(max)}= 3.8$, $F_{sağ(min)}= 2.9$, $F_{sağ(ort)}= 3.4$ ve $F_{sağ(max)}= 3.9$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.36: 2. yöntemle hesaplanan F değerleri.

3.8 Çağış Göleti Gövdesinde Kullanılacak Malzeme Araştırmaları

3.8.1 Malzeme İhtiyacı

Çağış Göleti'nin tipi planlama aşamasında “Kil Çekirdekli Kaya Dolgu” olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda gövdede kullanılacak olan geçirimsiz kil, geçirimli-filtre ve kaya dolgu malzeme ihtiyaçları için uygun sahalara önerilmiştir.

3.8.2 Malzeme Sahaları

Balıkesir-Merkez-Çağış Göleti gövde dolgu yapısında kullanılacak malzemeler için belirlenen sahalarda planlama aşamasında DSİ 25. Bölge Müdürlüğü personeliyle beraber yürütülmüştür.

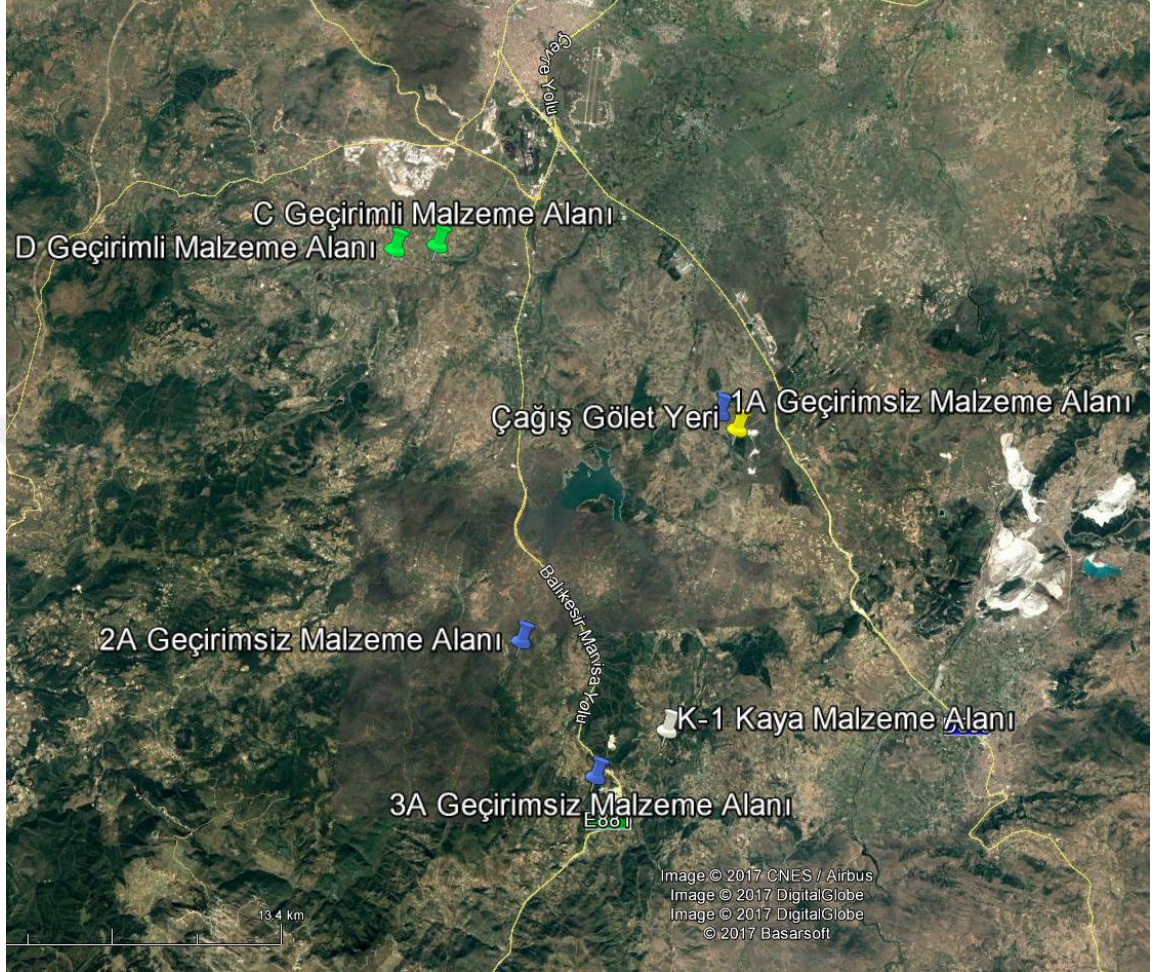
Planlama aşamasında 1A, 2A ve 3A Geçirimsiz Malzeme sahaları, C ve D Geçirimli malzeme sahaları, K-1 ise Kaya malzeme sahası olarak raporlanmıştır.

Planlama aşamasında incelenen malzeme sahalalarının niteliği, rezervleri ve yapıya uzaklıkları Tablo 3-11' de verilmiştir.

Tablo 3.11: Planlama aşamasında incelenen malzeme sahalalarının niteliği, rezervleri ve yapıya uzaklıkları.

Malzeme Sahaları	İşletme Derinliği (m)	Geçirimsiz Malzeme Rezervi (m ³)	Geçirimli Malzeme Rezervi (m ³)	Kaya Malzeme Rezervi (m ³)	Aks Yerine Uzaklık (km)	Alan (m ²)
1A-	1,50	3 000	-----	-----	0+400	2 000
2A-	1,50	6 030	-----	-----	32+500	6 700
3A-	2.50	327 500	-----	-----	30+000	131 300
C-Geçirimli	2.00	-----	35 280	-----	23+500	19 600
D-Geçirimli	1.50	-----	39 555	-----	25+500	29 300
K-1 Kaya	10.00	-----	-----	708 800	27+500	88 600

Malzeme alanları 1/25000 ölçekli Balıkesir İ19-c4, J19-b2 ve J19-b3 topografik haritaları içerisinde yer alır. Arazi çalışmaları kapsamında alınana örnekler üzerindeki deneyler DSİ tarafından yapılmıştır (Şekil 3.38).



Şekil 3.37: Malzeme alanları yerbulduru haritası.

3.8.2.1 Geçirimsiz Malzeme Alanları

3.8.2.1.1 1A-Geçirimsiz Malzeme alanı

Araştırma yapılan alan Çağış Göleti'ne yaklaşık 400 m uzaklıkta olup toprak yolla ulaşım mümkündür.

Arazi çalışmaları kapsamında derinliği yaklaşık 2 m olan bir araştırma çukuru açılmış ve bu çukurdan 1 adet örselenmiş numune (A-102) alınmıştır (Şekil 3.39).



Şekil 3.38: A-102 Araştırma çukuru

1A- Geçirimsiz malzeme alanındaki birim, çevrede izlenen Alt Boratlı birimin ayrışması ile meydana gelen killi, kumlu-çakıllı seviyelerden oluşmaktadır.

Alınan örnekte yapılan elek analizi deneyi sonucuna göre, A-102 no'lu araştırma çukuru için malzeme yüzdeleri % 46,6 Kil-Silt, %43.6 Kum, %9.8 Çakıl olarak bulunmuştur.

A-102 numunesinin "Likit Limit" değeri 55.7, "Plastisite İndisi" değeri 26.4 olarak bulunmuştur. DSİ şartnamesine göre uygun aralıktadır.

A-102 numunesinin "Optimum Su içeriği", 20.5 değeri olarak uygun aralıktadır. A-102 numunesinin "Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık", 1.75 değeri olarak uygun aralıktadır.

A-102 numunesinin "Permeabilite", $2.85 \cdot 10^{-6}$ değeri olarak uygun aralıktadır.

Araştırma yapılan alandan alınan, 1 adet örselenmiş örnek üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine ait sonuçlar Tablo 3.12'de verilmiştir.

Tablo 3.12: A-102 örselenmiş numunesinin deney sonuçları

Numune No	Hidrometre ve Elek Analizi (Tane Boyu Dağılımı)				Birleştirilmiş Zemin Sınıfı	Zemin Tanımlaması	
	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)			
A-102	9,8	43,6	46,6		SC	Killi Kum, Kötü Dereceli Kum-Kil Karışımları	
Numune No	Atterberg Limitleri			Standart/Modifiye Proktör		Bağlı Yoğunluk (gr/cm ³)	Permeabilite (k) (cm/sn)
	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Max. kuru Birim ağırlık (gr/cm ³)	Optimum Su İçeriği (%)		
A-102	55,7	29,3	26,4	1,75	19,6	2,63	2,85x10 ⁻⁶

Göletin gövde dolgusunda geçirimsiz malzeme olarak kullanılacak olan 1A-Geçirimsiz sahası ihtiyacı karşılamaması durumunda 2A-Geçirimsiz ve 3A-Geçirimsiz malzeme sahaları temin edilecektir.

Tablo 3.13: Geçirimsiz malzeme için standartlara uygun aralık değerleri

Deney Türü	Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Alt Limit	Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Üst Limit
Bağlı Yoğunluk	2,5	2,8
Doğal su muhtevası (%w)	İnşa aşamasında optimum -2	İnşa aşamasında optimum +2
Standart proktor (optimum su muhtevası) (%w)	15	25
Standart proktor (maksimum kuru birim ağırlık) gr/cm ³	1,43	1,87
Plastisite indisi (%)	14	20
Atterberg limitleri (likit limit) (%)	40	50
Şişme potansiyeli (%)		20

Atterberg limitleri (büzülme limiti) (%)	15	25
Elek analizi	İçinde en az %12 kil özelliği gösteren plastik ince malzeme bulunur	
Üç eksenli basınç deneyleri (kil)	$\phi = 15^\circ$ $c = 40 \text{ kN/m}^2$	$\phi = 22^\circ$ $c = 60 \text{ kN/m}^2$
Üç eksenli basınç deneyleri (kaya)	$\phi = 37^\circ$	$\phi = 45^\circ$
Üç eksenli basınç değerleri (kum)	$\phi = 30^\circ$	$\phi = 35^\circ$
Geçirgenlik	10^{-5} (cm/s)	10^{-8} (cm/s)

3.8.2.1.2 2A-Geçirimsiz Malzeme alanı

Araştırma yapılan alan Çağış Göleti'ne yaklaşık 32 km uzaklıkta olup toprak ve asfalt yolla ulaşım mümkündür.

Arazi çalışmaları kapsamında derinliği yaklaşık 3 m olan bir araştırma çukuru açılmış ve bu çukurdan 1 adet örselenmiş numune (A-103) alınmıştır (Şekil 3.40).



Şekil 3.39: A-103 Araştırma çukuru.

2A- Geçirimsiz malzeme alanındaki birim, çevrede izlenen Rahmanlar Volkanitleri'nin (ayrışmış tuf ve aglomera) ayrışması ile meydana gelen yamaç molozunun killi, kumlu-çakıllı seviyelerinden oluşmaktadır.

Alınan örnekte yapılan elek analizi deneyi sonucuna göre, A-103 no'lu araştırma çukuru için malzeme yüzdeleri %26,00 Kil, % 12,79Silt, % 33,71 Kum, % 27,49 Çakıl olarak bulunmuştur.

A-103 numunesinin "Likit Limit" değeri 42, "Plastisite İndisi" değeri 21 olarak bulunmuştur. DSİ şartnamesine göre uygun aralıktadır.

A-103 numunesinin "Optimum Su içeriği", 22,3 değeri olarak uygun aralıktadır.

A-103 numunesinin "Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık", 1,79 değeri olarak uygun aralıktadır.

A-103 numunesinin "Permeabilite", $2,66 \cdot 10^{-7}$ değeri olarak uygun aralıktadır.

Araştırma yapılan alandan alınan, 1 adet örselenmiş örnek üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine ait sonuçlar Tablo 3.14'de verilmiştir.

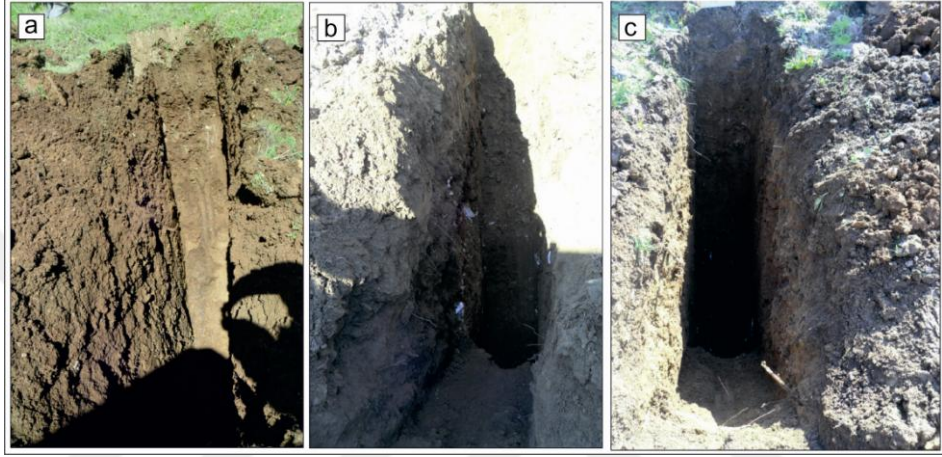
Tablo 3.14: A-103 örselenmiş numunesinin deney sonuçları

Numune No	Hidrometre ve Elek Analizi (Tane Boyu Dağılımı)				Birleştirilmiş Zemin Sınıfı	Zemin Tanımlaması	
	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)			
A-103	27,49	33,71	12,79	26,00	SC	Killi Kum, Kötü Dereceli Kum-Kil Karışımları	
Numune No	Atterberg Limitleri			Standart/Modifiye Proktör		Bağlı Yoğunluk (gr/cm^3)	Permeabilite (k) (cm/sn)
	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Max. kuru Birim ağırlık (gr/cm^3)	Optimum Su İçeriği (%)		
A-103	42	21	21	1,79	22,33	2,74	$2,66 \cdot 10^{-7}$

3.8.2.1.3 3A-Geçirimsiz Malzeme alanı

Araştırma yapılan alan Çağış Göleti'ne yaklaşık 30 km uzaklıkta olup toprak ve asfalt yolla ulaşım mümkündür.

Arazi çalışmalarında 3A-Geçirimsiz malzeme alanında 2,8-3,8 m arasında değişen derinliklerde 10 adet araştırma çukurları açtırılmış ve bu çukurlardan 11 adet örselenmiş numune alınmıştır (Şekil 3.41).



Şekil 3.40: AÇ-501, AÇ-502, AÇ-503 Araştırma çukurları.

3A-Geçirimsiz malzeme alanındaki birimi, çevrede izlenen Kınık Formasyonuna ve Soma Formasyonuna ait birimlerin ayrışmasıyla oluşan kırıntılı yamaç molozu şeklindeki birikimi ile bu birimlerin yerinde ayrışmasından oluşan toprak+yamaç molozu örtüsü ve alüvyon birikimi oluşturmaktadır.

Araştırma yapılan çukurlar için hidrometre ve elek analizi tane boyu dağılımı sonuçları;

AÇ-501no'lu araştırma çukuru için % 23,40 Kil+ Silt, % 35,70 Kum, % 41,00 Çakıl,

AÇ-502-Ano'lu araştırma çukuru için % 24,00 Kil, % 31,00 Silt, % 33,20 Kum, % 11,80 Çakıl,

AÇ-502-Bno'lu araştırma çukuru için % 26,70 Kil, % 27,10 Silt, % 34,00 Kum, % 12,20 Çakıl,

AÇ-503 no'lu araştırma çukuru için % 27,50 Kil, % 29,20 Silt, % 21,00 Kum, % 22,30 Çakıl,

AÇ-504 no'lu araştırma çukuru için % 40,70 Kil, % 27,60 Silt, % 30,40 Kum, % 1,30 Çakıl,

AÇ-505 no'lu araştırma çukuru için % 41,60 Kil, % 28,60 Silt, % 24,90 Kum, % 4,90 Çakıl,

AÇ-506 no'lu araştırma çukuru için % 30,70 Kil, % 24,10 Silt, % 42,10 Kum, % 3,10 Çakıl,

AÇ-507 no'lu araştırma çukuru için % 41,40 Kil, % 25,90 Silt, % 32,40 Kum, % 0,30 Çakıl,

olarak verilmiştir.

Geçirimsiz malzeme olarak kullanılacak alandan alınan numuneler üzerinde yapılan hidrometre ve elek analizi deneylerine göre numuneler SC (Killi Kum, Kötü Dereceli Kum-Kil Karışımları) karakterinde "İri Taneli Zeminler", CL (az-orta plastik inorganik killer) ve CH (yüksek plastisiteli inorganik killer) karakterinde "İnce Taneli Zeminler" grubunda olup, ortalama granülometrisi % 59,42 Kil+Silt, % 31,05 Kum, % 9,53 Çakıldır.

7 adet örnek numunenin (AÇ-501, AÇ-502-A, AÇ-504, AÇ-505, AÇ-507, AÇ-509 ve AÇ-510) "Likit Limit" değerleri 40-50 aralığında yani uygun, ve 2 adet örnek numunenin (AÇ-502-B ve AÇ-504) "Plastisite İndisi" değerleri 14-20 uygun aralığındadır.

11 adet örnek numunenin tamamında(AÇ-501, AÇ-502-A, AÇ-502-B, AÇ-503, AÇ-504, AÇ-505, AÇ-506, AÇ-507, AÇ-508, AÇ-509 ve AÇ-510) "Optimum Su İçeriği" değerleri 15-25 uygun aralığındadır.

11 adet örnek numunenin tamamında (AÇ-501, AÇ-502-A, AÇ-502-B, AÇ-503, AÇ-504, AÇ-505, AÇ-506, AÇ-507, AÇ-508, AÇ-509 ve AÇ-510) "Max. Kuru Birim Ağırlık" değerleri 1,43-1,87 uygun aralığındadır.

11 adet örnek numunenin tamamında (AÇ-501, AÇ-502-A, AÇ-502-B, AÇ-503, AÇ-504, AÇ-505, AÇ-506, AÇ-507, AÇ-508, AÇ-509 ve AÇ-510) “Özgül Ağırlık” değerleri 2,5-2,8 uygun aralığındadır.

11 adet örnek numunenin tamamında (AÇ-501, AÇ-502-A, AÇ-502-B, AÇ-503, AÇ-504, AÇ-505, AÇ-506, AÇ-507, AÇ-508, AÇ-509 ve AÇ-510) “Permeabilite” değerleri 10^{-6} - 10^{-8} cm/sn uygun aralığındadır.

Araştırma yapılan alandan alınan 11 adet (AÇ-501, AÇ-502-A, AÇ-502-B, AÇ-503, AÇ-504, AÇ-505, AÇ-506, AÇ-507, AÇ-508, AÇ-509 ve AÇ-510) örnek numune üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine ait sonuçlar Tablo 3.15'de verilmiştir.

Tablo 3.15: 3A Geçirimsiz malzeme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları

Numune No	Hidrometre ve Elek Analizi (Tane Boyu Dağılımı)				Birleştirilmiş Zemin Sınıfı	Zemin Tanımlaması
	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)		
	AÇ-501	41,00	35,70	23,40		
AÇ-502-A	11,8	33,20	31,00	24,00	CL	İnorganik Kil, Çakıllı Kumlu Kil, Siltli Kil, Az-Orta Plastik
AÇ-502-B	12,20	34,00	27,10	26,70	CL	İnorganik Kil, Çakıllı Kumlu Kil, Siltli Kil, Az-Orta Plastik
AÇ-503	22,30	21,00	29,20	27,50	CH	İnorganik Kil, Çok Plastik (Yağlı Killer)
AÇ-504	1,30	30,40	27,60	40,70	CL	İnorganik Kil, Çakıllı Kumlu Kil, Siltli Kil, Az-Orta Plastik
AÇ-505	4,90	24,90	28,60	41,60	CL	İnorganik Kil, Çakıllı Kumlu Kil, Siltli Kil, Az-Orta Plastik
AÇ-506	3,10	42,10	24,10	30,70	CL	İnorganik Kil, Çakıllı Kumlu Kil, Siltli Kil, Az-Orta Plastik

Numune No	Hidrometre ve Elek Analizi (Tane Boyu Dağılımı)				Birleştirilmiş Zemin Sınıfı	Zemin Tanımlaması
	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)		
	AÇ-507	0,30	32,40	25,90		
AÇ-508	3,70	25,9	26,10	44,30	CH	İnorganik Kil, Çok Plastik (Yağlı Killer)
AÇ-509	1,80	23,00	28,60	46,60	CL	İnorganik Kil, Çakıllı Kumlu Kil, Siltli Kil, Az-Orta Plastik
AÇ-510	2,40	39,00	22,30	36,30	CL	İnorganik Kil, Çakıllı Kumlu Kil, Siltli Kil, Az-Orta Plastik
ORTALAMA	9,53	31,05	59,42			

Tablo 3.16: 3A Geçirimsiz malzeme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları devamı

Numune No	Atterberg Limitleri			Standart/Modifiye Proktor		Bağıl Yoğunluk (gr/cm ³)	Permeabilite (k) (cm/sn)
	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Max. kuru Birim ağırlık (gr/cm ³)	Optimum Su İçeriği (%)		
AÇ-501	42,5	20,9	21,6	1,682	16,10	2,62	3,21x10 ⁻⁶
AÇ-502-A	42,6	16,4	26,2	1,586	18,10	2,64	1,13x10 ⁻⁷
AÇ-502-B	31,2	15,7	15,5	1,609	16,20	2,63	1,29x10 ⁻⁷
AÇ-503	56,1	22,1	34	1,539	21,00	2,70	1,63x10 ⁻⁸
AÇ-504	41,3	21,9	19,4	1,563	17,30	2,64	4,54x10 ⁻⁸
AÇ-505	45	22,7	22,3	1,625	20,40	2,65	5,77x10 ⁻⁸
AÇ-506	37,6	16,8	20,8	1,639	17,10	2,63	1,04x10 ⁻⁷
AÇ-507	42,3	20,4	21,9	1,548	21,30	2,64	3,41x10 ⁻⁸
AÇ-508	67,4	23,9	43,5	1,503	22,50	2,70	1,99x10 ⁻⁸

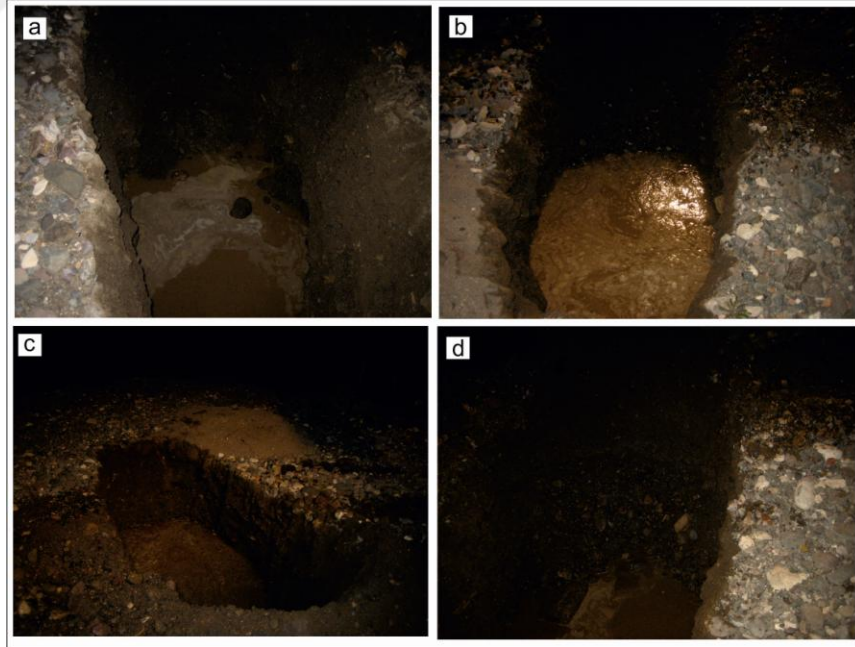
AÇ-509	47,4	23,1	24,3	1,523	22,60	2,65	$4,49 \times 10^{-8}$
AÇ-510	41,4	16,8	24,6	1,578	17,40	2,63	$7,46 \times 10^{-8}$

3.8.2.2 Geçirimli Malzeme Alanları

3.8.2.2.1 C-Geçirimli Malzeme alanı

Araştırma yapılan alan Çağış Göleti'ne yaklaşık 23 km yol mesafesinde bulunan malzeme alanı; Akçakaya'nın güneybatısında, Üzümcü Çayı yatağındaki alüvyon birikinti alanlarıdır.

Arazi çalışmaları kapsamında derinlikleri ortalama 2 metre olan 10 adet araştırma çukuru açılmış ve bu çukurlardan 10 adet örselenmiş numune alınmıştır.



Şekil 3.41: C-302, C-303, C-304 Araştırma çukurları.

Araştırma yapılan alandan alınan 10 adet (C-301, C-302, C-303, C-304, C-305, C-306, C-307, C-308, C-309, ve C-310) örnek numune üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine ait sonuçlar Tablo 3-17'de verilmiştir.

Tablo 3.17: C-Geçirimli Mazleme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları

Numune No	Gevşek Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)		Özgül Ağırlık (Doygun) (g/cm ³)		Su Emme (%)		Elek Analizi (%)			
	İnce Agregata	İri Agregata	İri Agregata	İnce Agregata	İri Agregata	İnce Agregata	200 Geçen	Kum	Çakıl	Blok
C-301	1,563	1,581	2,65	2,64	0,34	0,34	4,30	46,16	49,55	2,14
C-302	1,571	1,592	2,66	2,65	0,84	0,64	3,69	45,16	51,15	1,24
C-303	1,586	1,602	2,70	2,68	0,20	0,12	4,33	32,68	62,99	4,29
C-304	1,579	1,600	2,70	2,68	0,17	0,18	3,70	38,82	57,48	2,62
C-305	1,576	1,591	2,69	2,67	0,33	0,23	4,42	33,26	62,32	1,55
C-306	1,568	1,601	2,69	2,66	0,30	0,22	4,35	27,32	68,33	2,43
C-307	1,560	1,588	2,66	2,65	0,16	0,33	4,45	44,55	51,00	3,10
C-308	1,586	1,593	2,70	2,67	0,19	0,16	2,11	43,31	54,58	3,49
C-309	1,549	1,558	2,62	2,64	0,72	0,55	4,33	45,92	49,74	0,00
C-310	1,571	1,584	2,70	2,68	0,12	0,15	2,23	30,41	67,36	3,59

Göletin gövde dolgusunda kullanılacak olan geçirimli malzeme için;

C-Geçirimli malzeme sahalarından alınan numunelerin laboratuvar deneyleri ile incelemesinde elek analizi tane boyu dağılımı sonuçları;

C-301 no'lu araştırma çukuru için % 4,30Kil+Silt, % 46,16 Kum, % 49,55 Çakıl, % 2,14 Blok

C-302 no'lu araştırma çukuru için % 3,69 Kil+Silt, % 45,16 Kum, % 51,15 Çakıl, % 1,24 Blok

C-303 no'lu araştırma çukuru için % 4,33 Kil+Silt, % 32,68 Kum, % 62,99 Çakıl, % 4,29 Blok

Tablo 3.18: C-Geçirimli Mazleme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları devamı

Numune No	Kil Topakları Tayini (%)		Na ₂ SO ₄ Don Kaybı		Los Angeles Aşınma Kaybı (500 Devir)		Permeabilite (k) (cm/sn)	Alkali Silika Reaktivitesi	Grup Sembolü
	İri Agregata	İnce Agregata	İri Agregata	İnce Agregata	İri Agregata	İnce Agregata			
C-301	0,10	0,18	9,12	10,05	25,78	26,80	9,13x10 ⁻⁴	---	GW
C-302	0,24	0,84	13,61	12,38	26,82	28,84	---	B	GW
C-303	0,06	0,04	8,51	7,23	25,96	23,60	1,09x10 ⁻³	---	GW
C-304	0,05	0,11	8,77	7,50	24,00	23,78	---	---	GW
C-305	0,16	0,26	8,80	8,97	24,02	25,88	9,57x10 ⁻⁴	---	GW
C-306	0,10	0,15	9,35	7,23	23,98	25,48	---	B	SW
C-307	0,12	0,14	13,01	11,64	26,20	27,78	9,54x10 ⁻⁴	---	GW
C-308	0,12	0,34	9,78	8,99	25,78	24,84	---	---	GW
C-309	0,24	0,80	12,17	14,33	28,84	29,44	9,21x10 ⁻⁴	---	GW
C-310	0,10	0,07	8,82	7,40	24,90	25,00	1,08x10 ⁻³	---	GW

C-304 no'lu araştırma çukuru için % 3,70 Kil+Silt, % 38,82 Kum, % 57,48 Çakıl, % 2,62 Blok

C-305 no'lu araştırma çukuru için % 4,42 Kil+Silt, % 33,26 Kum, % 62,32 Çakıl, % 1,55 Blok

C-306 no'lu araştırma çukuru için % 4,35 Kil+Silt, % 27,32 Kum, % 68,33 Çakıl, % 2,43 Blok

C-307 no'lu araştırma çukuru için % 4,45Kil+Silt, % 44,55 Kum, % 51,00 Çakıl, % 3,10 Blok

C-308 no'lu araştırma çukuru için % 2,11Kil+Silt, % 43,31 Kum, % 54,58 Çakıl, % 3,49 Blok

C-309 no'lu araştırma çukuru için % 4,33Kil+Silt, % 45,92 Kum, % 49,74 Çakıl,

C-310 no'lu araştırma çukuru için % 2,23Kil+Silt, % 30,41 Kum, % 67,36 Çakıl, % 3,59 Blok

olarak verilmiştir.

C-Geçirimli malzeme sahasından alınan numunelerin tamamı “İri Taneli Zeminler” grubunda olup, numuneler GW “İyi Dereceli Çakıl, Kum-Çakıl Karışımları” karakterinde olup, ortalama granülometrisi % 3.79 kil+silt, % 38.76 kum, % 57.45 çakıl ve % 2.72 bloktur.

10 adet örnek numunenin tamamında iri ve ince agregada “Bağıl Yoğunluk” değerleri 2,6'dan büyük yani uygun aralıktadır.

10 adet örnek numunenin tamamında “Permeabilite” değerleri 10^{-4} den büyük, uygun aralıktadır.

10 adet örnek numunenin tamamında 200 No'lu elek altına geçen ortalama malzeme miktarı uygun (kil+silt)<%5 aralıktadır.

10 adet örnek numunenin tamamında “Su Emme” değerleri (S.E.<%1) ince ve iri agregada uygun aralıktadır.

10 adet örnek numunenin tamamında “Kil Topakları Tayini” değerleri iri agregada (<% 0,25) ve ince agregada (<% 1,0) uygun aralıktadır.

10 adet örnek numunenin tamamında “Dona Dayanıklılığın Kimyasal Yolla Tayini(Na₂SO₄)” değerleri ince (<% 15,0) ve iri agregada (<% 18,0) uygun aralıktadır.

10 adet örnek numunenin tamamında “Los Angeles Aşınma Kaybı” 500 devir için (<% 40) uygun aralıktadır.

Malzeme alanı laboratuvar deneyleri ve yüzey gözlemlere göre gövde dolgusunda filtre malzemesi olarak kullanılabilir.

Geçirimli malzeme olarak kullanılacak 19 600 m² alandan ortalama 2.00 m işletme derinliğinde yaklaşık %90 verimle 35 280 m³ geçirimli malzeme (filtre ve beton agregası) alınabilecektir. C-Geçirimli malzeme sahası yakınlığı bakımından öncelikli kullanılacaktır.

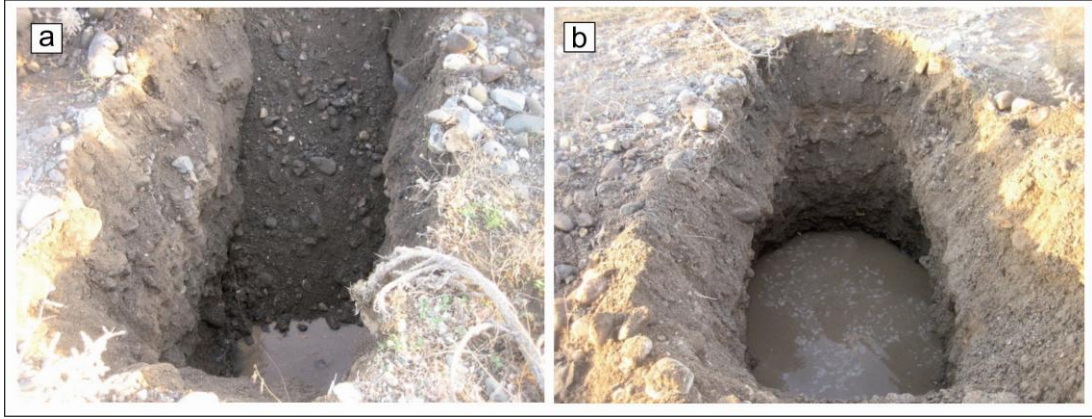
Tablo 3.19: Filtre ve geçirimli malzeme için uygun aralık değerleri

Deney türü	Kullanılmış veya tavsiye edilen alt limit	Kullanılmış veya tavsiye edilen üst limit
Bağıl Yoğunluk	>2,60	
Örneğin elek analizi	İçinde %5 ten az ince tane (kil ve silt) kapsayan kum, çakıl ve bloğun değişik oranlardaki karşılımlarından oluşan geçirimli malzeme	
D15 Filtre / D15 korunan	4	40
D15 Filtre / D85 korunan	<5	
D50 Filtre / D50 korunan	5	58
D85 Filtre / Maksimum dren aralığı	>2	
İzafi sıklık, birim ağırlık ve/veya modifiye proktor	İnşaat aşamasında (içerdiği kum-çakıl a göre) 65-75	İnşaat aşamasında (içerdiği kum-çakıl a göre) 80-90
Geçirgenlik	10^{-4} (cm/s)	

3.8.2.2.2 D-Geçirimli Malzeme alanı

Araştırma yapılan alan Çağış Göleti'ne yaklaşık 25 km yol mesafesinde bulunan malzeme alanı; Kapkaya Tepesi'nin güneydoğusunda, Üzümcü Çayı yatağındaki alüvyon birikinti alanlarıdır.

Arazi çalışmaları kapsamında derinlikleri ortalama 2 metre olan 6 adet araştırma çukuru açılmış ve bu çukurlardan 6 adet örselenmiş numune alınmıştır (Şekil 3.43).



Şekil 3.42: D-401, D-402 Araştırma çukurları.

Araştırma yapılan alandan alınan 6 adet (D-401, D-402, D-403, D-404, D-405 ve D-406) örnek numune üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine ait sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 3.20: D-Geçirimli Malzeme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları

Numune No	Gevşek Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)		Özgül Ağırlık (Doygun) (g/cm ³)		Su Emme (%)		Elek Analizi (%)			
	İnce Agregat	İri Agregat	İri Agregat	İnce Agregat	İri Agregat	İnce Agregat	200 Geçen	Kum	Çakıl	Blok
D-401	1,571	1,589	2,68	2,69	0,26	0,13	4,75	44,48	50,77	2,61
D-402	1,567	1,576	2,64	2,66	0,16	0,43	4,95	44,30	50,74	2,42
D-403	1,571	1,582	2,67	2,69	0,08	0,15	3,63	40,45	55,92	4,25
D-404	1,566	1,575	2,66	2,70	0,14	0,15	1,06	47,30	51,64	1,77
D-405	1,577	1,586	2,67	2,71	0,17	0,09	2,68	43,38	53,94	3,87
D-406	1,578	1,581	2,68	2,69	0,13	0,15	3,07	39,15	57,79	3,89

Tablo 3.21: D-Geçirimli Malzeme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları devamı

Numune No	Kil Topakları Tayini (%)		Na ₂ SO ₄ Don Kaybı		Los Angeles Aşınma Kaybı (500 Devir)		Permeabilite (k) (cm/sn)	Alkali Silika Reaktivitesi	Grup Sembolü
	İri Agregata	İnce Agregata	İri Agregata	İnce Agregata	İri Agregata	İnce Agregata			
D-401	0,11	0,14	9,12	7,37	24,30	25,60	8,85x10 ⁻⁴	---	GW
D-402	0,18	0,25	11,24	8,64	27,42	28,96	---	---	GW
D-403	0,15	0,14	8,49	8,38	26,62	28,68	9,58x10 ⁻⁴	---	GW
D-404	0,12	0,15	7,17	7,44	29,52	31,56	---	---	GW
D-405	0,09	0,14	8,43	7,50	26,74	27,48	8,27x10 ⁻⁴	B	GW
D-406	0,05	0,05	8,46	7,11	26,74	25,60	9,08x10 ⁻⁴	---	SW

Göletin gövde dolgusunda kullanılacak olan geçirimli malzeme için;

D-Geçirimli malzeme sahaslarından alınan numunelerin laboratuvar deneyleri ile incelemesinde elek analizi tane boyu dağılımı sonuçları;

D-401 no'lu araştırma çukuru için % 4,75 Kil+Silt, % 44,48 Kum, % 50,77 Çakıl, % 2,61 Blok

D-402no'lu araştırma çukuru için % 4,95Kil+Silt, % 44,30 Kum, % 50,74 Çakıl, % 2,42 Blok

D-403 no'lu araştırma çukuru için % 3,63 Kil+Silt, % 40,45 Kum, % 55,92 Çakıl, % 4,25 Blok

D-404 no'lu araştırma çukuru için % 1,06 Kil+Silt, % 47,30 Kum, % 51,64 Çakıl, % 1,77 Blok

D-405no'lu araştırma çukuru için % 2,68 Kil+Silt, % 43,38 Kum, % 53,94 Çakıl, % 3,87 Blok

D-406 no'lu araştırma çukuru için % 3,07 Kil+Silt, % 39,15 Kum, % 57,79 Çakıl, % 3,89 Blok

olarak verilmiştir.

D-Geçirimli malzeme sahasından alınan numunelerin tamamı “İri Taneli Zeminler” grubunda olup, numuneler GW “İyi Dereceli Çakıl, Kum-Çakıl Karışımları” karakterinde olup, ortalama granülometrisi % 3.36 kil+silt, % 43.18 kum, % 53.47 çakıl ve % 3.13 bloktur.

6 adet örnek numunenin tamamında iri ve ince agregada “Bağıl Yoğunluk” (>2,60) değerleri uygun aralıktadır.

6 adet örnek numunenin tamamında “Permeabilite”(>10⁻⁴) değerleri uygun aralıktadır.

6 adet örnek numunenin tamamında 200 No'lu elek altına geçen ortalama malzeme miktarı uygun (<%5) aralıktadır.

6 adet örnek numunenin tamamında “Su Emme” (<%1) değerleri ince ve iri agregada uygun aralıktadır.

6 adet örnek numunenin tamamında “Kil Topakları Tayini” değerleri iri agregada (<% 0,25) ve ince agregada (<% 1,0) uygun aralıktadır.

6 adet örnek numunenin tamamında “Dona Dayanıklılığın Kimyasal Yolla Tayini (Na₂SO₄)” değerleri ince (<% 15,0) ve iri agregada (<% 18,0) uygun aralıktadır.

6 adet örnek numunenin tamamında “Los Angeles Aşınma Kaybı” 500 devir için (<% 40) uygun aralıktadır.

Malzeme alanı laboratuvar deneyleri ve yüzey gözlemlere göre gövde dolgusunda filtre malzemesi olarak kullanılabilir.

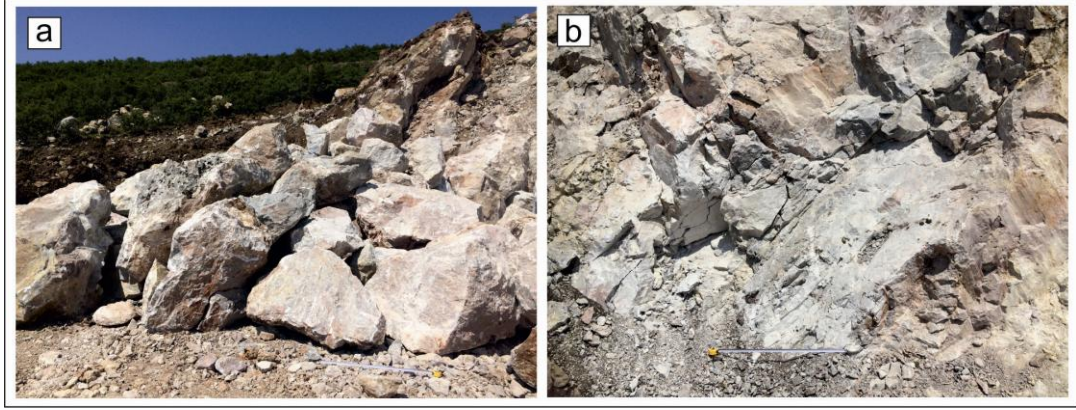
Geçirimli malzeme olarak kullanılacak 29 300 m² alandan ortalama 1.50 m işletme derinliğinde yaklaşık %90 verimle 39 555 m³ geçirimli malzeme (filtre ve beton agregası) alınabilecektir.

3.8.2.3 Kaya Malzeme Alanları

3.8.2.3.1 K-1 Kaya Malzeme Alanı

K-1 kaya malzeme araştırması yapılan alan; Çağış Göleti'ne yaklaşık 27 km uzaklıkta Çayüstü Köyü'nün 1 km güneyindeki rekristalize kireçtaşlarından oluşan, hazineye ait alan olarak belirlenmiş kayalıklardır. Sahaya ulaşım ham toprak ve asfalt yollarla sağlanmaktadır.

Gölet aks yerinin yaklaşık 27 km güneydoğusunda mostrası izlenen rekristalize kireçtaşı birimi kaya malzeme için uygun bulunmuştur. Birime ait mostradan laboratuvar incelemesi için 2 adet blok numune (K-1/1 ve K-1/2) alınmıştır (Şekil 3.44).



Şekil 3.43: Kaya malzeme sahasından kireçtaşı blokları.

Araştırma yapılan alandan alınan blok örnekler üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre numuneler uygun limitler içerisinde olup, kaya malzeme numunelerine ait laboratuvar deney sonuçları Tablo 3.22'de verilmiştir.

Tablo 3.22: K-1 Kaya Malzeme sahasından alınan örneklerin deney sonuçları

Numune No	Doğal Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Su Emme %		Görülen Porozite (%)	Doluluk Oranı (%)	Don Sonu Basınç Kaybı (%)
			Kütlece %	Hacimce %			
K-1/1	2,69	2,70	0,28	0,80	0,802	99,7	5,9
K-1/2	2,69	2,71	0,29	0,79	0,79	99,1	6,6

Numune No	Na ₂ SO ₄ Don Kaybı	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Los Angeles	
			100 Devir	500 Devir
K-1/1	3,68	658	6,5	17,4
K-1/2	4,09	645	6,20	18,0

Tablo 3.23: Kaya malzeme seçimi için aralık değerler

Deney Türü	Kullanılmış veya tavsiye edilen alt limit	Kullanılmış veya tavsiye edilen üst limit
Su emme		% 1,8
Bağlı yoğunluk	2,6	
Basınç dayanımı	500 kgf/ cm ²	
Los Angeles aşınma kaybı		100 devirde % 10 500 devirde % 40
Na ₂ SO ₄ don kaybı		% 10
Petrografik analizi	Kaçınılacak kayalar: Çamurtaşı, şeyl, silttaşı, kiltası, topraksı kireçtaşı ve diğer düşük çimentolu sedimanter kayalar	Dikkatle kullanılacak kayalar: Tabakalı kayalar, killi mermer, tüf, senozoyik kumtaşı, gnays, şist

Göletin gövde dolgusunda kullanılacak olan kaya malzeme için;

2 adet örnek numunenin “Su Emme” (<%1,8) “Özgül Ağırlık” (>2,6), “Los Angeles” (100 Devir için <%10, 500 Devir için < % 40), ” Na₂SO₄ Don Kaybı” (<%10), “Don Sonu Basınç Kaybı Tayini” (<%10), “Tek Eksenli Basınç Deneyi”

(>500 kgf/cm²) değerleri uygun aralıktadır. Alandaki malzeme kaya ve riprap olarak kullanılabilir özelliktedir.

Malzeme sahasındaki rekristalize kireçtaşı biriminin 88 600m² lik K-1 Kaya malzeme alanında ortalama 10 m kalınlıktaki işletme derinliğinde tahmini %80 verimle yaklaşık 708 800 m³ malzeme alınabilecektir.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Çağış Göleti aks yeri ve göl alanının mühendislik jeolojisi araştırmaları yapılmıştır. Öncelikli olarak Çağış bölgesi ve civarının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası, gölet aks yeri ve çevresinin ise 1/1000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası ve kesitleri hazırlanarak Gölet projesinin uygulanabilirliği tartışılmıştır.

Çalışma alanındaki yer alan Taban Volkanitleri, Taban Kireçtaşı, Alt Tüf ve Alt Boratlı birimlerin jeoteknik tanımlaması litolojik özellikler, ayrışma durumu ve süreksizliklerin özelliklerinden faydalanılarak yapılmıştır. Bu çalışmalra temel olarak DSİ tarafından gölet aks yerinde ve rezervuar alanında 8 adet sondaj yapılmıştır.

Açılan bu sondajlardan yararlanarak Gölet aks yeri ve rezervuar alanındaki birimlerin değişimini gözlemlemek ve yorumlamak amacıyla farklı özellikleri yansıtan kesitler alınmıştır. Bu kesitler üzerinde lugeon değerleri, RQD değerleri ve ayrışma dereceleri de göz önünde bulundurularak gölet alanının geçirimliliği ortaya çıkarılmıştır. Buna göre A-A' kesitinde özellikle sağ sahilin oldukça geçirimli olduğu gözlenmiştir. B-B' kesitinde ise gölet aks yerinden rezervuar alanına doğru gidildikçe geçirimliliğin azaldığı tespit edilmiştir.

Çağış Göleti adını Bigadiç belediyesine bağlı göl alanına en yakın yerleşim yeri olan Çağış köyünden almaktadır. Sulama amaçlı yapılacak olan göletin gövde tipi kil çekirdekli kaya dolgu olarak önerilmiştir.

Ortalama yağış ile ilgili eklenik sapma grafiği incelendiğinde çalışma alanında 1961 ile 1982 yılları arasında bir yağışlı dönem, 1982 ile 1994 yılları arasında kurak bir dönem olduğu ortaya çıkmıştır.

Ayrıca şarlak derenin memba, aks yeri ve mansap sonrası olmak üzere 3 farklı noktadan farklı zamanlarda debi ölçümleri alınmıştır. Alınan debi ölçümlerinin zamana bağlı değişimi incelendiğinde 2016 yılının 2. ayından itibaren 6. ayna kadar debilerde bir artış tespit edilmiştir.

Çağış Göleti göl alanında bir ölçü, sağ ve sol sahilde yol üzerinde iki ölçü olmak üzere; toplam üç hat üzerinde rezistivite ölçüleri (2B, 3B Rezistivite Tomografi çalışması) alınmıştır. Bu jeofizik çalışmalar DSİ tarafından yapılmış olup sonuçlarının yapılan arazi çalışmaları ve deney sonuçlarıyla uyduğu, geçirimli olan bölgelerin ve olası karstik boşlukların net bir şekilde ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışma kapsamında Çağış Göleti ve bölgesinin depremselliği de incelenmiştir. Çalışma alanı için en kritik deprem senaryosunun belirlenmesinde MTA'nın 2012 yılında güncellediği Türkiye diri fay haritasından inceleme alanına en fazla 100 km uzağındaki diri faylar dikkate alınmıştır. İnceleme alanını etkileyecek en büyük yer ivmesini elde edebilmek için olası deprem senaryoları öngörülmüştür. Çağış Göleti için öngörülen deprem senaryolarına göre en büyük yer ivmesi inceleme alanının yaklaşık 28.2 km kuzeyinde yer alan Havran-Balya-Balıkesir Fayı Zonu'nun oluşturacağı $M_w=7.2$ büyüklüğündeki deprem için elde edilmiş olup, bu değer yaklaşık 0.239 g seviyesindedir.

Suların sınıflamasını yapmak için hazırlanan Piper diyagramında görüldüğü gibi sular Piper diyagramındaki 5. bölgede yani $Ca-HCO_3$ 'lı sular sınıfında yer almaktadır. Piper diyagramında ortaya çıkan bu sonuç ile Schoeller diyagramında ortaya çıkan sonuç birbiriyle örtüşmüştür.

İnceleme alanında litolojik olarak ayırt edilmiş birimler üzerinde arazi çalışmaları kapsamında ayrışma durum tespiti ve süreksizlik ölçümleri alınmıştır. Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda 6 adet jeoteknik birim gruplandırılmıştır. 1a grubunun σ_{ci} aralığı 39.09-49.26 Mpa, 1b grubunun aralığı 16.22-22.31 Mpa, 2a grubunun aralığı 11.21-18.53 Mpa, 2b grubunun aralığı 6.33-12.46 Mpa, 2c grubunun aralığı 3.07-10.06 Mpa, 3a grubunun aralığı 3.69-9.89 Mpa'dır.

Gölet aks yerinde ve rezervuar alanında açılan sondajlarda yapılan basınçlı su testi deney sonuçlarının değerlendirilmesi sonucu geçirgenliği belirlemek amacıyla 2 adet kesit alınmış ve bu kesitler geçirimsizlik açısından değerlendirilmiştir. Gölet aks yerinde sol sahilden sağ sahile doğru yaklaşık GB-KD doğrultulu alınan kesitte Lugeon değerlerinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Güneye doğru geldiğimizde ise yani gölet aks bölgesinden uzaklaşıp rezervuar alanına girdiğimizde ise derinliğin arttıkça birimlerin daha sağlam hale geldiği RQD değerlerinin arttığı ve

dolayısıyla geçirimsizliğin azaldığı hatta kısmen de geçirimsiz bölgeler olduğu tespit edilmiştir.

Gölet aks alanında her iki yamaç için de yamaç duraylılığı analizi yapılmıştır. Hoek ve Bray tarafından önerilen farklı 2 yöntem kullanılarak her iki yamaç için de güvenlik katsayısı hesaplanmıştır. Her iki yamaç için 2 yöntem de kullanılarak yapılan güvenlik katsayısı hesabı sonucuna göre F_{sol} 2.45-3.8 aralığında, $F_{sağ}$ ise 2.5-3.9 aralığında değişmektedir.

Çağış göleti gövdesinde kullanılacak olan geçirimsiz kil, geçirimli-filtre ve kaya dolgu malzemesi için uygun sahalara önerilmiştir. Buna göre geçirimsiz kil için 3 adet (1A, 2A, 3A), geçirimli malzeme için 2 adet (C, D) ve kaya malzemesi için de 1 adet (K-1) saha tespit edilerek gerekli malzeme deneyleri yapılmıştır. Bu malzeme deneyi sonuçları değerlendirilerek DSİ şartnamesine uygunluğu tartışılmıştır.

Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda gölet alanında özellikle sağ sahilde olmak üzere su kaçağı problemi olduğu tespit edilmiştir. Lugeon değerleri, RQD, ayrışma durumu ve birimlerin fizikomekanik özellikleri de göz önünde bulundurularak hazırlanan kesitlerde bu su kaçağı probleminin sebebi tartışılmıştır.

Problemin çözümü amacıyla sızdırmazlığı sağlamak için özellikle gölet aks bölgesinde ve rezervuar alanının gölet eksenine yakın olan kesimlerinde enjeksiyon çalışmaları yapılmalıdır. Özellikle sağ sahildeki su kaçağı probleminin ciddi boyutta olduğunu düşünürsek, bu kaçağı önlemek amaçlı yapılması gereken enjeksiyon çalışmalarının maliyeti yüksek olabileceğinden jeomembran kaplama çalışması da maliyet göz önünde bulundurularak önerilebilir.

5. KAYNAKLAR

Akyürek, B., ve Soysal, Y., (1978). Kırkağaç – Soma (Manisa), Savaştepe – Korucu – Ayvalık (Balıkesir), Bergama (İzmir) civarının jeolojisi. *MTA Jeoloji Dairesi, Rapor No: 6452.*

Barton, N.R. ve Choubey, V., (1977). The shear strength of rock joints in theory and practice. *Rock Mechanics*, 10, 1-54.

Barton, N.R. ve Bandis, S. (1982). Effects of block size on the shear behaviour of jointed rock. *Keynote Lecture, 23rd US Symposium on Rock Mechanics*, Berkeley, California.

Bekler, T., Demirci, A., Özden, S. ve Kalafat, D. (2011). Simav ve Emet Fay Zonlarındaki Depremlerin Optimum Kaynak Parametrelerinin Analizi, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı* 11-14 Ekim 2011-ODTÜ- ANKARA, 1-7.

Bingöl, E. (1977). Muratdağı Jeolojisi ve Ana Kayaç Birimlerinin Petrolojisi. *T.J.K. Bült.*, 20:13-67.

Borsi, S., Ferrara, G., Innocenti, F., Mazzuoli, R., (1972). Petrology and Geochronology of Recent Volcanism of Eastern Aegean Sea (West Anatolia and Lesvos Island). *Bull. Volcanol.* 36:473-496.

Cai, M., Kaiser, P. K., Uno, H., Tasaka, Y. ve Minami, M., (2004). Estimation of rock mass deformation modulus and strength of jointed hard rock masses using the GSI system. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 41,1,3-19.

Ceryan, N., (2005). Kaya Kütle Sınıflandırma Sistemlerinin Ve SSPC Yönteminin Bekçiler (Maçka-TRABZON) Torul (GÜMÜŞHANE) Arasında Seçilen

Kaya Seçlerine Uygulanışı. Yüksek Linsans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Müh. Böl., 153s.

Crovelli, R.A. (2000). Probabilty models for estimation of number costs of landslides. *United States Geological Survey Open File report 00-249*.

Çakır, A., DüNDAR, A. (1982). Balıkesir-Bigadiç boratlı Neojen İncelemesi hakkında ön rapor. *M.T.A. raporu, (yayınlanmamış). Ankara, 14 s. 2 Ek.*

Davis, J.C., (1986). *Statistics and Data Analyses in Geology*. Wiley, New York, 646 p.

Emre, Ö., Doğan, A. ve Yıldırım, C. (2012). Biga Yarımadasının Diri Fayları ve Deprem Potansiyeli. *Biga Yarımadasının Genel ve Ekonomik Jeolojisi*, 28, Ankara: Pozitif Matbaacılık Ltd. Şti., 163-191.

Ercan, T., (1979) Batı Anadolu, Trakya ve Ege adalarındaki Senozoyik Volkanizması. *Jeol. Müh. Derg.*, 19:23-46.

Ercan, T., (1984) Bigadiç çevresinin (Balıkesir) jeolojisi ve magmatik kayaların petrolojisi ve kökensel yorumu, M.T.A. Jeoloji Dairesi.

Fytikas, M., Giuliani, O., Innocenti, F., Marinelli, G., Mazzuoli, R., (1976). Geochronological data on recent magmatism of the Aegean Sea. *Tectonophysics*, 31: T29-T34.

Gökçeoğlu, C., (1997). Killi, Yoğun Süreksizlik İçeren ve Zayıf Kaya Kütlelerinin Mühendislik Sınıflamalarında Karşılaşılan Güçlüklerin Giderilmesine Yönelik Yaklaşımlar. *Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Müh. Böl.*, 214s.

Gutenberg, B. and Richter, C.F. (1954) *Seismicity of Earth and Related Phenomena, 2nd Ed. Princeton Univ. Pres., Princeton, New Jersey.*

Gündoğdu, M.N., (1984). Bigadiç Gölsel Neojen Baseninin Jeolojisi. *H.Ü. Yerbilimleri Derg.*, 11:91-104.

Hack, R., Price, D. ve Rengers, N., (2003). A new approach to rock slope stability a prababilty classification (SSPC). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 62, 167-184.

Helvacı, C., ve Alaca, O., (1991). Bigadiç Borat Yatakları ve Çevresinin Jeolojisi ve Mineralojisi, *MTA Dergisi* 113, 61-92

Helvacı, C., (1983). Türkiye borat yataklarının mineralojisi. *Jeo. Müh. Derg.*, 17, 37-54

Hoek, E. and Brown, E.T. 1980. Empirical strength criterion for rock masses. *J. Geotech. Engng Div., ASCE* 106(GT9), 1013-1035.

ISRM., (1981). ISRM Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring. E. T. Brown (ed.), Pergamon Press, London, 211 pp.

Kartal, R.T. ve Kadirlioğlu, F.T. (2014). 2011-2012 Simav Depremleri (MI=5.7, MI=5.0, MI=5.4) ve Bölgenin Tektonik Yapısı ile İlişkisi. *Yerbilimleri*, 35 (3), 185-198.

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, (2013). Türkiye Diri Fayları Veri Tabanı [online]. (28 Mayıs 2016), (<http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>).

Özpeker, I., (1969). Batı Anadolu Borat Yataklarının mukayeseli jenetik Etüdü. *Doktora Tezi. İ.T.Ü Ak Matbaası*, İstanbul, 116s.

Palmström, A., (1996). RMi-a system for rock mass strength for use in rock engineering. *Journal of Rock Mechanics. and Tunneling Technique, India*, 1 (2), 69-108.

Singh, R.N. ve Gahrooe, D.R., (1989). Application of rock mass weakining coefficient for stability assessment of slopes in heavily jointed rock masses. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Enviroment*, 3, 207-219.

Şaroğlu,F., Emre, Ö. ve Kuşcu, İ. (1992). The East Anatolian Fault Zone of Turkey. *Annales Tectonicae Special Issues*, VI, 99-125.

Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A.,(1987) “Türkiye’ nin Diri Fayları ve Depremsellikleri”, 8174, *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü*, (baskıda).

Şekercioğlu, E., (2007). Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, *TBMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, No:28*, Ankara

Terzaghi, R.D., (1965) Sources of error in joint surveys. *Geotechnique* 15, 287-304.

Taylor, HW (1980) A geomechanics classification applied to mining problems in the Shabanie and King mines.1. Zimbabwe. *M. Phil. Thesis, University of Rhodesia*, 165p.

Ulusay, R. ve Sönmez, H., (2002) Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayınları No:60*, Ankara, 243s.

Ulusay, R. (2010). Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. 5 (38), Ankara: Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, 10-458.

Yüksel, A.K., (2006). Balıkesir-Çağış Köyü ve Savaştepe-Yağcılı Köyü Bentonitlerinin Jeoteknik Özellikleri ve Katı Atık Sahalarında Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Jeoloji Müh. Böl.*, 75s.



EKLER

6. EKLER

EK A: Çalışma Alanına 100 km Yakınlıkta 1900'den Beri Gerçekleşen ve Büyüklüğü 4'ten Büyük Olan Depremler

Oluş Zamanı	Oluş Tarihi	Enlem	Boylam	Der (km)	Mw	Yer
11.3.1967	05:19:01.10	393.000	285.000	5	4	DEDELER-SINDIRGI (BALIKESİR) [North West 1.3 km]
26.11.1968	16:56:01.30	391.000	281.000	5	4	KOCAKAGAN-AKHISAR (MANISA) [North East 4.7 km]
17.2.1969	22:49:01.40	389.000	276.000	5	4	ISIKKOY-AKHISAR (MANISA) [North 2.0 km]
6.5.1969	06:36:01.60	393.000	281.000	5	4	KUCUKBUKU-SINDIRGI (BALIKESİR) [North East 2.7 km]
19.5.1969	15:27:20.80	391.200	285.800	5	4	CANAKCI-DEMIRCI (MANISA) [North West 3.8 km]
23.10.1969	13:37:01.50	382.000	276.000	5	4	FURUNLU-BAYINDIR (IZMİR) [North West 0.9 km]
24.10.1969	23:00:04.60	384.000	276.000	5	4	YIGITLER-KEMALPASA (IZMİR) [South West 1.9 km]
24.6.1970	08:42:02.20	391.000	286.000	5	4	MAHMUTLAR-DEMIRCI (MANISA) [North West 1.2 km]
27.6.1970	17:44:02.40	393.000	287.000	5	4	KIZILCIK-SIMAV (KÜTAHYA) [North East 4.7 km]
15.9.1970	06:28:04.80	397.000	285.400	10	4	HAMZACIK-DURSUNBEY (BALIKESİR) [East 1.4 km]
25.11.1974	23:54:39.00	389.600	278.500	7	4	MEDAR-AKHISAR (MANISA) [East 2.4 km]
30.5.1975	05:13:44.80	391.200	276.800	10	4	KIRKAGAC (MANISA) [North East 1.7 km]
11.3.1976	03:41:46.40	393.600	276.800	10	4	KARACAM-SAVASTEPE (BALIKESİR) [North East 2.3 km]
11.3.1976	03:14:10.10	393.200	276.500	10	4	YAGCILI-SOMA (MANISA) [South West 1.5 km]
6.9.1976	14:11:38.00	390.600	290.000	11	4	MAMAK-SIMAV (KÜTAHYA) [South West 1.6 km]
3.12.1976	10:54:39.20	387.000	273.000	1	4	AVDAL- (MANISA) [South East 2.7 km]
24.7.1979	08:27:03.60	390.100	277.500	10	4	COBANHASAN-AKHISAR (MANISA) [South West 0.6 km]
15.10.1979	02:50:15.40	394.100	278.500	4	4	ATAKOY- (BALIKESİR) [South East 0.6 km]
8.12.1980	06:29:12.10	389.100	276.700	0	4	MECIDIYE-AKHISAR (MANISA) [North 2.4 km]
18.4.1982	23:56:06.90	388.900	281.500	10	4	KARAAGAC-GORDES (MANISA) [North West 1.2 km]
27.12.1982	15:32:06.00	389.500	278.200	5	4	MEDAR-AKHISAR (MANISA) [South 1.4 km]
23.9.1983	08:32:54.00	388.300	270.700	10	4	CORAKLAR-ALIAGA (IZMİR) [South West 0.7 km]
1.3.1984	06:39:33.00	392.500	279.800	4	4	EGRIDERE-SINDIRGI (BALIKESİR) [South East 1.8 km]
23.9.1985	22:19:57.40	388.600	270.100	5	4	CALTILIDERE-ALIAGA (IZMİR) [North West 2.4 km]
27.5.1986	04:44:49.60	388.800	275.300	10	4	SEYITOBA-SARUHANLI (MANISA) [West 1.9 km]
18.8.1986	08:11:31.20	385.900	271.000	10	4	YAHSELLI-MENEMEN (IZMİR) [South West 2.5 km]
23.9.1986	08:41:25.10	390.900	277.500	14	4	ILYASLAR-KIRKAGAC (MANISA) [North West 3.9 km]

23.4.1988	17:54:45.00	391.000	281.000	33	4	KOCAKAGAN-AKHISAR (MANISA) [North East 4.7 km]
31.5.1989	23:43:24.00	396.300	278.100	8	4	ORTAMANDIRA- (BALIKESIR) [East 0.8 km]
10.2.1990	19:48:01.10	395.700	279.000	10	4	KUCUKBOSTANCI- (BALIKESIR) [South West 2.8 km]
15.6.1991	21:33:17.20	384.900	271.000	8	4	CIGLI (IZMIR) [South East 3.5 km]
26.6.1991	11:00:36.70	395.700	277.600	12	4	CUKURHUSEYIN- (BALIKESIR) [North East 1.0 km]
22.7.1991	00:49:50.00	393.100	279.200	13	4	DEMIRTAS-KIRKAGAC (MANISA) [North 1.7 km]
6.6.1993	18:16:11.10	394.200	283.400	6	4	DAVUTCA-BIGADIC (BALIKESIR) [South West 1.8 km]
26.8.1993	19:50:24.90	391.000	278.300	14	4	KARAKURT-KIRKAGAC (MANISA) [South East 2.0 km]
6.2.1994	01:15:06.20	386.700	274.400	10	4	GUZELKOY- (MANISA) [North West 0.9 km]
19.2.1994	04:13:04.50	389.000	269.700	8	4	CANDARLI KÖRFEZI (EGE DENIZI)
8.8.1994	05:28:01.40	389.800	290.400	10	4	KUSU-SIMAV (KÜTAHYA) [North East 2.0 km]
21.9.1996	03:34:23.00	389.600	278.500	0	4	MEDAR-AKHISAR (MANISA) [East 2.4 km]
1.3.2002	12:01:24.90	383.100	281.000	9	4	YILANLI-ODEMIS (IZMIR) [North West 2.4 km]
29.7.2007	05:43:00.90	388.720	277.413	11	4	KAPAKLI-AKHISAR (MANISA) [North West 0.4 km]
29.9.2007	22:35:09.39	397.577	277.553	8.2	4	DELIKLITAS- (BALIKESIR) [North 1.3 km]
15.9.2009	09:23:47.45	390.945	290.447	10	4	GOKCELER-SIMAV (KÜTAHYA) [South East 1.2 km]
27.6.2011	23:41:40.67	390.743	289.955	8.3	4	MAMAK-SIMAV (KÜTAHYA) [North West 1.3 km]
27.6.2011	22:24:50.89	391.043	289.888	4.9	4	YESILOVA-SIMAV (KÜTAHYA) [South East 1.3 km]
29.6.2011	11:40:47.97	391.247	290.197	4.5	4	KAPIKAYA-SIMAV (KÜTAHYA) [South West 1.9 km]
3.7.2011	14:16:28.83	391.167	290.215	5.4	4	GOKCELER-SIMAV (KÜTAHYA) [North West 2.1 km]
7.8.2012	23:17:37.79	386.957	280.553	9.7	4	AYANLAR-GOLMARMARA (MANISA) [South East 1.2 km]
29.6.2014	01:15:19.37	388.613	271.715	16	4	KARAAHMETLI- (MANISA) [South West 0.4 km]
2.7.2015	22:22:25.98	396.805	278.470	5.5	4	KABAKDERE- (BALIKESIR) [South East 1.7 km]
6.2.2016	10:26:09.33	387.768	277.880	6.2	4	SAZOBA-AKHISAR (MANISA) [2.1 km]
7.2.1975	03:21:13.20	387.500	283.500	5	4.1	KASAR-KOPRUBASI (MANISA) [South West 1.3 km]
11.6.1976	00:52:36.00	391.800	290.000	11	4.1	EGIRLER-SIMAV (KÜTAHYA) [South East 2.3 km]
25.8.1976	08:38:47.00	393.000	288.000	33	4.1	CAMLIK-SIMAV (KÜTAHYA) [South West 3.9 km]
2.10.1976	14:45:33.80	384.900	271.000	11	4.1	CIGLI (IZMIR) [South East 3.5 km]
21.3.1977	15:56:07.30	393.300	290.100	7	4.1	YUKARIDOLAYLAR-SIMAV (KÜTAHYA) [North 0.8 km]
3.2.1980	09:16:39.70	393.800	282.900	2	4.1	ADALI-BIGADIC (BALIKESIR) [South 3.5 km]
3.5.1980	04:26:04.60	391.400	289.800	35	4.1	NASA-SIMAV (KÜTAHYA) [South East 2.6 km]
7.8.1980	22:54:09.80	393.700	281.200	0	4.1	BALATLI-BIGADIC (BALIKESIR) [East 1.1 km]
27.11.1980	15:49:51.30	392.300	277.100	0	4.1	DENIS-SOMA (MANISA) [West 0.8 km]
25.1.1981	06:15:20.00	390.900	279.900	2	4.1	SARILAR-AKHISAR (MANISA) [South West 2.2 km]
31.3.1982	01:15:57.80	385.900	281.800	10	4.1	CAPAKLI-SALIHLI (MANISA) [North West 1.5 km]
27.12.1982	19:55:24.80	390.100	278.300	17	4.1	GOKCEAHMET-AKHISAR (MANISA) [South West 1.0 km]
31.3.1984	13:56:43.40	396.200	287.600	4	4.1	CINARKOY-DURSUNBEY (BALIKESIR) [North West 2.3 km]
15.7.1984	17:47:02.50	392.200	277.200	10	4.1	DENIS-SOMA (MANISA) [South 1.1 km]
25.1.1985	02:42:18.00	385.300	273.600	7	4.1	YAKAKOY-BORNOVA (IZMIR) [North East 3.7 km]
30.8.1986	04:47:10.90	391.100	278.400	10	4.1	KARAKURT-KIRKAGAC (MANISA) [East 2.4 km]
29.9.1986	17:38:03.90	390.700	277.900	11	4.1	ILYASLAR-KIRKAGAC (MANISA) [South West 1.4 km]
30.11.1991	15:57:54.60	393.200	281.300	10	4.1	ARMUTLU-SINDIRGI (BALIKESIR) [South East 1.8 km]
1.4.1992	12:23:39.70	393.900	286.800	10	4.1	ALACAM-DURSUNBEY (BALIKESIR) [South East 2.9 km]

19.2.1994	00:35:39.30	388.100	269.800	10	4.1	ALIAGA (IZMIR) [North East 1.4 km]
19.2.1994	00:20:40.90	388.500	269.400	12	4.1	CANDARLI KÖRFEZİ (EGE DENİZİ)
26.9.1999	06:38:38.70	390.200	279.200	9	4.1	KARAKOY-AKHISAR (MANISA) [East 0.0 km]
24.5.2001	03:18:08.30	393.500	278.400	7	4.1	YAZOREN-SAVASTEPE (BALIKESİR) [North East 2.8 km]
1.3.2002	15:47:59.60	383.600	281.200	8	4.1	BOZDAG-ODEMİS (İZMİR) [North East 4.4 km]
13.6.2003	10:28:56.60	393.000	282.000	10	4.1	KOCASINAN-SINDIRGI (BALIKESİR) [South West 1.5 km]
13.1.2005	11:00:47.80	391.900	277.200	13	4.1	BAYAT-SOMA (MANISA) [North West 0.6 km]
30.8.2005	17:39:46.40	391.400	278.900	17	4.1	ISIKLAR-KIRKAGAC (MANISA) [South East 1.4 km]
7.5.2009	23:46:42.86	392.955	279.332	6	4.1	DEMİRTAS-KIRKAGAC (MANISA) [East 1.2 km]
28.5.2011	18:06:46.88	391.058	290.378	5	4.1	GOKCELER-SIMAV (KÜTAHYA) [North East 0.9 km]
7.8.2012	23:57:37.43	386.867	280.647	11	4.1	AYANLAR-GOLMARMARA (MANISA) [South East 2.3 km]
10.1.2014	07:20:46.64	394.637	279.588	12	4.1	YESILDERE-BIGADIC (BALIKESİR) [South West 1.4 km]
25.3.1969	13:37:53.00	390.000	280.000	10	4.2	PEKMEZCI-AKHISAR (MANISA) [West 3.0 km]
23.3.1970	07:56:08.00	392.000	282.000	26	4.2	YAYLACIK-SINDIRGI (BALIKESİR) [South East 2.6 km]
28.3.1970	22:59:34.10	391.300	290.000	10	4.2	HACIAHMETOGLU-SIMAV (KÜTAHYA) [South West 1.6 km]
2.3.1973	19:30:01.00	392.000	281.000	55	4.2	KERTIL-SINDIRGI (BALIKESİR) [South 0.7 km]
7.9.1974	08:33:19.20	396.700	286.100	17	4.2	DURABEYLER-DURSUNBEY (BALIKESİR) [South East 0.7 km]
10.2.1975	19:58:24.70	391.900	289.900	0	4.2	EGİRLER-SIMAV (KÜTAHYA) [South East 0.9 km]
12.2.1975	01:48:23.00	391.400	290.000	15	4.2	HACIAHMETOGLU-SIMAV (KÜTAHYA) [West 0.9 km]
30.5.1975	14:22:42.20	387.500	276.000	9	4.2	HACİRAHMANLI-SARUHANLI (MANISA) [South West 0.2 km]
11.2.1976	01:21:20.20	389.200	271.400	10	4.2	KIZILTEPE-BERGAMA (İZMİR) [South East 2.4 km]
9.5.1976	02:55:48.80	392.600	288.000	10	4.2	CAMLIK-SIMAV (KÜTAHYA) [South West 6.7 km]
10.1.1977	09:14:43.00	394.800	273.800	4	4.2	KORUCU-IVRİNDİ (BALIKESİR) [North East 1.5 km]
25.1.1977	23:54:19.00	394.100	283.000	19	4.2	ADALI-BIGADIC (BALIKESİR) [East 1.2 km]
21.6.1977	11:31:44.70	394.800	276.300	10	4.2	BEYKOY-SAVASTEPE (BALIKESİR) [North East 0.3 km]
9.12.1977	21:32:10.70	393.600	279.900	3	4.2	HAMİDİYE-BIGADIC (BALIKESİR) [South West 1.6 km]
16.12.1977	07:44:22.20	384.700	272.800	5	4.2	CİCEKLI-BORNOVA (İZMİR) [South 3.2 km]
25.9.1978	23:37:18.50	384.900	273.200	44	4.2	YAKAKOY-BORNOVA (İZMİR) [South West 2.4 km]
9.9.1979	16:10:13.20	393.200	288.300	8	4.2	CAMLIK-SIMAV (KÜTAHYA) [North West 1.6 km]
14.10.1979	20:38:32.50	393.500	279.400	10	4.2	AKCAKISRAK-SINDIRGI (BALIKESİR) [West 1.5 km]
3.3.1980	06:15:06.10	381.300	277.500	0	4.2	TİRE (İZMİR) [North East 4.8 km]
27.12.1982	02:04:47.60	389.600	279.100	8	4.2	CAMONU-AKHISAR (MANISA) [South East 0.7 km]
15.6.1983	13:45:08.90	394.600	282.400	12	4.2	EMİRLER-BIGADIC (BALIKESİR) [East 1.3 km]
25.4.1987	22:11:00.00	393.000	279.200	3	4.2	DEMİRTAS-KIRKAGAC (MANISA) [North 0.6 km]
10.5.1989	03:05:28.60	396.700	278.800	10	4.2	BALIKESİR (BALIKESİR) [North West 2.3 km]
26.7.1993	08:05:58.20	388.200	269.400	10	4.2	ALIAGA (İZMİR) [North West 3.5 km]
8.9.2000	05:46:47.10	393.800	276.300	9	4.2	SAVASTEPE (BALIKESİR) [South West 2.1 km]
23.6.2001	12:18:21.50	393.200	279.000	11	4.2	KOCAISKAN-KIRKAGAC (MANISA) [South 1.6 km]
10.12.2007	21:50:06.40	387.728	277.105	14	4.2	NURİYE-SARUHANLI (MANISA) [North East 2.3 km]
15.3.2008	11:52:12.73	390.505	278.315	13	4.2	MUSALAR-AKHISAR (MANISA) [North West 2.1 km]
24.5.2011	02:55:29.34	390.962	290.195	8.3	4.2	GOKCELER-SIMAV (KÜTAHYA) [South West 1.1 km]
13.7.2011	01:31:49.02	391.220	290.335	5	4.2	KAPIKAYA-SIMAV (KÜTAHYA) [South West 1.3 km]

8.2.2012	19:57:26.13	392.327	278.447	8.9	4.2	KUYUCAK-KIRKAGAC (MANISA) [South East 1.8 km]
3.5.2012	15:25:27.38	390.903	290.798	4.4	4.2	KALKAN-SIMAV (KÜTAHYA) [North East 1.7 km]
4.8.2012	02:23:50.71	386.822	280.547	8.9	4.2	AYANLAR-GOLMARMARA (MANISA) [South East 2.1 km]
26.4.1916	15:56:01.00	392.000	270.000	10	4.3	KAPLANKOY-BERGAMA (IZMIR) [South East 5.2 km]
21.10.1940	18:23:01.00	385.000	272.000	20	4.3	EGRIDERE-BORNOVA (IZMIR) [West 1.3 km]
24.8.1961	13:29:33.30	394.100	279.900	10	4.3	CAYUSTU-BIGADIC (BALIKESIR) [North East 2.1 km]
13.1.1966	01:44:01.40	383.000	285.000	22	4.3	BAHCEDERE-ALASEHIR (MANISA) [South 2.3 km]
25.3.1969	13:21:12.00	390.600	284.100	28	4.3	DOGANPINAR-GORDES (MANISA) [West 2.6 km]
17.4.1969	12:23:28.40	391.100	286.200	10	4.3	MAHMUTLAR-DEMIRCI (MANISA) [North East 1.9 km]
13.4.1970	05:58:15.00	394.000	280.000	33	4.3	CAYUSTU-BIGADIC (BALIKESIR) [North East 2.0 km]
24.4.1970	16:54:00.00	391.200	287.400	37	4.3	AKSAZ-SIMAV (KÜTAHYA) [South West 2.0 km]
10.7.1970	05:36:20.00	391.600	286.000	12	4.3	SOGUTCUK-DEMIRCI (MANISA) [North West 1.1 km]
30.4.1971	16:44:03.60	391.900	285.200	5	4.3	MUMCUKOY-SINDIRGI (BALIKESIR) [South West 2.8 km]
16.12.1971	16:42:01.60	395.200	277.800	10	4.3	CIFTCIDERE- (BALIKESIR) [North East 1.5 km]
8.2.1973	14:33:14.10	392.500	287.300	38	4.3	KICIR-SIMAV (KÜTAHYA) [North East 2.8 km]
15.9.1975	18:40:25.30	384.000	274.000	16	4.3	CINARKOY-KEMALPASA (IZMIR) [South 3.5 km]
23.2.1976	10:13:28.00	391.000	286.700	16	4.3	AKDERE-DEMIRCI (MANISA) [North 3.0 km]
9.5.1976	11:19:40.90	390.000	287.700	10	4.3	ESENYURT-DEMIRCI (MANISA) [South West 1.9 km]
19.1.1978	12:08:17.60	389.300	279.000	10	4.3	HASKOY-AKHISAR (MANISA) [South West 1.1 km]
7.11.1984	11:39:43.70	389.100	278.000	10	4.3	DOGUCA-AKHISAR (MANISA) [North East 2.5 km]
23.10.1985	06:14:32.00	388.000	278.300	12	4.3	SAZOBA-AKHISAR (MANISA) [East 3.3 km]
3.6.1986	19:35:54.00	394.600	283.600	9	4.3	TOPALAK-BIGADIC (BALIKESIR) [South West 1.8 km]
30.11.1986	05:29:18.30	387.500	277.400	14	4.3	LUTFIYE-SARUHANLI (MANISA) [North East 1.4 km]
13.9.1990	22:05:13.20	395.400	285.300	10	4.3	CATALCAM-DURSUNBEY (BALIKESIR) [West 3.3 km]
31.3.1993	18:20:44.10	391.500	280.100	13	4.3	SOGUTLU-AKHISAR (MANISA) [South 2.0 km]
12.1.1995	00:21:28.60	386.500	271.500	4	4.3	IGNEDERE-MENEMEN (IZMIR) [South West 1.1 km]
5.3.1998	01:55:26.70	395.300	272.500	5	4.3	HALACLAR-HAVRAN (BALIKESIR) [South East 2.6 km]
24.7.1999	16:05:48.20	393.100	278.900	8	4.3	FIRDANLAR-KIRKAGAC (MANISA) [North 1.7 km]
21.1.2002	14:34:23.90	386.700	278.300	11	4.3	BUYUKBELEN-SARUHANLI (MANISA) [North East 3.4 km]
6.6.2002	05:09:59.80	390.600	280.100	8	4.3	BASLAMIS-AKHISAR (MANISA) [South East 3.6 km]
9.7.2002	22:39:15.40	393.100	278.400	8	4.3	HAMIDIYE-KIRKAGAC (MANISA) [North East 2.4 km]
24.12.2005	03:56:07.30	388.000	277.800	14	4.3	BEYOBA-AKHISAR (MANISA) [South East 1.0 km]
13.9.2012	08:35:28.08	386.855	277.673	4.6	4.3	BEDELLER-SARUHANLI (MANISA) [North East 2.5 km]
13.10.2015	23:18:10.48	391.407	290.298	10	4.3	AHLATLICESME-SIMAV (KUTAHYA) [.9 km]
30.9.1965	19:37:04.00	389.000	279.000	5	4.4	KIZLARALANI-AKHISAR (MANISA) [North East 2.2 km]
21.6.1966	11:28:26.40	386.000	275.000	5	4.4	YENIHARMANDALI- (MANISA) [South West 4.5 km]
25.3.1969	10:05:27.70	387.500	278.100	35	4.4	KUMKUYUCAK-SARUHANLI (MANISA) [North West 1.3 km]
26.3.1969	13:50:41.00	393.000	282.000	10	4.4	KOCASINAN-SINDIRGI (BALIKESIR) [South West 1.5 km]
26.3.1969	09:00:11.00	393.000	281.000	52	4.4	KUCUKBUKU-SINDIRGI (BALIKESIR) [North East 2.7 km]
27.6.1969	10:40:25.00	393.000	287.000	10	4.4	KIZILCIK-SIMAV (KÜTAHYA) [North East 4.7 km]
29.3.1970	01:50:30.20	392.600	285.000	33	4.4	CAMALANI-SINDIRGI (BALIKESIR) [North East 0.5

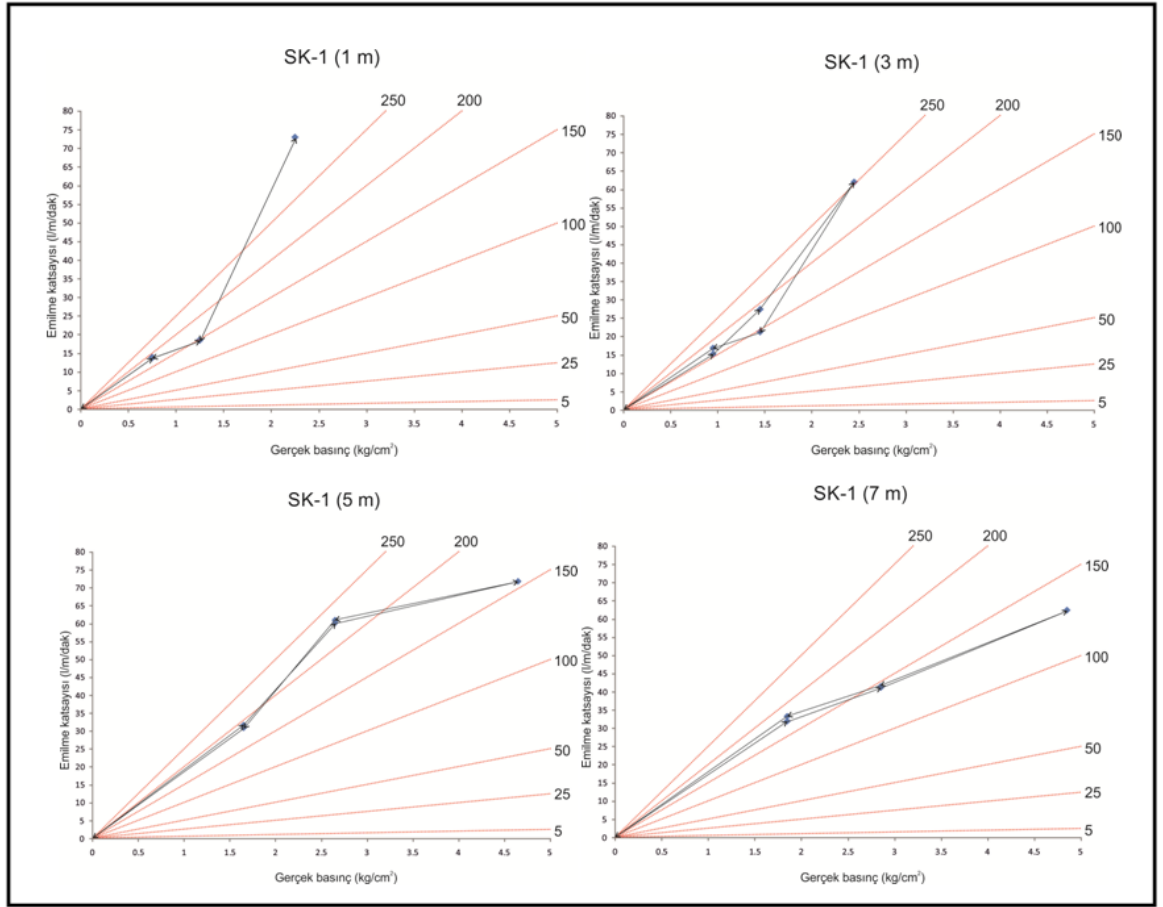
						km]
7.4.1970	10:55:02.00	390.000	278.000	48	4.4	KADIDAGI-AKHISAR (MANISA) [South West 2.4 km]
24.4.1970	02:40:14.00	390.600	286.000	21	4.4	ORUCULER-DEMIRCI (MANISA) [South West 2.2 km]
8.4.1973	09:52:47.50	391.700	283.900	7	4.4	YAYLABAYIR-SINDIRGI (BALIKESIR) [North East 2.5 km]
14.2.1974	09:17:14.20	385.400	271.900	36	4.4	CAMICI-BORNOVA (IZMIR) [North West 3.7 km]
16.12.1977	07:40:46.00	385.000	285.000	0	4.4	HAYALLI-KULA (MANISA) [North East 2.4 km]
1.4.1984	17:17:41.00	395.600	287.600	7	4.4	HONDULAR-DURSUNBEY (BALIKESIR) [North West 0.6 km]
17.10.1985	19:15:26.20	387.700	278.300	10	4.4	KUMKUYUCAK-SARUHANLI (MANISA) [North 2.6 km]
5.3.1998	01:45:08.90	395.500	272.500	7	4.4	HALACLAR-HAVRAN (BALIKESIR) [East 1.3 km]
25.10.2007	05:02:02.77	393.365	277.332	7.9	4.4	TABANLAR-SOMA (MANISA) [South East 1.7 km]
2.3.2010	00:43:13.80	391.600	290.200	8	4.4	KARACAOREN-SIMAV (KÜTAHYA) [South West 0.6 km]
27.6.2011	21:28:51.00	391.012	290.342	5.4	4.4	GOKCELER-SIMAV (KÜTAHYA) [North East 0.3 km]
19.7.2011	21:16:52.70	391.190	290.617	2.7	4.4	SOGUT-SIMAV (KÜTAHYA) [South West 1.9 km]
3.5.2012	16:16:04.28	391.237	290.737	2.6	4.4	SOGUT-SIMAV (KÜTAHYA) [South West 0.7 km]
17.3.1965	14:05:00.10	381.000	281.000	33	4.5	KEMENLER-ODEMIS (IZMIR) [South East 1.4 km]
30.1.1967	01:26:56.80	389.000	275.000	5	4.5	HATIPLAR-SARUHANLI (MANISA) [North East 1.8 km]
19.2.1968	23:17:01.70	387.000	279.000	5	4.5	OZANCA-GOLMARMARA (MANISA) [North East 1.8 km]
21.3.1968	09:42:51.00	388.000	276.000	52	4.5	PINARBASI-SARUHANLI (MANISA) [South 0.6 km]
23.3.1969	00:15:45.00	391.700	283.200	12	4.5	KUCUKDAGDERE-SINDIRGI (BALIKESIR) [South East 0.5 km]
25.3.1969	17:51:24.00	391.600	280.000	44	4.5	SOGUTLU-AKHISAR (MANISA) [South West 1.4 km]
13.10.1969	03:24:26.00	391.700	283.800	9	4.5	YAYLABAYIR-SINDIRGI (BALIKESIR) [North 2.4 km]
3.9.1976	20:53:26.90	392.100	281.600	4	4.5	YAYLACIK-SINDIRGI (BALIKESIR) [North West 1.0 km]
23.3.1977	11:55:54.00	396.300	286.500	23	4.5	HACILAR-DURSUNBEY (BALIKESIR) [South East 2.7 km]
4.5.1980	09:22:12.70	392.200	289.700	22	4.5	YEMISLI-SIMAV (KÜTAHYA) [South 1.6 km]
2.6.1981	19:07:16.00	394.100	279.600	7	4.5	AYVACIK- (BALIKESIR) [South East 1.4 km]
14.5.1986	03:01:25.00	394.900	284.200	8	4.5	KURSU-BIGADIC (BALIKESIR) [East 1.8 km]
27.5.1986	08:54:58.20	394.600	284.400	11	4.5	ALTINLAR-BIGADIC (BALIKESIR) [East 2.6 km]
4.8.1988	08:25:18.00	388.600	270.000	3	4.5	CALTILIDERE-ALIAGA (IZMIR) [North West 3.3 km]
25.7.1999	06:56:53.10	393.300	278.900	9	4.5	KOCAISKAN-KIRKAGAC (MANISA) [South West 1.1 km]
5.11.2004	17:30:22.00	392.100	277.200	8	4.5	DENIS-SOMA (MANISA) [South 2.3 km]
2.12.2004	15:51:48.00	392.600	279.600	11	4.5	EGRIDERE-SINDIRGI (BALIKESIR) [North 0.5 km]
19.5.2011	21:21:29.09	391.127	290.180	5	4.5	GOKCELER-SIMAV (KÜTAHYA) [North West 1.9 km]
27.5.2011	07:43:37.66	391.187	290.410	8.6	4.5	KAPIKAYA-SIMAV (KÜTAHYA) [South 1.5 km]
9.6.1953	16:28:02.50	393.400	282.100	20	4.6	KOCABEY-SINDIRGI (BALIKESIR) [South East 1.2 km]
19.9.1965	14:03:03.00	389.000	279.500	10	4.6	SEHITLER-AKHISAR (MANISA) [North East 1.0 km]
30.9.1965	19:36:04.10	388.000	280.000	10	4.6	AKCAALAN-AKHISAR (MANISA) [South East 2.1 km]
3.11.1968	18:44:08.00	386.000	287.000	56	4.6	KALINHARMAN-KULA (MANISA) [South West 2.2 km]
24.3.1969	11:23:31.00	389.000	286.000	53	4.6	MERKEZ-DEMIRCI (MANISA) [North West 2.0 km]
2.11.1982	05:58:48.00	385.200	284.600	31	4.6	SOGANLI-ALASEHIR (MANISA) [South East 0.8 km]
15.2.1983	02:21:45.70	390.700	287.100	7	4.6	SEVINCLER-DEMIRCI (MANISA) [North 3.2 km]
29.3.1984	00:06:01.40	396.400	278.700	12	4.6	BALIKESIR [North West 0.5 km]

1.12.1985	11:47:38.70	392.900	277.000	15	4.6	KOZLUOREN-SOMA (MANISA) [North West 1.9 km]
22.6.2003	23:46:20.50	390.200	280.300	11	4.6	PEKMEZCI-AKHISAR (MANISA) [North 2.7 km]
19.5.2011	21:12:50.85	391.117	290.380	5.6	4.6	GOKCELER-SIMAV (KÜTAHYA) [North East 1.5 km]
10.6.2011	22:47:04.88	390.870	283.598	14	4.6	KOBAKLAR-GORDES (MANISA) [North West 2.0 km]
3.8.2012	10:18:20.15	386.977	280.260	7.4	4.6	AYANLAR-GOLMARMARA (MANISA) [West 1.4 km]
8.8.1917	03:41:10.00	390.000	270.000	15	4.7	DEMIRTAS-DIKILI (IZMIR) [East 5.0 km]
4.1.1949	20:30:00.00	389.000	279.000	14	4.7	KIZLARALANI-AKHISAR (MANISA) [North East 2.2 km]
14.9.1962	00:33:26.40	395.700	281.700	40	4.7	DOMBAYDERE-KEPSUT (BALIKESIR) [North West 1.0 km]
18.10.1965	14:32:48.30	388.300	278.300	36	4.7	MORALILAR-AKHISAR (MANISA) [South West 3.0 km]
1.4.1966	13:15:01.50	387.000	285.000	38	4.7	YABACI-DEMIRCI (MANISA) [South East 1.7 km]
13.6.1966	04:59:02.40	383.000	285.000	5	4.7	BAHCEDERE-ALASEHIR (MANISA) [South 2.3 km]
28.6.1966	17:01:04.00	390.000	270.000	49	4.7	DEMIRTAS-DIKILI (IZMIR) [East 5.0 km]
29.1.1967	19:47:52.00	389.900	276.000	33	4.7	SULEYMANKOY-AKHISAR (MANISA) [North 0.8 km]
14.2.1967	07:22:02.40	388.000	277.000	5	4.7	KEMIKLIDERE-SARUHANLI (MANISA) [North West 1.9 km]
23.3.1969	03:50:58.00	393.000	280.000	10	4.7	GOLCUK-SINDIRGI (BALIKESIR) [South East 2.1 km]
25.3.1969	14:40:27.00	390.200	289.000	25	4.7	MINNETLER-DEMIRCI (MANISA) [South East 1.7 km]
14.3.1985	11:35:38.50	385.100	276.900	15	4.7	TURGUTLU (MANISA) [North West 1.9 km]
19.8.1986	06:03:54.40	390.400	287.900	10	4.7	ESENYURT-DEMIRCI (MANISA) [North East 2.8 km]
19.12.1990	09:46:45.00	385.900	280.400	7	4.7	PAZARKOY-SALIHLI (MANISA) [North West 3.8 km]
29.4.1925	20:03:40.00	396.000	277.000	15	4.8	DALLIDAMDIRA- (BALIKESIR) [South East 1.2 km]
3.9.1958	02:58:38.20	382.700	281.900	10	4.8	VELILER-KIRAZ (IZMIR) [North West 0.9 km]
3.3.1965	01:37:18.30	382.700	284.700	42	4.8	BAHCEARASI-KIRAZ (IZMIR) [North East 4.3 km]
2.6.1966	22:51:28.00	385.000	272.300	30	4.8	EGRIDERE-BORNOVA (IZMIR) [East 1.3 km]
24.3.1969	12:13:17.00	390.800	286.500	20	4.8	AKDERE-DEMIRCI (MANISA) [North West 1.7 km]
24.3.1969	02:58:49.00	391.500	286.000	4	4.8	SOGUTCUK-DEMIRCI (MANISA) [South West 1.4 km]
26.3.1969	03:31:26.50	390.300	282.700	37	4.8	MALAZ-GORDES (MANISA) [South West 1.3 km]
27.3.1969	18:07:03.00	391.200	282.000	51	4.8	KINIK-SINDIRGI (BALIKESIR) [North 1.5 km]
3.5.1969	16:07:59.00	390.000	286.000	25	4.8	IMRENLER-DEMIRCI (MANISA) [South West 2.1 km]
13.5.1969	17:48:02.10	390.300	285.700	35	4.8	YESILOBA-DEMIRCI (MANISA) [North West 2.2 km]
29.3.1970	14:40:26.60	387.300	280.000	47	4.8	TASKUYUCAK-GOLMARMARA (MANISA) [North West 2.6 km]
29.3.1970	14:37:19.60	387.400	278.300	56	4.8	TIYENLI-GOLMARMARA (MANISA) [North West 0.4 km]
30.3.1970	06:46:24.90	390.900	290.300	23	4.8	GOKCELER-SIMAV (KÜTAHYA) [South 1.1 km]
9.4.1970	09:23:16.00	394.000	279.000	15	4.8	DEDEBURNU- (BALIKESIR) [North West 2.9 km]
11.4.1970	08:36:38.00	391.000	288.000	49	4.8	AHMETLI-SIMAV (KÜTAHYA) [South West 3.2 km]
27.4.1980	09:54:27.30	390.700	288.600	38	4.8	CAMKOY-DEMIRCI (MANISA) [North West 4.1 km]
27.12.1982	11:02:44.30	393.400	282.700	10	4.8	TASKOY-SINDIRGI (BALIKESIR) [North East 2.3 km]
14.4.1924	00:00:00.00	390.000	278.000	15	4.9	KADIDAGI-AKHISAR (MANISA) [South West 2.4 km]
12.8.1942	21:52:46.00	391.000	277.000	17	4.9	BAKIR-KIRKAGAC (MANISA) [North 2.3 km]
12.8.1942	20:38:46.40	391.300	276.400	50	4.9	SARIKAYA-SOMA (MANISA) [South West 2.2 km]
28.4.1963	00:41:52.10	393.200	278.200	30	4.9	YAZOREN-SAVASTEPE (BALIKESIR) [South 1.3 km]
22.5.1966	07:37:29.00	387.000	279.200	23	4.9	GOLMARMARA (MANISA) [South 1.6 km]
19.6.1966	17:55:30.00	385.500	273.500	9	4.9	KARAKOCA- (MANISA) [South East 1.8 km]

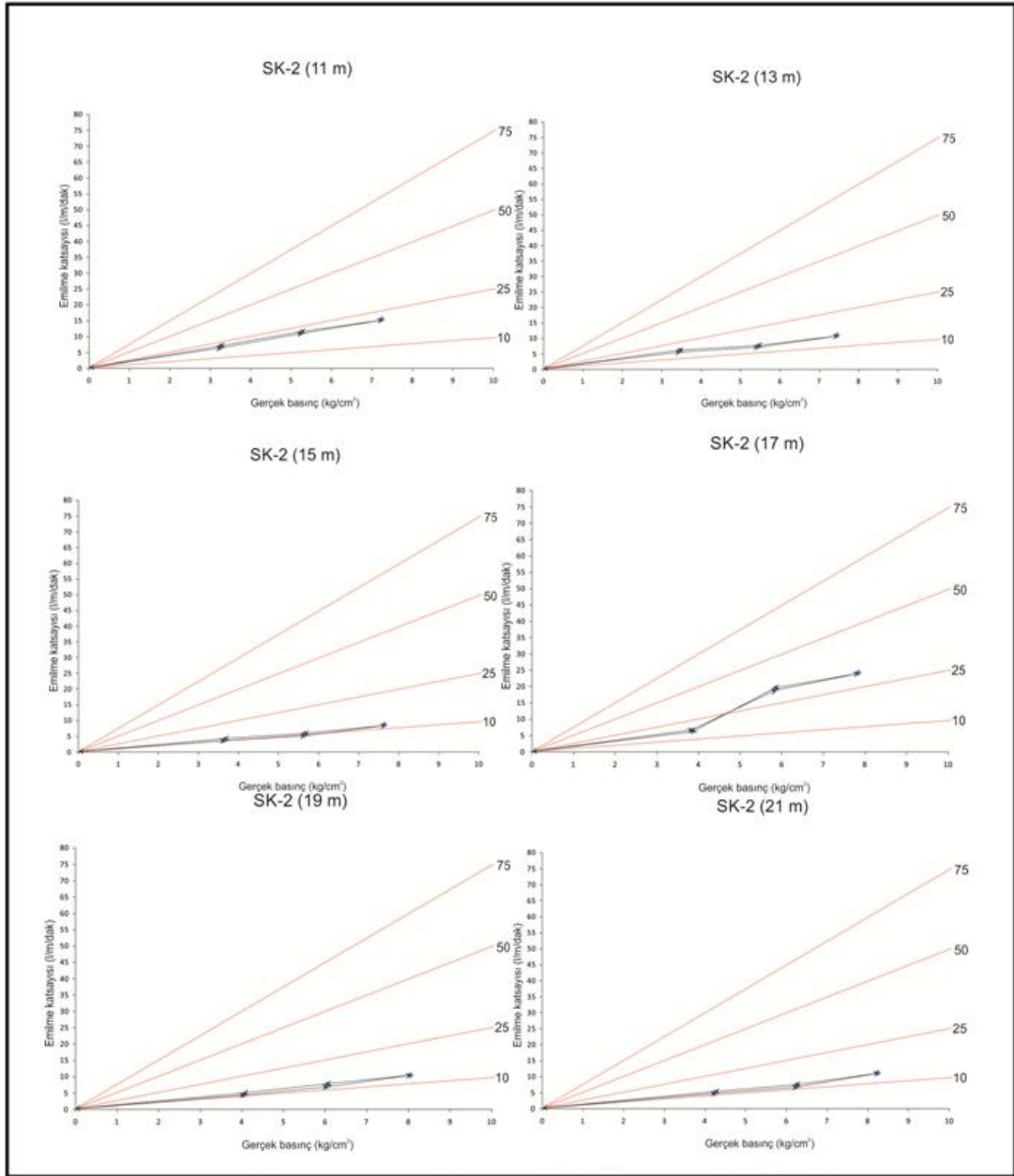
24.3.1969	11:34:34.00	391.700	287.000	37	4.9	BECILER-SIMAV (KÜTAHYA) [West 2.2 km]
14.5.1969	23:57:35.50	391.500	284.900	36	4.9	BULAK-SINDIRGI (BALIKESIR) [South West 2.4 km]
27.4.1971	17:19:57.90	389.100	290.600	14	4.9	ORHANLAR-PAZARLAR (KÜTAHYA) [South West 1.5 km]
3.9.1972	08:38:46.30	391.600	279.800	30	4.9	AKKOCALI-AKHISAR (MANISA) [South 1.8 km]
26.12.1982	17:48:01.00	393.200	282.600	5	4.9	TASKOY-SINDIRGI (BALIKESIR) [South East 1.9 km]
12.8.2010	02:23:04.23	396.943	275.447	13	4.9	GOKTEPE-BALYA (BALIKESIR) [North East 1.5 km]
27.6.2011	21:13:58.61	391.160	290.152	8.8	4.9	GOKCELER-SIMAV (KÜTAHYA) [North West 2.3 km]
26.4.2012	22:05:34.37	391.350	290.698	8.4	4.9	SOGUT-SIMAV (KÜTAHYA) [North West 1.3 km]
1.3.1901	00:00:01.00	382.000	277.000	5	5	YAKACIK-BAYINDIR (IZMIR) [South West 0.8 km]
22.3.1969	18:00:55.00	391.000	286.700	28	5	AKDERE-DEMIRCI (MANISA) [North 3.0 km]
24.3.1969	08:13:05.40	390.200	284.100	43	5	GUNESLI-GORDES (MANISA) [South West 2.0 km]
25.3.1969	16:13:30.40	390.800	284.400	42	5	BEGENLER-GORDES (MANISA) [North West 1.7 km]
14.8.1969	21:51:05.30	395.200	278.700	21	5	PAMUKCU- (BALIKESIR) [South West 1.2 km]
7.10.1969	18:49:02.60	391.600	285.400	49	5	IZZETTIN-SINDIRGI (BALIKESIR) [West 2.5 km]
1.4.1970	08:02:24.00	389.000	288.000	54	5	OMURLAR-SELENDI (MANISA) [North West 2.6 km]
24.2.1977	20:47:18.20	385.500	276.600	20	5	IZZETTIN-TURGUTLU (MANISA) [South West 5.3 km]
22.6.2001	11:54:50.60	393.800	279.000	7	5	DEDEBURNU- (BALIKESIR) [South West 3.1 km]
17.2.2009	05:28:19.35	391.093	290.405	7.6	5	GOKCELER-SIMAV (KÜTAHYA) [North East 1.3 km]
28.5.2011	05:47:16.88	391.162	290.213	7.5	5	GOKCELER-SIMAV (KÜTAHYA) [North West 2.1 km]
25.3.1969	14:18:52.10	391.700	284.900	34	5.1	DEVLETLIBABA-SINDIRGI (BALIKESIR) [South 0.5 km]
25.3.1969	13:28:50.10	387.800	285.100	40	5.1	SARAYCIK-DEMIRCI (MANISA) [South West 1.6 km]
3.5.1950	07:13:48.30	386.700	270.600	40	5.2	YANIKKOY-MENEMEN (IZMIR) [North West 2.7 km]
11.10.1957	07:33:04.60	393.200	281.900	10	5.2	KOCASINAN-SINDIRGI (BALIKESIR) [North West 1.5 km]
28.3.1969	10:02:17.40	391.300	284.500	37	5.2	BARDAKCI-DEMIRCI (MANISA) [West 5.6 km]
7.10.1969	05:09:12.00	392.000	284.000	13	5.2	CIKRIKCI-SINDIRGI (BALIKESIR) [North 0.6 km]
18.7.1979	13:12:23.00	396.600	286.500	7	5.2	DELICE-DURSUNBEY (BALIKESIR) [South West 3.2 km]
28.1.1994	15:45:24.60	386.900	274.900	5	5.2	YENIKOY- (MANISA) [North East 0.6 km]
11.1.1905	17:32:00.00	396.000	279.000	15	5.3	CAYIRHISAR- (BALIKESIR) [South 1.7 km]
23.6.1908	16:07:00.00	384.000	272.000	38	5.3	BUCA (IZMIR) [North East 2.5 km]
23.6.1908	14:45:00.00	384.000	272.000	25	5.3	BUCA (IZMIR) [North East 2.5 km]
28.11.1950	17:53:23.70	397.300	280.500	40	5.3	KARAKAYA- (BALIKESIR) [South East 2.3 km]
2.3.1965	22:00:07.20	384.700	283.300	42	5.3	TORUNLU-SALIHILI (MANISA) [South East 1.1 km]
24.3.1969	01:59:34.00	391.100	285.100	30	5.3	BARDAKCI-DEMIRCI (MANISA) [South West 1.7 km]
30.4.1969	20:20:32.00	391.200	285.200	8	5.3	BARDAKCI-DEMIRCI (MANISA) [South East 0.7 km]
23.2.1971	19:41:23.00	396.200	273.200	10	5.3	KUCUKSAPCI-HAVRAN (BALIKESIR) [West 1.2 km]
16.12.1977	07:37:29.30	384.100	271.900	24	5.3	BUCA (IZMIR) [North East 2.7 km]
23.6.1908	14:16:04.20	384.000	272.000	27	5.4	BUCA (IZMIR) [North East 2.5 km]
22.7.1953	15:09:37.70	392.400	284.300	10	5.4	DUVERTEPE-SINDIRGI (BALIKESIR) [North East 0.5 km]
4.4.1903	00:00:00.00	390.000	280.000	20	5.6	PEKMEZCI-AKHISAR (MANISA) [West 3.0 km]
19.5.1904	10:02:00.00	384.000	272.000	20	5.5	BUCA (IZMIR) [North East 2.5 km]
10.10.1904	17:40:00.00	384.000	272.000	20	5.8	BUCA (IZMIR) [North East 2.5 km]
12.4.1908	00:00:00.00	382.000	277.000	9	5.5	YAKACIK-BAYINDIR (IZMIR) [South West 0.8 km]
22.1.1924	11:05:44.10	395.100	284.000	80	5.5	TASPINAR-DURSUNBEY (BALIKESIR) [South East 0.6 km]

22.12.1924	17:49:42.00	396.000	277.000	15	5.5	DALLIDAMDIRA- (BALIKESIR) [South East 1.2 km]
13.1.1926	08:08:44.10	385.300	281.900	10	5.8	TAYTAN-SALIHLI (MANISA) [North West 1.4 km]
13.1.1926	01:47:04.40	386.400	281.100	50	5.8	KEMERDAMLARI-SALIHLI (MANISA) [North East 1.0 km]
23.5.1937	10:57:30.20	386.900	277.800	10	5.5	HEYBELI-SARUHANLI (MANISA) [North 3.0 km]
5.2.1942	01:15:58.50	388.400	277.400	10	5.5	KAPAKLI-AKHISAR (MANISA) [South 3.3 km]
28.10.1942	00:31:51.70	392.700	281.900	10	5.5	CAYGOREN-SINDIRGI (BALIKESIR) [North West 2.2 km]
28.10.1942	02:41:52.90	394.600	277.900	10	5.6	TURNALAR- (BALIKESIR) [North West 1.0 km]
19.3.1952	01:27:28.60	396.000	286.400	40	5.5	DURSUNBEY (BALIKESIR) [North East 1.9 km]
23.3.1969	21:08:42.10	391.400	284.800	9	5.9	BARDAKCI-DEMIRCI (MANISA) [North West 3.5 km]
23.4.1970	09:01:26.60	391.300	286.500	28	5.6	YENIKOY-SIMAV (KÜTAHYA) [South West 2.3 km]
1.2.1974	00:01:02.10	385.500	272.200	24	5.5	KURUDERE-BORNOVA (IZMIR) [West 2.7 km]
31.3.1928	00:29:48.90	381.800	278.000	10	6.5	DEREBASI-TIRE (IZMIR) [East 1.5 km]
22.9.1939	00:36:36.60	390.700	269.400	10	6.6	KIZILCUKUR-DIKILI (IZMIR) [South East 4.2 km]
28.10.1942	02:22:53.10	391.000	278.000	50	6	KARAKURT-KIRKAGAC (MANISA) [South West 1.7 km]
15.11.1942	17:01:22.90	395.500	285.800	10	6.1	CATALCAM-DURSUNBEY (BALIKESIR) [North East 1.5 km]
25.3.1969	13:21:34.20	392.500	284.400	37	6.1	DUVERTEPE-SINDIRGI (BALIKESIR) [North East 1.9 km]
28.3.1969	01:48:29.50	385.500	284.600	4	6.6	SOGANLI-ALASEHIR (MANISA) [North East 3.0 km]

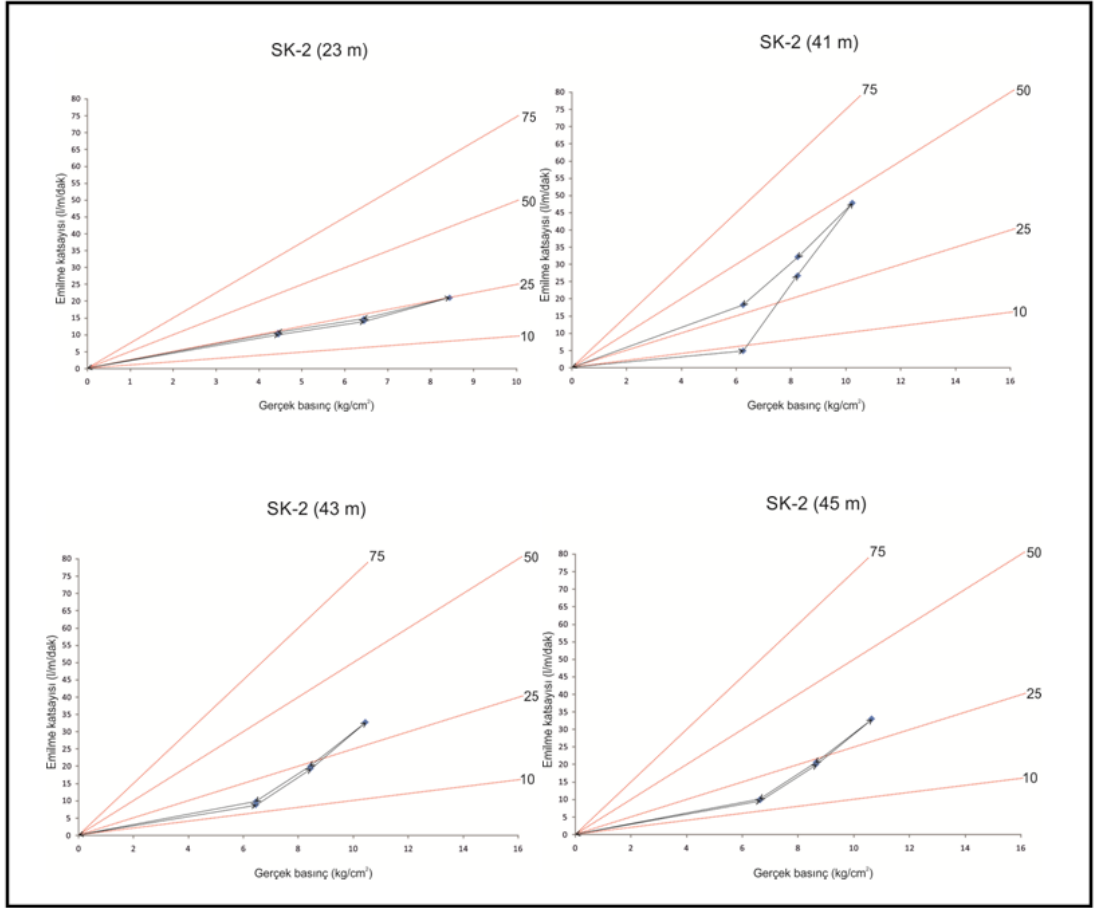
Ek B: Lugeon Grafikleri



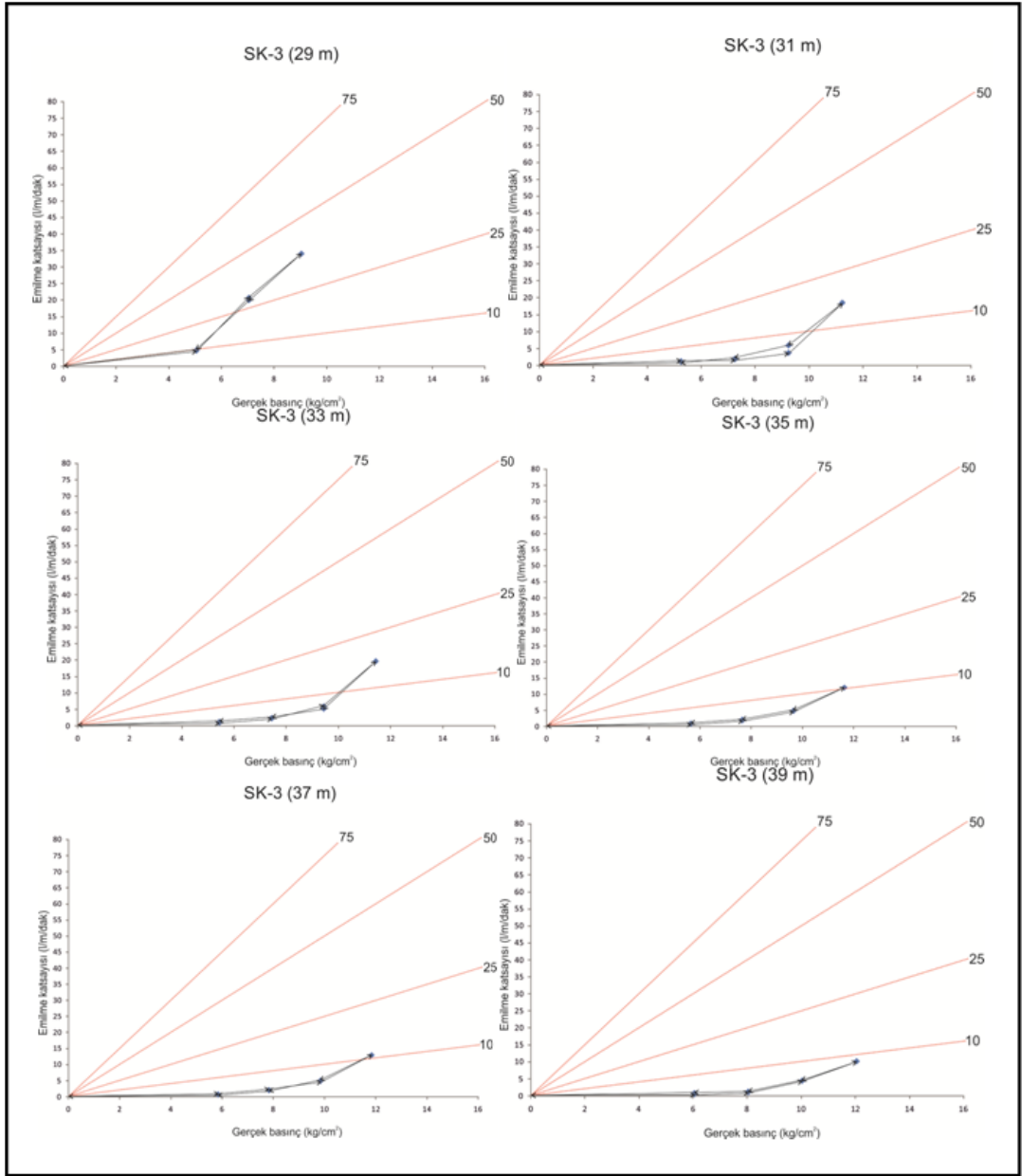
Şekil B.6.1: SK-1'deki Lugeon değerlerinden elde edilen emilme katsayısı grafikleri.



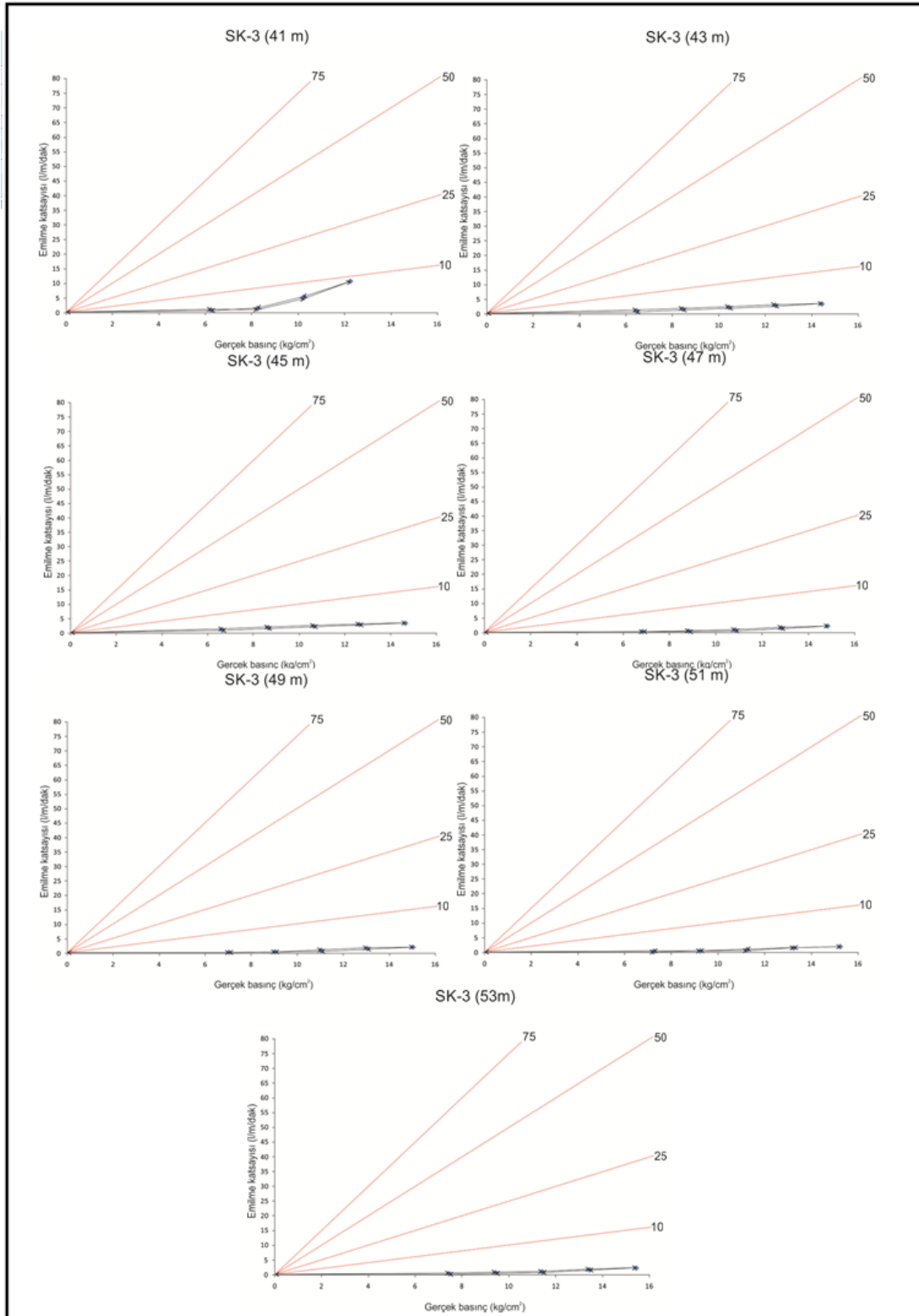
Şekil B.6.2: SK-2'deki Lugeon değerlerinden elde edilen emilme katsayısı grafikleri.



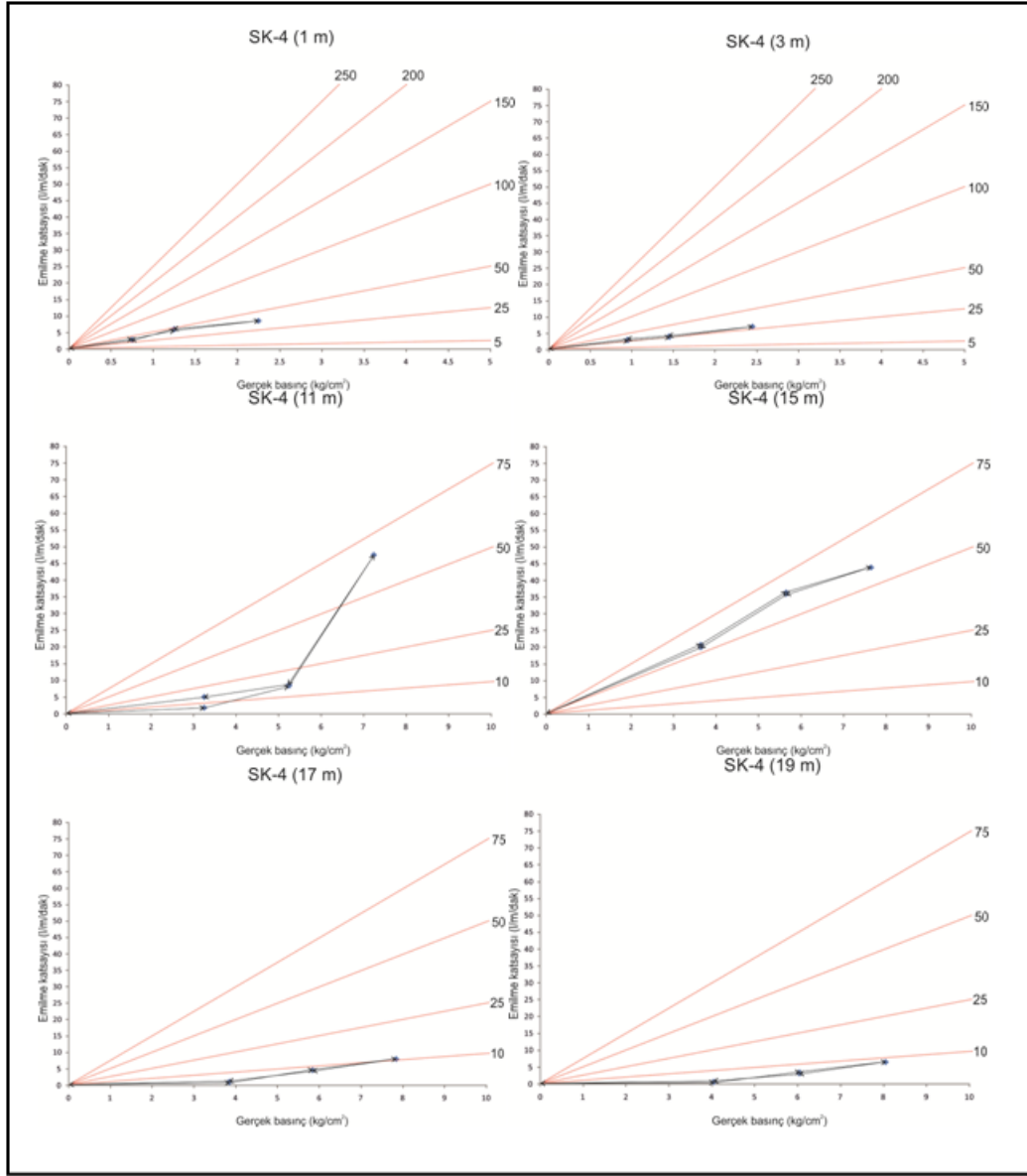
Şekil B.6.3: SK-2'deki Lugeon değerlerinden elde edilen Emilme katsayısı grafikleri.



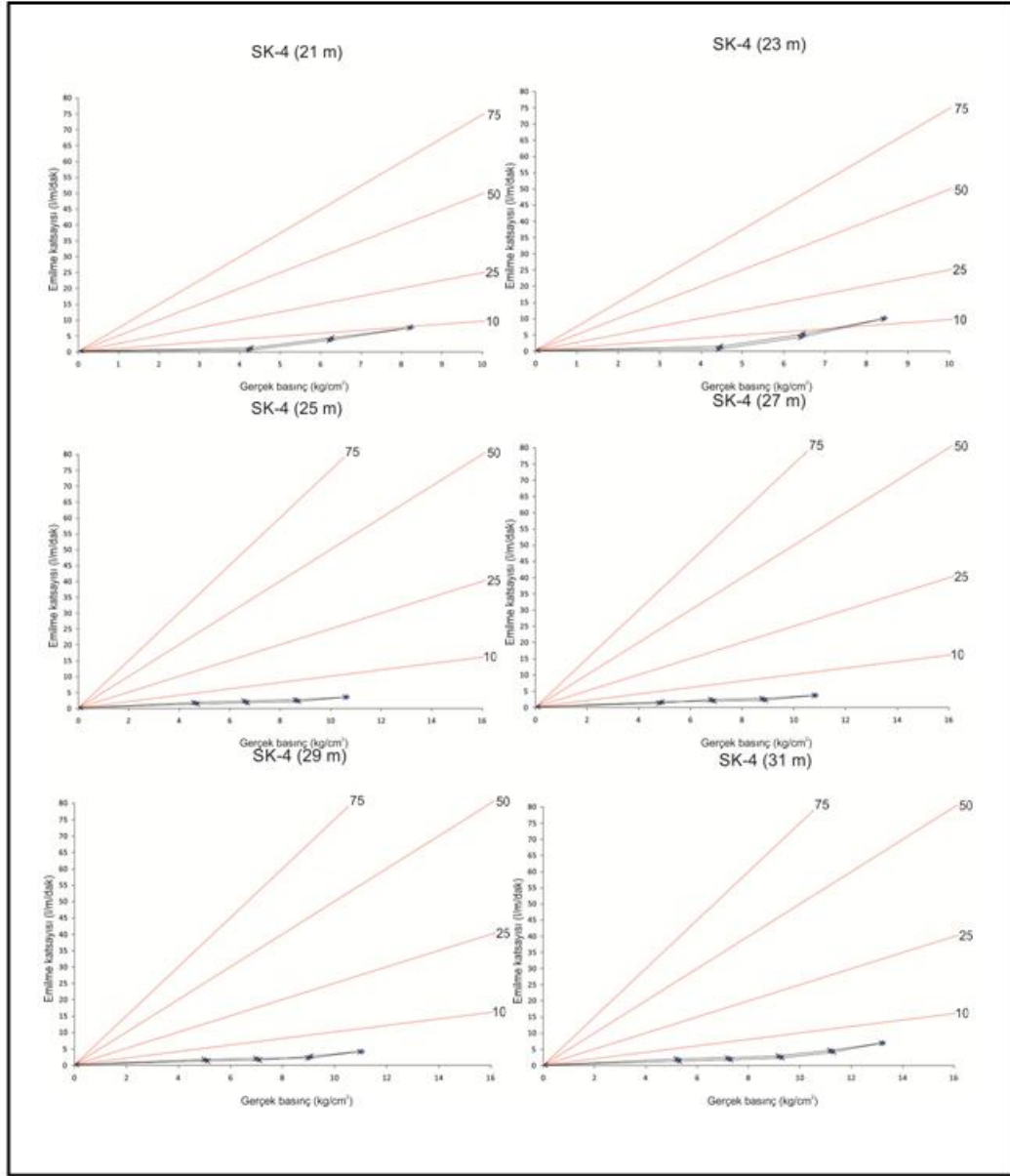
Şekil B.6.4: SK-3'deki Lugeon değerlerinden elde edilen Emilme katsayısı grafikleri.



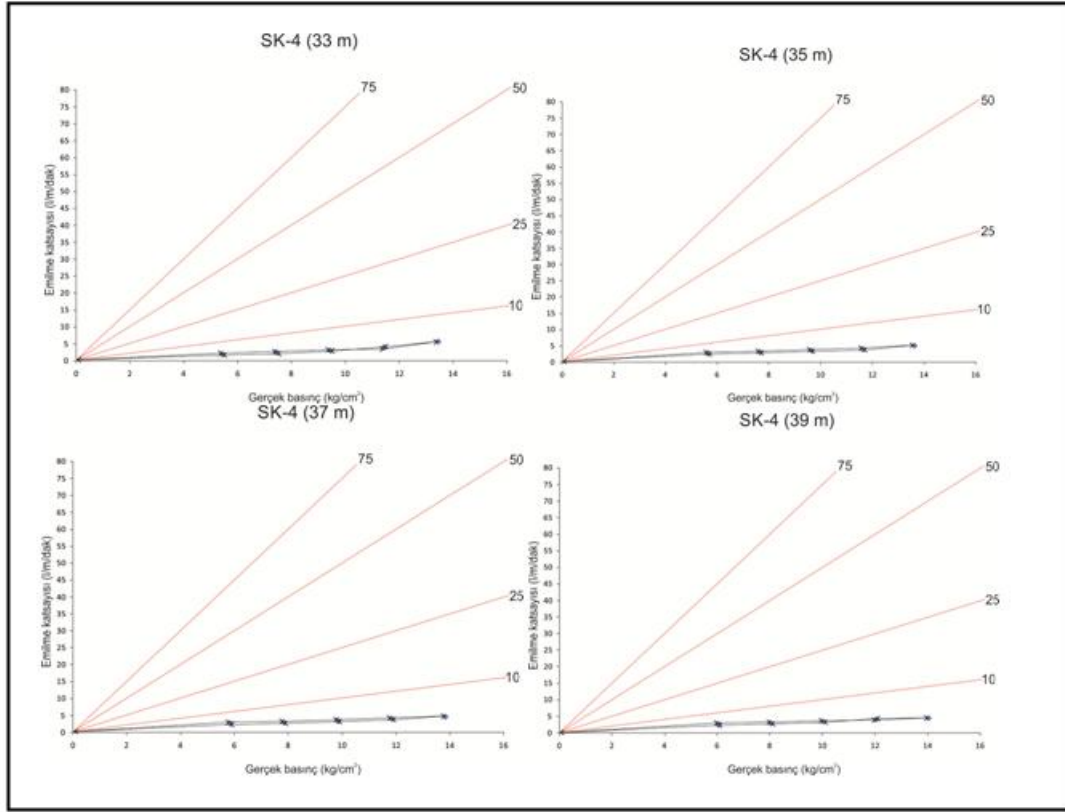
Şekil B.6.5: SK-3'deki Lugeon değerlerinden elde edilen Emilme katsayısı grafikleri.



Şekil B.6.6: SK-4'deki Lugeon değerlerinden elde edilen Emilme katsayısı grafikleri.



Şekil B.6.7: SK-4'deki Lugeon değerlerinden elde edilen Emilme katsayısı grafikleri.



Şekil B.6.8: SK-4'deki Lugeon değerlerinden elde edilen emilme katsayısı grafikleri.