



uluslararası katılımlı
kapadokya
yerbilimleri
sempozyumu
24-26 Ekim 2018

internationally participated

cappadocia geosciences symposium

October 24-26, 2018, Niğde, Turkey

tam metin bildiriler kitabı
proceedings book

Editör/Editor

Prof.Dr. Mehmet ŞENER



ULUSLARARASI KATILIMLI

II. KAPADOKYA YERBİLİMLERİ SEMPOZYUMU

INTERNATIONALLY PARTICIPATED

II. CAPPADOCIAN GEOSCIENCES SYMPOSIUM

24-26 Ekim 2018, Niğde
October 24-26, Niğde, Turkey

TAM METİN BİLDİRİLER KİTABI

PROCEEDINGS BOOK

Editör/Editor
Prof.Dr. Mehmet ŞENER

DESTEKLEYENLER



BARKOM
SONDAJ EKİPMANLARI



başarsoft

Yürütme Kurulu/Executive Committee

Onursal Başkan / Honorary President

Prof.Dr. Muhsin Kar
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Rektörü
Rector of Niğde Ömer Halisdemir University

Sempozyum Başkanı / Symposium President

Prof.Dr. Mehmet Şener
Jeoloji Mühendisliği Bölümü Başkanı
Head of Department of Geological Engineering

Sekreteryä / Secretary

Mustafa Korkanç
Semiha İlhan
Uğur Erdem Dokuz
Alper Gürbüz

Düzenleme Kurulu/Organizing Committee

Kutsi Savaş Erduran
Mehmet Şener
Ali Gürel
Mustafa Korkanç
Orkun Ersoy
Abdurrahman Lermi
Dilek Şatır Erdağ
Mustafa Sönmez
Murat Çiftlikli
F. Zafer Özgür
Ali Tümüklü
Sinan Altuncu
Seray Özgür
Semiha İlhan
Uğur Erdem Dokuz
M. Furkan Şener
M. Zeynel Öztürk
Aytekin Erten
Alper Gürbüz

Bilim Kurulu / Scientific Committee

Abdullah Ateş	Fuat Şaroğlu	Mustafa Kumral
Abidin Temel	Funda Akgün	Neil Roberts
Ahmet Türkecan	Funda Bilim	Nilgün Güleç
Akın Kürçer	Gökhan Atıcı	Nizamettin Kazancı
Alastair H.F.	Gürol Seyitoğlu	Nurdan Yavuz
Robertson	H. Murat Yılmaz	Orhan Tatar
Ali Gürel	Halil Gürsoy	Osman Parlak
Ali İhsan Karayığit	Halim Mutlu	Ömer Aydan
Alper Baba	Hatim Elhatip	Ömer Emre
Atike Nazik	Hediye Erdoğan	Ö. Feyzi Gürer
Atiye Tuğrul	Huriye Demircan	Ö. Yusuf Toraman
Attila Aydemir	Hükmü Orhan	Reşat Ulusay
Attila Çiner	Hüseyin Öztürk	Radoslav Nakov
Axel Karl Schmitt	İbrahim Çopuroğlu	Selahattin Kadir
Ayşegül Güney	İbrahim Uysal	Selim Özalp
Bahadır Aktuğ	İlker Şengüler	Selma Kadioğlu
Baki Varol	İsmail Ömer Yılmaz	Semih Ekercin
Bilal Tunçsiper	Kaan Şevki Kavak	Serdar Bayarı
Cahit Helvacı	Kadir Dirik	Suzanne A.G. Leroy
Cahit Tağı Çelik	Kemal Taslı	Şakir Şimşek
Candan Gökçeoğlu	Koji Okumura	Şeref Keskin
Catherine Kuzucuoğlu	Jean-Luc Le Pennec	Şevket Şen
Cemal Tunoğlu	Levent Karadenizli	Tamer Koralay
Donna Whitney	Lorenzo D Alfonso	Tamer Topal
Emin Çiftçi	Lothar Viereck	Traugott Scheytt
Ender Sarıfakıoğlu	Maren Brehme	Türkan Bayer Altın
Erdin Bozkurt	M. Cemal Göncüoğlu	Uğur Doğan
Erdinç Yiğitbaş	M. Gürhan Yalçın	Ulvi Can Ünlügenç
Erkan Aydar	Mehmet Çelik	Veysel Işık
Faruk Aydın	Mehmet Şener	Warren John Eastwood
Faruk Ocakoğlu	Mehmet Ekmekçi	Yavuz Hakyemez
Fehiman Çiner	Mustafa Afşin	Yusuf Kağan Kadioğlu
Fetullah Arık	Mustafa Karabıyıkoglu	Yücel Yılmaz



Editörden

24-26 Ekim 2018 tarihleri arasında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü ev sahipliğinde gerçekleştirmiş olduğumuz “*Uluslararası Katılımlı II. Kapadokya Yerbilimleri Sempozyumu*” ürünü olarak hazırlamış olduğumuz ‘Tam Metin Bildiriler’ kitabı uzun ve emek yoğun çalışmalar sonucunda yayınlanmıştır.

Yerbilimlerinin birçok farklı disiplininde araştırmacıyı bir araya getiren ve oldukça yoğun bir katılımın olduğu etkinliğimiz, sempozyum sonrası aldığımız geri bildirimlerden edindiğimiz kanaate göre oldukça başarılı geçmiştir. Bu başarıda, Ülkemizin dört bir yanından ve tüm dünya da yolu yerbilimlerinden ve sevgiden geçen herkese yaptığımız bu davete icabet eden, değerli yerbilimcilerin katkıları yadsınamaz bir gerçektir.

Bu gerçekten hareketle başta sempozyum onursal başkanı ve Rektörümüz Sayın Prof. Dr. Muhsin Kar olmak üzere tüm düzenleme, yürütme ve bilim kurulu üyeleri ile katılımcılara teşekkür ederiz.

Geleneksel hale getirmek için çaba harcadığımız sempozyumumuzun üçüncüsünde tekrar buluşmak ümidi ile yerbilimleri sevdanızın sürmesini dileriz.

Prof. Dr. Mehmet ŞENER

Editör

İÇİNDEKİLER

KUVATERNER JEOLJİSİ VE JEOMORFOLOJİ OTURUMU	8
MİSLİ-KARASU HAVZASI'NDA DRENAJIN KURULUŞU VE GELİŞİMİ (KEÇİBOYDURAN-MELENDİZ DAĞLARI KUZEYİ), İÇ ANADOLU, TÜRKİYE	9
İÇ ANADOLU BÖLGESİ GÜNEYİNDE KARADAĞ'IN DRENAJ GELİŞİMİ.....	24
MADEN İŞLETME VE CEVHER HAZIRLAMA OTURUMU	33
NİĞDE MİKRONİZE KALSİT ÜRETİM TESİSLERİNDE PAKETLEME İŞLEMLERİ VE LOJİSTİĞİN ÖNEMİ	34
NANO ÖĞÜTME İLE İLAÇ NANOKRİSTALLERİ ÜRETİMİ VE SÜSPANSİYON STABİLİTESİ	43
MADEN REZERV HESAPLAMALARINDA 3D (3 BOYUTLU) CEVHER MODELLEMENİN KLASİK YÖNTEMLE KİYASLANMASI.....	49
MİKRO-PERLİT ÜRETİMİNDE GENLEŞTİRME FIRINI VE ÜRETİM PROSESLERİ ...	55
ELEK TEMİZLEME TOPLARI VE PERFORMANS ÖZELLİKLERİ	61
KAPADOKYA İGNİMBİRİTLERİNİN DOKUSAL ÖZELLİKLERİNİN KESİCİ UÇ AŞINMASINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI	68
REFRAKTER Au/Ag CEVHERLERİNDE ÖĞÜTMENİN SICAK KİREÇ SONRASI SİYANÜRLEME PROSESİNE ETKİSİ	74
KÜLTÜREL JEOLJİ VE JEOLJİK MİRAS OTURUMU	79
ROCK-CUT SHELTERS IN GÖREME WHERE GEOMORPHOLOGY, HYPOGEAL ARCHITECTURE AND HYDROLOGY MEET.....	80
PERŞEMBE YAYLASINDA (ORDU) JEOMORFOSİTLER VE TURİZM AMAÇLI KULLANIMLARI	92
TARİHİ-DOĞAL-ARKEOLOJİK-KÜLTÜREL VE JEOLJİK MİRASI KORUMA- KULLANMA DENGESİ: YERALTI ŞEHİRLERİ VE JEOTURİZM (AVANOS)	98
MADEN YATAKLARI-JEOKİMYA OTURUMU	104
Pb-Zn YATAKLARI ÜZERİNDE GELİŞEN DEMİR ŞAPKALARIN MİNERALJİSİ VE JEOKİMYASI, ORTA TOROSLAR, TÜRKİYE	105
PRELIMINARY FINDINGS OF Ni ANOMALIES OBSERVED IN METAMORPHIC ROCKS OF EASTERN KARGI (TAVSANTEPE)	110
KEBAN METAMORFİTLERİNİN TRİYAS YAŞLI KARBONATLARI İÇERİSİNDEKİ JİPS TABAKALARININ VARLIĞI VE HİDROTERMAL ETKİLEŞİMİ	116
KIŞLADAĞ ALTIN YATAĞINDA (UŞAK, BATI ANADOLU) EPİTERMAL ALTERASYON	126

DOĞAL AFETLER OTURUMU	136
KAPADOKYA BÖLGESİNDE KURAKLIK DURUM DEĞERLENDİRMESİ	137
NİĞDE OTURUMU	143
NİĞDE'DE DOĞAL AFETLER, TEHLİKELER, ÖNLEME ve ZARAR AZALTMA ÇALIŞMALARI.....	144
JEOFİZİK-JEODEZİ OTURUMU	150
ÇANDARLI, DİKİLİ, ALİAĞA, FOÇA YÖRELERİNİN MİKROGRAVİTE VE MİKROTREMOR YÖNTEMLERİ İLE İRDELENMESİ	151
DEPREMLER SIRASINDA OLUŞABİLECEK YANAL DEFORMASYONUN JEOFİZİK YÖNTEMLERLE ÖN KESTİRİMİ: KARABURUN/İZMİR ÖRNEĞİ	157
YERSEL LAZER TARAYICILARIN MÜHENDİSLİK YAPILARINDA KULLANILABİLİRLİĞİ: OYMAPINAR BARAJI ÖRNEĞİ.....	162
STRATİGRAFİ VE SEDİMANTOLOJİ OTURUMU.....	169
KAPADOKYA BÖLGESİ PLİYÖSEN DİYATOMİTLERİNİN DİYATOME TOPLULUĞU VE PALEOORTAMSAL YORUMU İNCESU (KAYSERİ) YÖRESİ	170
DIATOM COMMUNITY AND PLAEOENVIRONMENTAL.....	170
RİVA (İSTANBUL) DRENaj HAVZASINDA TRANSGRESYON STRATİGRAFİSİNİN OLUŞUMU	175
SAYINDERE FORMASYONU (ÜST KAMPANİYEN- MAASTRİHTİYEN)'NUN KAYNAK KAYA ÖZELLİKLERİ VE DEPOLANMA ORTAMI, GD ANADOLU	181
DOĞAL YAPI MALZEMELERİ OTURUMU.....	188
KAPADOKYA YÖRESİ DOĞAL PUZOLANLARININ KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ VE BETON DAYANIMINA ETKİSİ	189
KAPLAMA TAŞI OLARAK KULLANILAN FARKLI ANDEZİTLERİN KARŞILAŞTIRILMASI: NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ KAMPÜSÜ... 195	
GERİ KAZANILMIŞ AGREGA ELDE EDİLEN ATIK BETONLARDA KARBONATLAŞMA DERİNLİĞİ	203
KALKER VE BAZALT TÜRÜ KAYAÇLARIN YOL ALTYAPI DOLGUSU OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ, TRABZON ÇATAK ÖRNEĞİ.....	207
İNŞAAT ATIKLARINDAN ELDE EDİLEN GERİ KAZANILMIŞ AGREGANIN MADENCİLİK YÖNTEMLERİNDE KULLANILMASI	212
UÇUCU KÜLÜN, ÇİMENTOLU MACUN DOLGUNUN MEKANİK DAYANIMINA ETKİSİ	218
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ OTURUMU	226

DOĞAL AFET YÖNETİMİNDE WEB CBS TEKNOLOJİSİ KULLANIMI: ÜNYE TAŞKIN BİLGİ VE YÖNETİM SİSTEMİ (UTBİS)	227
KARAÇAM DERESİ (TRABZON) HAVZASI'NDA HEYELAN RİSK ANALİZİ	234
MİNERALOGİ-PETROGRAFİ OTURUMU	241
NİĞDE VOLKANİK KOMPLEKSİ (KB NİĞDE) ERKEN-GEÇ PLİYOSEN YAŞLI MELENDİZ VOLKANİTLERİNİN HİDROTERMAL ALTERASYON ÖZELLİKLERİ .	242
HİDROJEOLJİ OTURUMU	249
NİĞDE YERALTI SULARININ SU KALİTESİ VE İZ ELEMENT İÇERİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ, ORTA ANADOLU, NİĞDE, TÜRKİYE	250
ASSESSMENT OF SEAWATER INTRUSION INTO THE COASTAL AQUIFER OF GA WEST MUNICIPALITY, GHANA.....	257
MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ OTURUMU	262
INVESTIGATION OF GERZE (SINOP) BASEMENT CONDITIONS FOR ENGINEERING GEOLOGY ACCORDING TO FORMATION TYPE.....	263
CHARACTERISTICS OF LANDSLIDES OCCURRING ALONG THE GERZE-SINOP COASTAL AREA.....	267
AKÇADAĞ (MALATYA) ÇEVRESİNİN JEOLJİK, TEKTONİK ÖZELLİKLERİ VE AKÇADAĞ İLÇESİNİN YERLEŞİME UYGUNLUK DEĞERLENDİRMESİ.....	273
THE EFFECT OF WATER IN A LANDSLIDE, UÇUK LANDSLIDE (GERZE/SINOP). 280	
LOAD EFFECT ON LANDSLIDE: CASE STUDY OF DENİZ FENERİ LANDSLIDE (GERZE SINOP).....	285
TEKTONİK VE YAPISAL JEOLJİ OTURUMU	290
KUZEY ANADOLU FAY SİSTEMİ ÜZERİNDEKİ İZMİT KÖRFEZİ – SAPANCA GÖLÜ HAVZASI ÇEVRESİNDE PLİYO-KUVATERNER STRATİGRAFİSİ – AKTİF DEFORMASYON İLİŞKİSİ	291
JEOFİZİK OTURUMU.....	297
DETERMINATION OF SEISMIC HAZARD IN CAPPADOCIA BY USING SPATIALLY SMOOTHED SEISMICITY	298
BÜTÜNLEŞİK AFET TEHLİKE HARİTALARI ÇALIŞMALARI KAPSAMINDA LADİK İLÇESİNDE YÜRÜTÜLEN ÇALIŞMALAR.....	304
MEKÂNSAL RİSKLERİN YÖNETİMİNDE JEOLJİK VE EKOLOJİK VERİLERİN BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ	309

STRATİGRAFİ VE SEDİMANTOLOJİ OTURUMU

KAPADOKYA BÖLGESİ PLİYOSEN DİYATOMİTLERİNİN DİYATOME TOPLULUĞU VE PALEOORTAMSAL YORUMU İNCESU (KAYSERİ) YÖRESİ

Ayşegül GÜNEY¹, Ali GÜREL², Fatma DÜNDAR TÜRK¹

*1 Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray.
2 Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51100, Niğde.*

ÖZ

İncesu (Kayseri) yöresinde yüzeyleyen Pliyosen yaşlı volkanosedimenter birimler içerisinde yer alan diyatomitlerden ölçülen stratigrafik kesitten derlenen örneklerden 12 diyatom cinsine 8 diyatom türü tanımlanmıştır. Tanımlanan türler içerisinde pennat formların, sentrik formlara göre daha bol olduğu ve göl suyunun tatlı su özelliğinde olduğu belirlenmiştir. Tanımlanan diyatom cins ve türlerinin derlenen örneklerdeki sayısal dağılımlarının değerlendirilmesi sonucunda İncesu lokasyonunda; diyatomitlerin oluşumu sırasında göldeki su seviyesinin yüksek olduğu, göl tabanının kayalık olduğu, göl suyunun başlangıçta oligotrofik özellikte olduğu, daha sonra ötrofik özellik kazandığı, besin miktarının ölçülü kesitin tabanında düşük, orta ve üst seviyelerinde ise yüksek düzeyde olduğu, pH değerinin kesitin tabanında pH=7 (nötr) veya pH<7 (asit) özellikte iken, kesitin orta ve üst seviyelerinde pH>7 (bazik) özellik kazandığı ve oksijen oranının başlangıçta düşük seviyede bulunduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Diyatomit, İncesu, Kayseri, Paleootam, Pliyosen

DIATOM COMMUNITY AND PLAEOENVIRONMENTAL INTERPRETATION OF CAPPADOCIA REGION'S PLIOCENE DIATOMITES IN INCESU (KAYSERİ) AREA

ABSTRACT

Eight diatom species of 12 genera were identified from the samples which were collected from stratigraphic section in İncesu (Kayseri) area which is taken places in Pliocene aged volcanosedimentary units. It was determined that pennate forms are more abundant than centric forms in the defined species and the lake water has fresh water properties in this location. As a result of the quantitative evaluation of the identified diatom genera and species distributions in the collected samples; it have been determined that, in İncesu area; during the formation of the diatomite deposits, lake water's level was high, the bottom of the lake was rocky, lake water was initially exhibits oligotrophic properties later changed into eutrophic character, the nutrient ratio of lake water was low in bottom level of the section but it was high at the middle and upper levels of the section. The lake water was neutral (pH=7) or acidic (pH >7) properties at the bottom level of the lake, than it changed into alkaline (pH>7) characteristics towards to middle and upper levels of the section. Lake water's oxygen ratio was initially low level.

Keywords: Diatomite, İncesu, Kayseri, Palaeoenvironment, Pliocene

1. GİRİŞ

İnceleme alanı ve çevresinde günümüze kadar [1-10] volkanizma, Jeolojik haritalama, ignimbritler, tektonik, paleotoprak, gölsel birimlerin jeolojisi, mineralojisi ve jeokimyası, palinostratigrafi ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. [11-15], Çiftlik Baseni (Niğde), İhlara-Selime (Aksaray) ve Karacaören-Ürgüp (Nevşehir) yöresi'ndeki diyatomitlerin fosil diyatom topluluğu, paleoortamsal özellikleri ve endüstriyel hammadde olarak kullanım alanları ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışma ile Kapadokya Volkanik Provensi (KVP) içerisinde yer alan İncesu yöresi'ndeki diyatomit içeren volkano-sedimenter birimlerin (Kızılıkaya ignimbriti ile İncesu

ignimbriti arasında) fosil diyatom topluluğu ve paleoortamsal özellikleri belirlenerek, inceleme alanının Pliyosen paleocoğrafyasına ışık tutulacağı düşünülmüştür.

KVP, yaklaşık olarak 1400-1500 m yükseklikte, KD-GB uzantılı, 250–300 km uzunlukta, 60 km genişliktedir, yapılan çalışmalar, KVP'nin kalkalkalin karakterde bir volkanik bölge olduğunu, Avrasya ve Afrika-Arabistan levhalarının yaklaşmasıyla geliştiğine işaret etmektedir [5]. İnceleme alanında geç Miyosen-Pliyosen'de deformasyona uğramış, çok sayıda fay, kıta içi basen oluşmuş ve bölgede yoğun volkanizma meydana gelmiştir [13]. Ürgüp Baseni'nde yer alan göl ve akarsu sedimentleri ile ara katkılı olan bu çökeller [2] tarafından Ürgüp Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Radyometrik yaş tayini sonuçlarına göre bu kayaların yaşı geç Miyosen-Pliyosen dir [13]. Formasyon, Bayramhacılı, Mustafapaşa ve Kışladağ olmak üzere 3 üyeye ayrılmıştır [13, 14] (Şekil 1a,b).

2. MATERYAL VE METOT

Bu incelemede stratigrafik kesit GPS yardımıyla ölçülmüştür. Paleoortam analizleri için, araziden alınan örnekler lam, lamel ve Kanada Balsamı kullanılarak paleontolojik inceleme için slayt haline getirilmiş, slaytlar Nikon Pol-400 marka polarizan mikroskop altında incelenek fosil diyatom cins ve türleri tanımlanarak fotoğraflanmıştır. Tanımlanan diyatom cins ve türlerinin, her bir örnek için 20 mikroskopik slayt alanındaki bolluk dağılımları ve ekolojik özelliklerinin dağılımları belirlenerek Tablolar halinde gösterilmiştir. Tablolar değerlendirilerek inceleme alanında yer alan diyatomitlerin paleoekolojik özellikleri değerlendirilmiştir (Şekil 1 c, Tablo 1a, b).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 İncesu Stratigrafik Kesiti

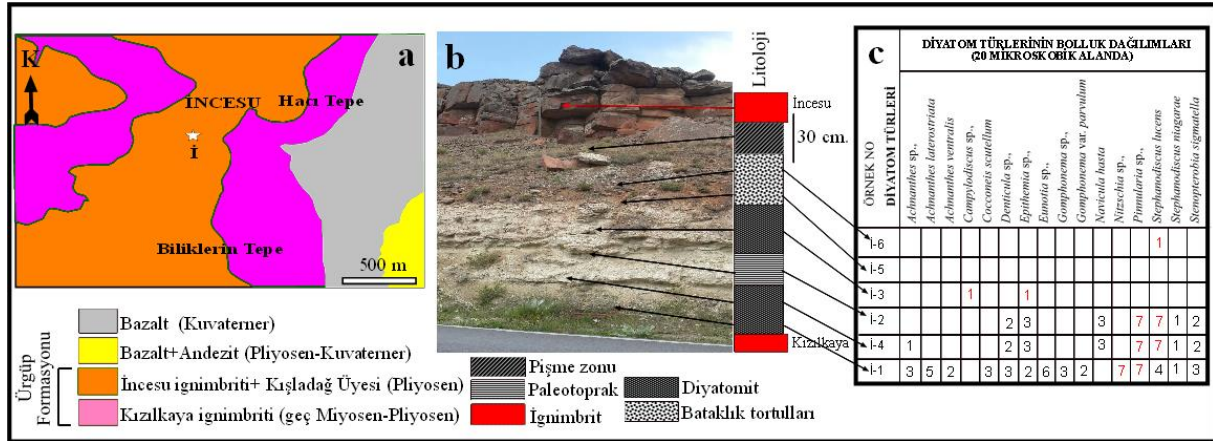
Kesit Kızılkaya ignimbriti ile İncesu ignimbriti arasında Kayseri K34-d3 paftasında ölçülmüştür. Kesitin UTM koordinatları, başlangıç; boylam (Y): 0689318, enlem (X): 4276976, yükseklik (Z): 1089 m. Bitiş; boylam (Y): 0689318, enlem (X): 4276976, yükseklik (Z): 1090.30 m dir. Kesit tabanda yaklaşık 30 cm kalınlığındaki beyaz renkli diyatomitlerle başlar, yukarıya doğru sırasıyla 20 cm kalınlığında kahverenkli paleotoprak seviyesi, 30 cm kalınlığında beyaz renkli ikinci bir diyatomit seviyesi, 20 cm kalınlığında bataklık tortulları ve en üstte İncesu ignimbriti bulunur (Şekil 1b).

3.1 Paleoortam ve Yorumu

Su Derinliği: İncesu lokalitesinde tabandan tavana doğru diyatomit örneklerinin alındığı seviyelerde; bentik ve litoral formlar (1-14 adet) ile planktonik formların (1-15) sayısal değerleri birbirine yakındır. Buna rağmen, İ-1, İ-2 ve İ-6 nolu örneklerin alındığı seviyelerde planktonik form olan *Nitzschia* sp., ve *Stephanodiscus lucens*' in (1-7 adet) sayısal olarak bollaşması göldeki su seviyesinin yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca, ölçülü kesit boyunca epilitik formların (1-14 adet), epipelik ve epifitik (1-11 adet) formlara göre daha bol olması diyatomitlerin oluşumu sırasında göl tabanında kayaların bulunduğu göstermektedir (Tablo 1a, b).

Tuzluluk: İncesu lokalitesinde tabandan tavana doğru; tatlı su formları (1-33 adet), tuzlusu ve acısu formlarına (1-5 adet) göre sayısal olarak fazladır. Ayrıca, İ-1, İ-4 ve İ-2 nolu örneklerin örneklerin alındığı seviyelerde tatlı sularda yaygın olan *Nitzschia* sp., ve *Pinnularia* sp., (7 şer adet) sayısal olarak bollaşmaktadır. Bu veriler diyatomitlerin oluşumu sırasında göl suyunun tatlı su özelliğinde olduğunu göstermektedir (Tablo 1a, b).

Sıcaklık: İncesu lokalitesinde tabandan tavana doğru; İ-1 nolu örneğin derlendiği seviyede oligotrofik formlar (20 adet), ötrofik ve mesotrofik (0-12 adet) formlara göre daha boldurlar. İ-4, İ-2, İ-3 ve İ-6 nolu örneklerin alındığı seviyelerde ise ötrofik formlar (1-10 adet), oligotrofik ve mesotrofik (0-5 adet) formlara göre daha boldurlar. Ayrıca, İ-4, İ-2 ve İ-6 nolu örneklerin alındığı seviyelerde yine ötrofik özellik gösteren *Stephanodiscus lucens* (1-7 adet) sayısal olarak bollaşmaktadır. Bu veriler diyatomitlerin oluşumu sırasında göl suyunun başlangıçta oligotrofik özellikte olduğunu, daha sonra ötrofik özellik kazandığını göstermektedir (Tablo 1a, b).



Şekil 1. a- İnceleme alanı jeoloji haritası ([5, 10 ve 14]' den değiştirilerek alınmıştır), b: İncesu ölçülü stratigrafik kesiti, c-diyatom türlerinin sayısal bolluk dağılımı.

Tablo 1. İncesu kesiti örneklerinde tanımlanan diyatomi türlerinin a- ekolojik özellikleri, b- ekolojik özelliklerine göre bolluk dağılımı [15-24].

a	DİYATOM TÜRLERİ	EKOLOJİK ÖZELLİKLER												b	DİYATOM TÜRLERİNİN EKOLOJİK ÖZELLİKLERİNE GÖRE SAYISAL BOLLUK DAĞILIMLARI (20 MİKROSKOBİK ALANDA)																							
		Derinlik				Tuzluluk		Sıcaklık		Besin	pH	Şekil	Oksijen Oranı		Derinlik				Tuzluluk		Sıcaklık		Besin	pH	Şekil	Oksijen Oranı												
		Litoral	Epipelik	Epipelik	Benik	Planktonik	Tuzlu su	Acı su	Kozmopolitan	Otrofik	Mesotrofik	Olyosaprobik	Olyosaprobik	≤ 7	> 7	Pemat	Sentrik	Yüksek	Orta	Düşük	Litoral	Epipelik	Epipelik	Benik	Tuzlu su	Acı su	Kozmopolitan	Otrofik	Mesotrofik	Olyosaprobik	Olyosaprobik	≤ 7	> 7	Pemat	Sentrik	Yüksek	Orta	Düşük
	<i>Achnanthes</i> sp.						X		X							X																						
	<i>Achnanthes laterostrata</i>																																					
	<i>Campylodiscus</i> sp.																																					
	<i>Cocconeis scutellum</i>	X		X	X	X																																
	<i>Epithemia</i> sp.		X	X	X	X																																
	<i>Eunotia</i> sp.			X	X	X				X																												
	<i>Gomphonema</i> sp.	X			X	X																																
	<i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>parvulum</i>																																					
	<i>Navicula hasta</i>																																					
	<i>Nitzschia</i> sp.																																					
	<i>Nitzschia incruscans</i>																																					
	<i>Pinnularia</i> sp.	X				X																																
	<i>Stephanodiscus lucens</i>	X																																				
	<i>Stephanodiscus niagarae</i>	X				X																																

Besin: İncesu lokalitesinde; İ-1 nolu örneğin alındığı seviyede oligosaprobik formlar (23 adet), örysaprobik ve mesosaprobik (9-10 adet) formlara göre sayısal olarak fazladır. Ayrıca, kesitin bu seviyesinde oligosaprobik ve mesosaprobik özellik gösteren *Pinnularia* sp., (7 adet) sayısal olarak bollasmaktadır. İ-4 ve İ-2 nolu örneklerin alındığı kesitin orta seviyelerinde ise, örysaprobik, mesosaprobik ve oligosaprobik formlar sayısal olarak eşit düzeyde (7 şer adet) bulunmaktadır. Ancak, kesitin bu seviyesinde ve İ-6 nolu örneğin alındığı tavan seviyesinde örysaprobik özellik gösteren *Stephanodiscus lucens* (1-7 adet) yaygınlaşmaktadır. Bu veriler diyatomitlerin oluşumu sırasında göl suyunun besin miktarının başlangıçta düşük, ölçülü kesitin orta ve üst seviyelerinde ise yüksek olduğunu göstermektedir (Tablo 1a, b).

pH: İncesu lokalitesinde; İ-1 nolu örneğin derlendiği taban seviyesinde pH=7 olan formlar (16 adet), pH>7 ve pH< 7 (1-10 adet) olan formlara göre daha yaygındır. Aynı zamanda, kesitin bu seviyesinde pH<7 özellik gösteren *Nitzschia* sp., (7 adet) sayısal olarak yaygınlaşmaktadır. İ-4, İ-2 ve İ-3 nolu örneklerin derlendiği seviyelerinde ise pH>7 olan formlar (1-3 adet), pH=7 (0 adet) olan formlara göre daha yaygındır. Bu veriler diyatomitlerin oluşumu sırasında göl suyunun pH değerinin kesitin tabanında pH=7 (nötr) veya pH<7 (asit), kesitin orta ve üst seviyelerinde ise pH>7 (bazik) özellikte olduğunu göstermektedir (Tablo 1a, b).

Oksijen Oranı: Kesitin taban seviyesinden alınan İ-1 nolu örnek içerisinde Oksijen oranı düşük olan ortamlarda yaygın olan *Nitzschia* sp., (7 adet) yaygındır. Kesitin orta ve üst seviyelerinde Oksijen oranını belirleyecek herhangi bir veri bulunmamaktadır. Bu veriler diyatomitlerin oluşumu sırasında göl suyunun Oksijen oranının başlangıçta düşük seviyede bulunduğunu göstermektedir (Tablo 1a,b).

KAYNAKLAR

- [1] INNOCENTİ, F., MAZZUOLI, G., PASQUARE, F., RADICATI Di BROZOLO, F., VILLARI, L., "The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia geochronological data on Kayseri-Niğde area", *Geol. Mag.*, 112 (4), 349-360, 1975.
- [2] PASQUARE, G., POLI, S., VENZOLLI, L., ZANCHI, A., "Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey", *Tectonophysics*, 146: 217-230, 1988.
- [3] AYDAR, E. GÜNDOĞDU, N., BAYHAN, H., GOURGAUD, A., "Volcano – structural and petrological investigation of the Cappadocian Quaternary volcanism", *TÜBİTAK Yerbilimleri Dergisi*, 3, 25-45, 1994.
- [4] DÖNMEZ, M., TÜRKECAN, A., AKÇAY, E.A., "Tertiary volcanics of Kayseri-Niğde-Nevşehir areas", *Mineral Research and Exploration Report*, No: 10575, 2003.
- [5] GÜREL, A., KADİR, S., "Geology and mineralogy and origin of clay minerals of the Pliocene fluvial-lacustrine deposits in the Cappadocian Volcanic Province, Central Anatolia, Turkey", *Clay and Clay Minerals*, 54, 555-570, 2006.
- [6] GÜREL, A., KEREM, E.İ., ÖZCAN, S., "Sedimentology and mineralogy of Late Miocene paleosols and calcrete rich sediments in the western part of Central Anatolian Volcanic Province (CAVP), Turkey", *SGEM 2008 Conference Proceeding*, Bulgaria, pp 25, 2008.
- [7] YAVUZ-IŞIK, N., TOPRAK, V., "Palynostratigraphy and vegetation characteristics of Neogene continental deposits interbedded with the Cappadocia ignimbrites (Central Anatolia, Turkey)", *International Journal of Earth Science*, 99, 1887-1897, 2010.
- [8] GÖZ, E., KADIR, S., GÜREL, A., EREN, M., "Geology, mineralogy, geochemistry, and depositional environment of a late Miocene/Pliocene fluvial-lacustrine succession, Cappadocian Volcanic Province Central Anatolia, Turkey", *Turkish Journal of Earth Sciences*, 23, 386-411, 2014.
- [9] GÜREL, A., YILDIZ, A., "Diatom communities, lithofacies characteristics and paleoenvironmental interpretation of Pliocene diatomite deposits in the Ihlara-Selime plain (Aksaray, Central Anatolia, Turkey)", *Journal of Asian Earth Science*, 30, 170-180, 2006.
- [10] YILDIZ, A., GÜREL, A., "Karacaören-Ürgüp yöresi (Nevşehir) diatomitlerinin fosil diatom topluluğu ve paleoortamsal özellikleri", 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, s.748,749, Ankara, 2014.
- [11] YILDIZ, A., GÜREL, A., DURSUN, Y.G., "Karacaören yöresi (Nevşehir) diatomitlerinin fizikokimyasal özellikleri ve kullanım alanları", *MTA Dergisi*, 152, s.167-185, 2016.
- [12] YILDIZ, A., GÜREL, A., DURSUN, Y.G., "Diatom community and palaeoenvironmental properties of Karacaören diatomite (Nevşehir, Central Anatolia, Turkey)", *Journal of African Earth Sciences*, 134, 276-291, 2017.
- [13] PASQUARE, G., 1968 "Geologie of the Senozoic volcanic area of Central Anatolia", *Atti della Acad. No. delince; memorie serie VIII, IX s. 55-204 Roma*, 2001.
- [14] VIERECK-GOETTE, L., LEPETIT, P., GÜREL, A., GANSKOW, G., ÇOPUROĞLU, İ., ABRATIS, M., "Revised volcanostratigraphy of the upper Miocene to lower Pliocene Ürgüp Formation, Central Anatolian Volcanic Province, Turkey", *Geological Society of Amsterdam*, 464, 85-112, 2010.
- [15] ROUND, F.E., "The ecology of the algae", Cambridge University Press.
- [16] KRAMMER-LANGE BERTALOT, "Bacillariophyceae", 1 Teil, band 2/1, p.84-236; 300-342; 352-379, 1986.
- [17] KRAMMER-LANGE BERTALOT, "Bacillariophyceae", 2. Teil. Gustav Fischer Verlag Stuttgart. New York. P. 145-157, 168-172, 1988.
- [18] KRAMMER-LANGE BERTALOT, "Bacillariophyceae", 3. Teil, band 2/3, p.19-40; 113-165; 169-229, 1991.
- [19] KRAMMER-LANGE BERTALOT, "Bacillariophyceae", 4. Teil, band 2/4, p.1-83, 1991.
- [20] VAN DAM, H., MERTENS, A., SINKELDAU, J., "A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands", *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28, 117-133, 1994.
- [21] SOINIEN, J., KÖNÖNEN, K., "Comparative study of monitoring South-Finnish rivers and streams using macroinvertebrate and benthic diatom community structure", *Aquatic Ecology*, 38, 2004.
- [22] LANGE-BERTALOT, H., BAK, M., WITKOWSKI, A., TAGLIAVENT, N., "Eunotia and some related genera", *Diatoms of Europe 6. Koeltz Scientific Books*, Königstein, 2011.
- [23] KOÇER, M.A.T. ve ŞEN, B., "The seasonal succession of diatoms in phytoplankton of a soda lake (Lake Hazar, Turkey)", *TÜBİTAK, Türk. J. Bol.*, 36, 738-746, 2012.

-
- [24] KRIZMANICI, J., ILIC, M., VIDA KOVICI, D., SIMICI, G.S., PETROVIC, J., CVETANOVI., "Diatoms of the Dojkinci River (Stara Planina Nature Park, Serbia) ", Acta Bot. Croat. 74, 2, 317–331, 2015 CODEN: ABCRA 25 ISSN 0365–0588 eISSN 1847–8476 DOI: 10,1515/botcro–2015–0022, 2015.

RİVA (İSTANBUL) DRENAJ HAVZASINDA TRANSGRESYON STRATİGRAFİSİNİN OLUŞUMU

Bülent DOĞAN¹, Ahmet KARAKAŞ¹, Yeşim BÜYÜKMERİÇ², Halit DEMİRKAN³

¹ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 41040, İzmit/Kocaeli.

² Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 67100, İncivez/Zonguldak

³ Yertek Mühendislik, Ortaköy Dereboyu Caddesi No:33, Beşiktaş/İstanbul.

ÖZ

Riva drenaj havzası içinde Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökellerin tamamının, bölgedeki iklime bağlı gelişen ve çökelmeye eşlik eden su enerjisindeki farklılıklar ile depolandığı belirlenmiştir. Bu birimler içindeki denizel ortamlar (transgresyon) ise *Cerastoderma glaucum*, *Cerastoderma edule*, *Ecrobia maritima*, *Abra segmentum*, *Bittium reticulatum* 'lu kil düzeyleri anlaşılmış olup, bu girintiler genellikle bölgedeki *Theodoxus* sp. (gastropod), *Dreissena polymorpha* (bivalve) tatlı su fosilleri içeren sedimanter ortamlar ile karışmıştır. Riva havzası içindeki tüm Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler, kendilerinden önceki Paleozoyik yaşlı birimleri aşıl diskordans ile örter. Bölgedeki deformasyon verilerinin tamamı, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler içinde olup aktif nitelikte değildir. Bu durumu Çayağzı nehri ve çevresindeki morfoloji de desteklemekte olup çalışma alanı taşkın düzlüğü (flood plain) morfolojisi gösterir.

Anahtar kelimeler: Gastropod, Bivalve, Tatlı su, Transgresyon, Taşkın Düzlüğü

THE FORMATION OF TRANSGRESSIVE STRATIGRAPHY IN THE DRAINAGE BASIN OF RİVA (İSTANBUL)

ABSTRACT

It was determined that all of the Plio-Quaternary deposits within the Riva drainage basin were deposited with differences in the water energy accompanied to sedimentation and associated with the climate changes in the region. The marine environments (transgression) in these units are understood to be clay levels with *Cerastoderma glaucum*, *Cerastoderma edule*, *Ecrobia maritima*, *Abra segmentum*, *Bittium reticulatum*, and these marine deposit gifts are generally mixed with the sedimentary environments consisting of *Theodoxus* sp. (gastropod), *Dreissena polymorpha* (bivalve) freshwater fossils. All Plio-Quaternary units within the Riva basin cover the earlier Paleozoic units with angular unconformity. All of the deformation data in the region are within the Paleozoic and Mesozoic units and are not active. This circumstance is supported by the morphology of the Çayağzı River and its surrounding area, and the study area presents flood plain morphology.

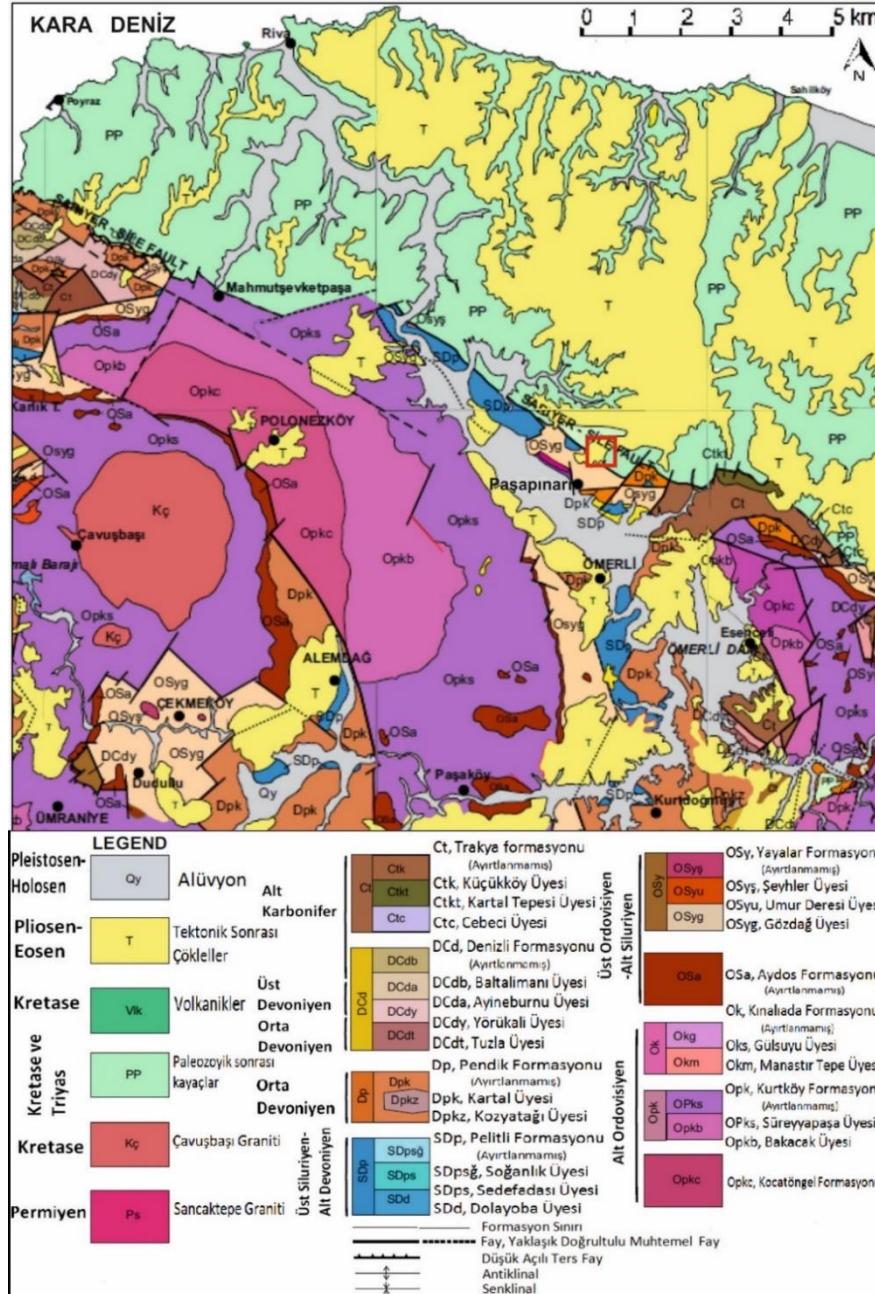
Keywords: Gastropod, Bivalve, Freshwater, Transgression, Flood Plain

1. GİRİŞ

Riva drenaj havzasının en büyük kolunu Çayağzı Deresi oluşturmakta olup, güneyde Kocaeli'nden kaynaklanıp, Ömerli barajından itibaren kuzeye doğru yaklaşık KB- GD doğrultulu olarak Karadeniz'e dökülür. Bu derenin en geniş taşkın alanları Riva (İstanbul) ilçesi güneyinde oluşmaktadır. Çayağzı deresi kanalı güneyde en yüksek 24 m kotunda akmakta olup Karadeniz'e doğru bu kot seviyeleri azalır. Bu çalışma özellikle Riva deresi boyunca oluşan taşkın düzlüğü alanlarında denizel izlerin varlığını ortaya koymakta olup, bu izlerin, Karadeniz'deki taşkınlar ve su seviyesi yükselmelerinin hangi nedenlerden kaynaklandığını da Çayağzı deresi boyunca ortaya koymaktadır. Çayağzı dere boyunca Paleozoikten Kuvaterner'e kadar yaşlarda jeolojik birimler yüzeyler [2]. (Şekil. 1). Deredeki enerji değişiklikleri, tüm birimlerin aşınmasından kaynaklı tanelerin Çayağzıdere kanalında taşınmasını ve kanal civarındaki Kuvaterner yaşlı birimler içinde çökelmesini sağlar. Riva havzasını da etkileyen deniz taşkınları hem Marmara hem de Kardeniz'de belirlenen Mollusk topluluğu ile anlaşılır. Bu fosil topluluğu, yaklaşık 9600- 9000 yıl önce (Erken Holosen) Akdeniz'den gelen denizel transgresyonun önce Marmara'ya, sonra

da Karadeniz'e ulaşması ile oluşmuştur. Çalışma alanında da Çayağzı dere etrafında bu çalışmada yapılan bazı sondajlar ile elde edilen fosillerin analizi ve karşılaştırması yapılmıştır. Dere etrafında denizel ve karasal çökeller arasında tektonik geçiş olup olmadığı veya çökeltme ortamlarının gelişiminin iklimsel değişikliklere bağlı olup olmadığı da bu çalışmada belirtilmiştir.

Bölgede yapılan önceki çalışmalarda Riva havzası civarında bazı normal fayların Oligo-Miyosen yaşlı birimleri kestiği belirtilmiştir. Bu çalışmada bu fayların Çayağzı dere civarında bulunanlarının konumları da belirtilerek, bu fayların hangi yaşlı çökelleri ve ne tür veriler ile deforme ettiği de açıklanmıştır.



Şekil 2. Riva havzası ve civarının jeoloji haritası içinde kırmızı dörtgen ile çevrili çalışma alanı [2].

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada daha önce özellikle Çayağzı dere civarındaki çökeller detaylı açıklayan bazı jeoloji haritaları temel alınmış ve buna göre saha çalışmaları planlanmıştır. Bu planlamada Oligo-Miyosen yaşlı birimler ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler arasındaki jeolojik sınırların türü sahada kontrol edilmiştir. Ayrıca tüm fayların türleri, konumları ve hangi birimler içinde bulundukları da 1/25.000 ölçekli haritada yer bulma cihazı ve jeolog pusulası ile birlikte belirlenmiştir. Çayağzı deresinin güneyinde bu çalışma ile 4 adet karotlu sondaj yapılmış olup, elde edilen karotların litolojik özellikleri ve fosil içerikleri belirlenmiş ve ayırtlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanında yukarıda bahsedilen hem stratigrafik bulgular hem de yüzeydeki Neojen öncesi tektonik bulgular literatürdeki iklimsel değişimleri içeren çalışmalarda veriler ile birlikte değerlendirilmiş olup, bölgede özellikle Kuvaterner dönemde gerçekleşen karasal ortam ve denizel ortam geçişlerinin nedenleri açıklanmıştır.

3.1 İklimsel Değişimler ve Riva Drenaj Havzası

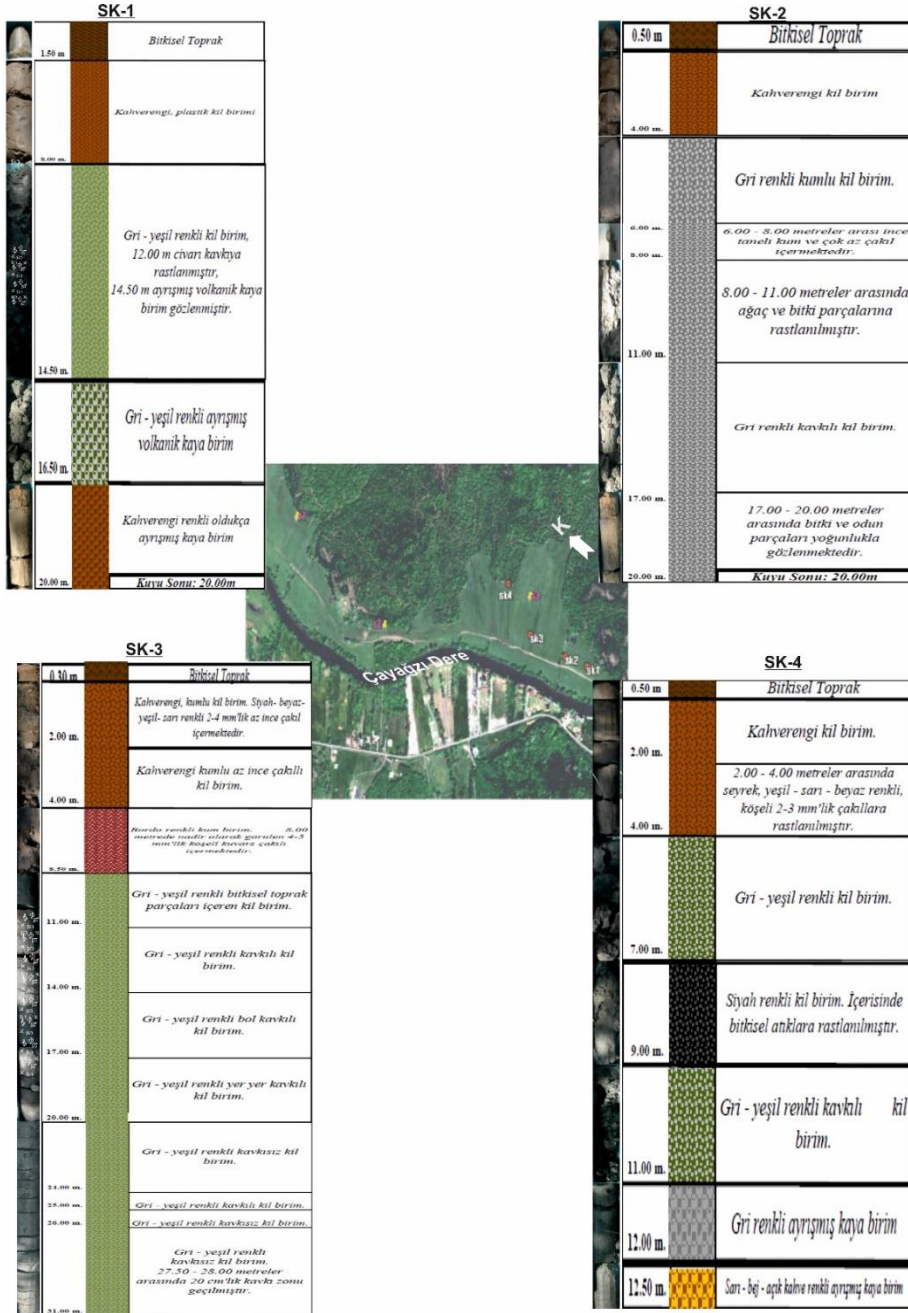
Dünya'da son birkaç on yıl içinde küresel ısınmanın etkisi oldukça hissedilir olmuştur. Bu da bölgesel iklim değişiklikleri ile yağış rejimlerinin değişimine sebep olmuştur. Bu durum bazı bölgelerdeki m²'ye düşen yağış miktarlarını da arttırmıştır. Riva drenaj havzası da iklim değişikliklerinden etkilenmiştir. Günümüzde iklim elemanlarındaki küçük salınımlar bile önemli tuzlu su baskınlarına ve kıyı erozyonlarının gelişimine olanak sağlamaktadır. Atmosferdeki CO² gibi sera gazlarındaki artış, kıyı bölgelerinde deniz yükselmelerinin önemli sebebi olduğu gibi çevre problemlerini de oluşturmaktadır. Atmosfer ve okyanusların gittikçe ısınması, kar ve buzul alanlarının azalmasına sebep olmakta ve deniz seviyesinin yükselmesini sağlamaktadır [3,4]. 1901-2011 yılları arasında küresel sıcaklıklarda yaklaşık 0,9°C artış görüldüğü, ortalama yüzey sıcaklıklarının sanayi devrimi öncesine göre 2°C yüksek olduğu son buzul arası dönemde, deniz seviyelerinin bugünkünden en az 5 ve en fazla 10 m daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Karbondioksit (CO²), metan (CH⁴) ve diazotmonoksit (N₂O) gazlarının atmosferik birikimleri (konsantrasyonları) bugün itibarıyla en azından son 800.000 yıllık dönemde hiç olmadığı kadar yüksek bir düzeye yükselmiştir [3,4]. Grönland ve Antarktik buz kalkanları, geçen 20 yıllık dönemde kütle kaybetmekte, buzullar (dağ vadi ve takke buzulları, vb.) neredeyse küresel ölçekte küçülmeyi sürdürmekte ve Kuzey Kutup deniz buzu ve kuzey yarımküre ilkbahar kar örtüsü, alansal olarak küçülmelerini sürdürmektedir [3].

Riva drenaj sahası içinde Karadeniz'in su seviyesinin yükselmesi ve yaz aylarında Çayağzı nehrinin su seviyesinin azalması, nehrinin ağzındaki kum setinden geçerek yeraltı suyu ile beraber Çayağzı nehrine karışmaktadır. Riva drenaj havzasına tuzlu su girişi üç ayrı model ile açıklanmıştır [5,6]. Böylelikle iklimsel değişimler ile Riva drenaj havzasına deniz suyu (tuzlu su) karışımı mevcuttur [6].

3.1 Stratigrafi

Çalışma alanı civarındaki oldukça deforme olmuş Paleozoyik, Mesozoyik yaşlı birimleri kıvrımlanmış ve faylanmış Oligo-Miyosen yaşlı birimler üzerler. Bölgede Kuvaterner döneminde önemli bir aşınma süreci başlamış ve deformasyonun izlenmediği hem karasal, hem de denizel çökeller Çayağzı nehri civarında çökelmiştir. Bölgede yapılan sondajlardan elde edilen karotların, hem litolojik hem de paleontolojik incelenmesi, fasiyeslerin değişimini ortaya koymuştur. Buna göre tüm sondajlardaki ortak özellik bir dere kenarındaki birimde çakıllı seviyelerin oldukça düşük yoğunlukta ve kalınlıkta olmasıdır. Buna göre bölgede bu seviyelerin çökeldiği dönemde enerji düşüktür. Genellikle kum ve daha küçük taneli killi ve siltli seviyelerin içinde ise iki grup fosil tespit edilmiştir. Buna göre birinci grupta bulunan *Theodoxus* sp. (gastropod), *Dreissena polymorpha* (bivalve) fosillerinden oluşan kesim tatlı su ortamını belirtirken, ikinci grupta yer alan *Cerastoderma glaucum*, *Cerastoderma edule*, *Ecrobia maritima*, *Abra segmentum*, *Bittium reticulatum* 'lu seviyeler ise denizel ortamı temsil ederler. Bunlar Akdeniz kökenli orihalin formları olup, günümüzde Karadeniz ve Marmara'da yaşamlarını sürdürmektedirler. Karadeniz'in Geç Kuvaterner stratigrafisine göre, son buzul dönemi takip eden buzulların eridiği dönemde (yaklaşık 13.000-16.000 yıl önce), İskandinavya buzullarının erimesiyle, başta Don, Volga, Dinyeper, Dinyester gibi nehirler eriyerek, tatlı sular Hazar, Karadeniz'e ve Marmara'ya doğru taşkın yapmış ve bölge Akdeniz transgresyonundan önce tamamen bir kısmı birbirleriyle bağlantılı tatlı su gölleri sistemi haline gelmiştir [7-10]. Daha sonra, yaklaşık 9.600 – 9.000 yıl önce (Erken Holosen) Akdeniz'den gelen denizel transgresyon önce Marmara'ya, sonra da

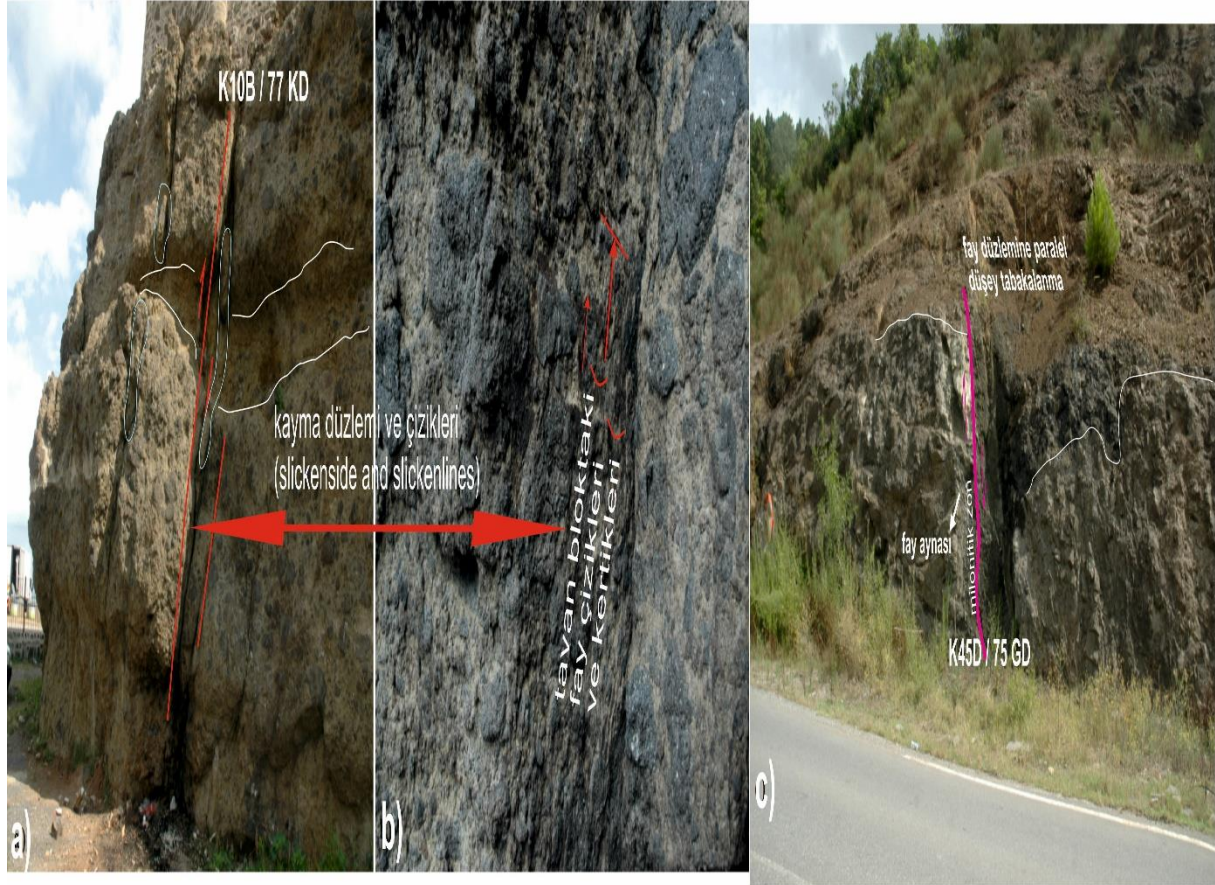
Karadeniz'e ulaşmıştır. Fosil grupları ve stratigrafik konum birlikte değerlendirildiğinde, örneğin alındığı seviyenin tam gölsel - denizel geçişe denk geldiği anlaşılmaktadır. Yani Neuxiniyen'e ait gölsel / tatlı su ortamının üzerine Akdeniz transgresyonu gelmiş ve alttaki birim ile hem karışmış, hem de üzerlemiştir. Dolayısıyla aynı örnek içinde hem bir önceki Neuxiniyen'e ait (Ponto-Kaspik kökenli), hem de Erken Holosen transgresyonuna ait sığ denizel (Akdeniz kökenli) fosiller bir arada karışmıştır. Bu fosil gruplarını içeren litolojik seviyenin, +27 m kotunda başlayan sondajda; 15. m'de bulunması (+12 m kotu), Riva havzasında deniz seviyesinin oldukça değişken olduğunu gösterir. Bu değişimin bütünüyle bölgesel iklim değişiklikleri ile ilişkili olduğu, bu jeolojik dönemde bölge civarı veya Riva çevresinde etkin olan aktif deformasyonun bulunmadığı nettir. Stratigrafideki bu farklı çökeltme ortamlarını bu çalışmada açıklanan bölgesel iklim koşulları denetlemiştir.



Şekil 3. Çalışma alanı içinde yapılan sondaj lokasyonları ve Çayağzı deresi.

3.1 Tektonik

İstanbul'un tamamında olduğu gibi Riva civarında da Paleozoyik yaşlı birimler, deformasyondan yoğun bir şekilde etkilenmiştir [11]. Riva Çayağzı nehri boyunca özellikle Paleozoyik yaşlı birimlerde dik açılı bazı faylar izlenmiştir.



Şekil 4. Riva havzası içindeki a) Senozoyik yaşlı birimler içinde gelişen ters fay zonu ve zon içindeki mavi çizgi ile çevrili fay blokları ile birlikte düzlemlerin, b) Fay düzlemi üzerindeki fay çiziklerinin ve kerkiklerinin ve c) Riva'ya giriş yolu üzerindeki normal fayın ve ilişkili yapıların konumları.

Şekil 1'de Eosen-Pliyosen aralığında belirtilen birimlerde izlenen faylar ters bileşenlidir. Ayrıca Riva Yolu üzerindeki Paleozoyik yaşlı birimlerde izlenen faylar da eğim atmlı normal karakterli olup, yaklaşık 70 cm'lik zon şeklinde izlenir. Fay düzlemi içinde deformasyon ile eş yaşlı olarak fay blokları, fay düzlemine paralel konumludur. Ayrıca fay zonu içinde ezilme ve milonitik seviyeler belirgindir. Bölgedeki bu birimler, Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler ile açılı diskordans ile örtülür. Paleozoyik Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimlerin sınırı, çalışma alanında deformasyon göstermez. Ayrıca Çayağzı nehri çökelleri içinde de herhangi bir deformasyon izi görülmemiştir.

4. SONUÇLAR

Çalışma alanındaki Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler içinde fosil bolluk zonu belirtilen tüm birim, bu dönemde çökelmeyi sağlayan su enerjisi ile doğru orantılı depolanmıştır. Bölgedeki denizel ve gölsel çökeltme ortamlarının gelişme döneminde sedimantasyon, iklimsel değişimler ile Çayağzı nehri ile deniz suyunun karışımı sonucu oluşmuştur. Çalışma alanı civarında izlenen deformasyon belirtici olan faylar, tümüyle Neojen öncesinde

gelişmiştir. Bölgedeki deniz seviyesi değişimleri, bütünüyle su enerjisi ile doğru orantılı olup bunu da dönemsel iklimsel döngüler sağlamıştır. Pliyo-Kuvaterner dönemde gerçekleşen Riva drenaj havzasındaki sedimantasyon da özellikle ince taneli kil, silt ve çok az tane çapı 2 cm i geçmeyen çakıllı seviyelerden oluşması, çökeline herhangi bir tektonik kaynağın eşlik etmediğini gösterir.

Fosilli karışım seviyelerinin +27 m kotunda başlayan sondajın 15. m’de bulunması (+12 m kotu), Riva havzasında deniz seviyesinin oldukça değişken olduğunu gösterir. Bu değişkenlik ise tektonik etki olmaksızın son buzul dönemde (Neoxiniyen), Hazar ve Karadeniz’den gelen taşkın suları, İstanbul boğazını aşarken, Batı Karadeniz’e kıyısı olan Riva havzasında da gölsel veya deniz bağlantılı gölsel ortamları oluşturması şeklinde gerçekleşmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi 2018 / 063 nolu hızlı destek projesi kapsamında gerçekleştirilmiş olup, Yazarlar Kocaeli Üniversitesi Rektörlüğüne hem proje desteklerinden hem de Uluslararası Katılımlı II: Kapadokya Yerbilimleri Sempozyumuna katılımın sağlanmasından ötürü teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- [1] GARİPAĞAOĞLU, N., ŞAHİN, C., ÇEKER, A., ŞENOL, C. “Çayağzı (riva) Havzası’nın doğal ortam koşulları (jeolojik-jeomorfolojik-hidrografik açıdan) ve sürdürülebilir kullanım üzerindeki rolü”, Marmara Coğrafya Dergisi 31, 48-81, 2015.
- [2] ÖZGÜL, N. “Stratigraphy and some structural features of the İstanbul Paleozoic”. Turkish Journal of Earth Sciences, 21(6), 817-866, 2012.
- [3] <http://www.wwf.org.tr/?2340> (erişim tarihi 22.10.2018).
- [4] CHANGNON, S.A. “Inadvertent weather modification in urban areas: Lessons for global climate change”. Bulletin of the American Meteorological Society, 73(5), 619-627, 1992.
- [5] ÖZTÜRK, K “Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri”. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22,1, 2002.
- [6] KADIOĞLU, M. Beykoz-Riva Deresi Örneğiyle İklim Değişikliğinin Kıyılarımız Üzerindeki Olası Etkisi. TÜDAV Beykoz İlçesi Çevre Sorunları Sempozyumu, İstanbul, 6-7, 1998.
- [7] ANDRUSSOV N Bosphorus and Dardanelles. Annuaire Géol Minéral Russie 4:3–10, 1990.
- [8] ÇAĞATAY M.N, “Late Glacial- Holocene palaeoceanography of the Sea of Marmara: timing of connections with the Mediterranean and the Black Seas”. Marine Geology 167:191–206, 2000.
- [9] ISLAMOĞLU Y VE CHEPALYGA A.L The environmental changes determined with Molluscan assemblages during the Neoeuxinian- Holocene stages in the Sea of Marmara. Geol Bull Turkey 41:55–62, 1998.
- [10] HİSCOTT, R. N., AKSU, A. E., YAŞAR, D., KAMİNSKİ, M. A., MUDİE, P. J., KOSTYLEV, V. E., MACDONALD, J.C., İŞLER, F.I., LORD, A. R. Deltas south of the Bosphorus Strait record persistent Black Sea outflow to the Marmara Sea since ~ 10 ka. Marine Geology, 190(1-2), 95-118, 2002.
- [11] ÖZGÜL, N., AKAY, E., AKDENİZ, N., BİLGİN, R., DALKILIÇ, H. GEDİK, İ. İstanbul’un 3030 Sayılı İl Alanı ile Kocaeli İl Sınırı Arasında Kalan Doğu Kesiminin Jeolojisi [Geology of the Area Between İstanbul and Kocaeli]. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Raporu (yayınlanmamış) 2007.

SAYINDERE FORMASYONU (ÜST KAMPANIYEN- MAASTRIHTİYEN)'NUN KAYNAK KAYA ÖZELLİKLERİ VE DEPOLANMA ORTAMI, GD ANADOLU

Abubekir DUMAN¹, Ayşe BOZCU²

¹Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Trakya Bölge Müdürlüğü, Lüleburgaz, 39750, Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, 17020, Türkiye

ÖZ

Şambayat Petrol Sahası Güney Doğu Anadolu Bölgesinde Adıyaman ilinin batısında bulunmaktadır. Bu çalışmada, kuyu kesinti örnekleri ve petrol örneği analiz edilerek Sayındere Formasyonu'nun kaynak kaya özellikleri ve çökelme ortamı değerlendirilmiştir. Kesinti örneklerinde Rock-Eval piroliz, petrol örneğinde ise gaz kromatografi (GC) ve gaz kromatografi-kütle spektrometre (GC-MS) analizleri yapılmıştır. 55 adet kesinti örneğinin Toplam Organik Karbon (TOC) miktarı %0,34-%4,65 aralığında değişmekte olup, ortalama % 1,14 değerindedir. HI değerleri 407 mgHC/gr TOC ile 603 mgHC/gr TOC aralığında ve Tip II kerojene sahiptir. T_{max} 434-442 °C değerleri arasında olması nedeniyle incelenen örnekler erken olgun evrededir. Rock-Eval piroliz, GC ve GC-MS analizine göre Sayındere Formasyonu derin denizel anoksik ortamda oluşmuş karbonat kaynak kaya olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şambayat petrol sahası, Sayındere Formasyonu, Üst Kampaniyen- Maastrichtiyen, Adıyaman, GD Türkiye.

SOURCE ROCK CHARACTERISTICS AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENT OF SAYINDERE FORMATION (UPPER CAMPANIAN- MAASTRICHTIAN), SE ANATOLIA

ABSTRACT

Şambayat oil field is located western part of Adıyaman city, southeastern Anatolia. In this study, well samples from Sayındere Formation were analysed to assess source rock characteristics and to evaluate depositional environment. Well samples were analyzed by Rock-Eval pyrolysis and the oil sample from this unit were analyzed by gas chromatography (GC) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The total organic carbon (TOC) values range from 0,34 to 4,65 wt.% with an average of 1,14 wt.%. Hydrogen Index (HI) values range from 407 mg HC/g TOC to 603 mg HC/g TOC and indicates Type II kerogene. Tmax values are in the range of 434 °C - 442 °C and indicate early-middle mature stage. According to Rock Eval pyrolysis, GC and GC-MS data, indicate that the Sayındere Formation contain hydrocarbons derived from dominantly marine organic matter and source rock lithology is limestone were deposited anoxic deep marine environment.

Key words: Şambayat oil field, Sayındere Formation, Upper Campanian- Maastrichtian, Adıyaman, SE Turkey.

1. GİRİŞ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi Gondwana Kıtası'nın pasif kuzey kenarında bulunmaktadır [1]. Güneydoğu orojenik kuşağı üç zondan oluşur ve bunlar güneyden kuzeye Arap Platformu, imbrike zonu ve nap zonudur [2,3]. Şambayat petrol sahası Arap Platformu'nun kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 1). Güneydoğu Anadolu bölgesinde Prekambriyen'den günümüze kesintisiz sedimanter bir istif bulunmaktadır [4]. Çalışma alanında çökelme Aptiyen-Erken Kampaniyen şelf karbonatlarının Prekambriyen- Erken Kretase birimleri üzerine uyumsuz olarak gelmesiyle başlar. Çökelme ortamı orta Kampaniyen'de derinleşmeye başlar. Geç Kampaniyen- Mestrihtiyen boyunca kuzeydeki Mesozoyik allokonları kuzeyden güneye yerleşirler ve önçukur oluşmasına neden olurlar [5].

Sayındere Formasyonu'nun ismi ilk defa Gossage [6] tarafından Adıyaman-Gölbaşı arasındaki Sayındere Vadisi'nin doğusunda verilmiştir. Formasyon gri bej renkli pelajik ve killi kireçtaşı olarak tanımlanmış [7] olup altta Karaboğaz Formasyonu ile uyumsuz, üstte ise Kastel ve Bozova Formasyonları ile uyumlu dokanağa sahiptir [8]. Sayındere Formasyonu tabanda organik maddece zengin pelajik kireçtaşı, ortada kalsitürbiditik seviye ve üstte killi pelajik kireçtaşı olmak üzere üç fasiyesten oluşur (Şekil 1).

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Adıyaman ilinin batısında bulunan Şambayat petrol sahası 2009 yılında keşfedilen petrol sahalarından biridir (Şekil 1). Bu çalışma kapsamında Şambayat sahasında yer alan birimlerden Sayındere Formasyonu'nun organik maddece zengin seviyelerinin kaynak kaya özellikleri belirlenerek hidrokarbon potansiyelinin ortaya çıkarılması ve depolanma koşullarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Şambayat petrol sahasında Sayındere Formasyonu'ndan toplamda 55 adet sondaj kesinti örneği ve 1 adet petrol örneği analiz edilmiştir. Bu örnekler toplam 22 adet petrol kuyusu kesintilerinden alınmıştır. Kırıntı örneklerde Rock-Eval Piroliz/TOC, petrol örneğinde GC (gaz kromatografi) ve GC-MS (gaz kromatografi-kütle spektrometre) analizleri uygulanmıştır. Analizler TPAO Araştırma Merkezi Laboratuvarlarında yapılmıştır. Rock-Eval Piroliz analizi TOC modüllü Rock-Eval 6 cihazı kullanılarak, petrol örneğinin GC (gaz kromatografi) analizi Agilent 6850 cihazı ile GC-MS (gaz kromatografi-kütle spektrometre) analizi de Agilent 7890A/5975C cihazı ile yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

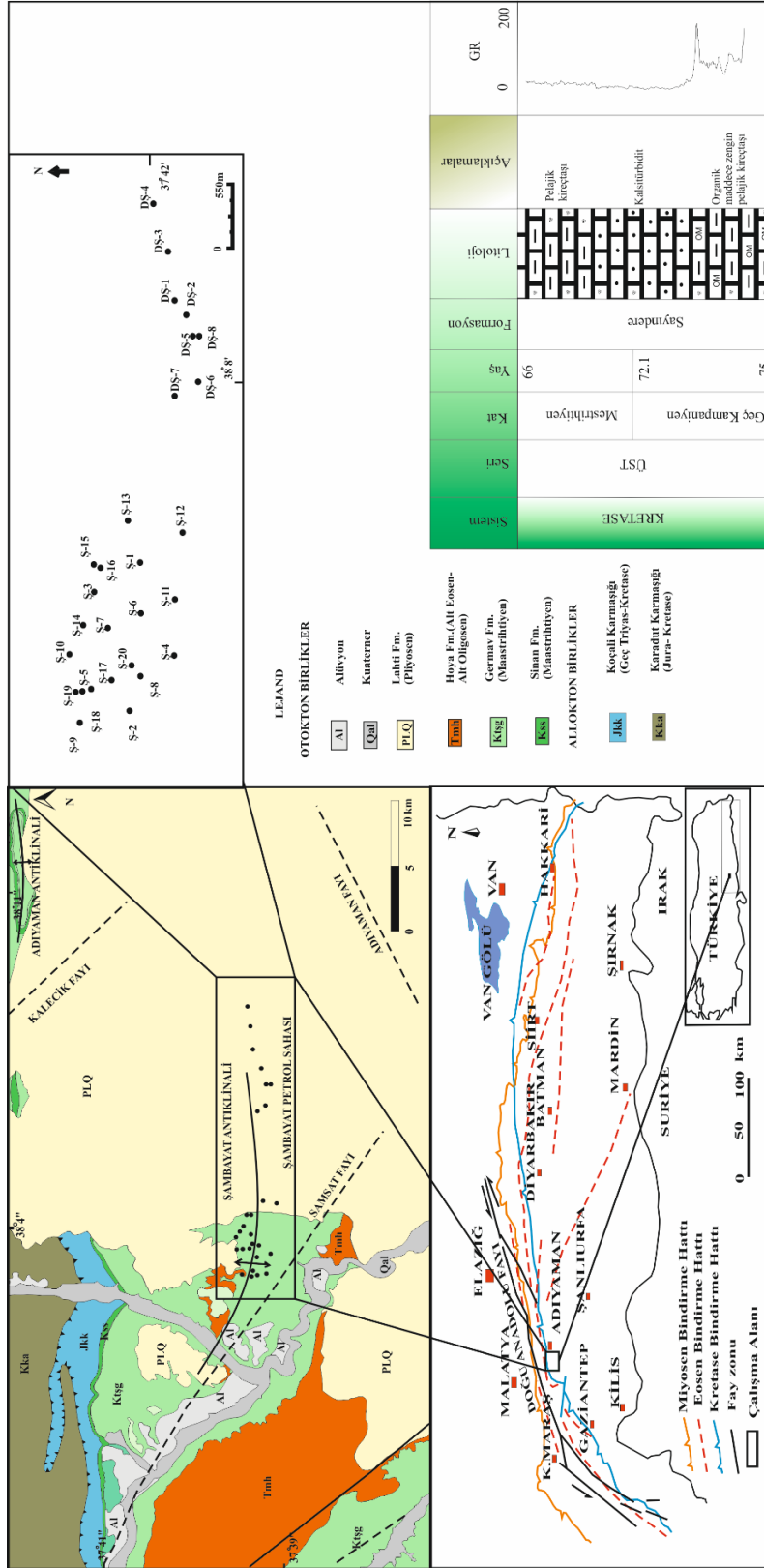
3.1. Kaynak Kaya Değerlendirmesi

3.1.1. TOC (Toplam Organik Karbon) İçeriği

Şambayat petrol sahasında Sayındere Formasyonu'nun TOC (Toplam Organik Karbon) içeriği % 0,34 ile 4,65 aralığında (Tablo.1) ve ortalama % 1,14 wt.% değerine sahiptir. Bu değerler Sayındere Formasyonu'nun iyi kaynak kaya potansiyelini göstermektedir [10].

3.1.2. Organik Madde Tipi

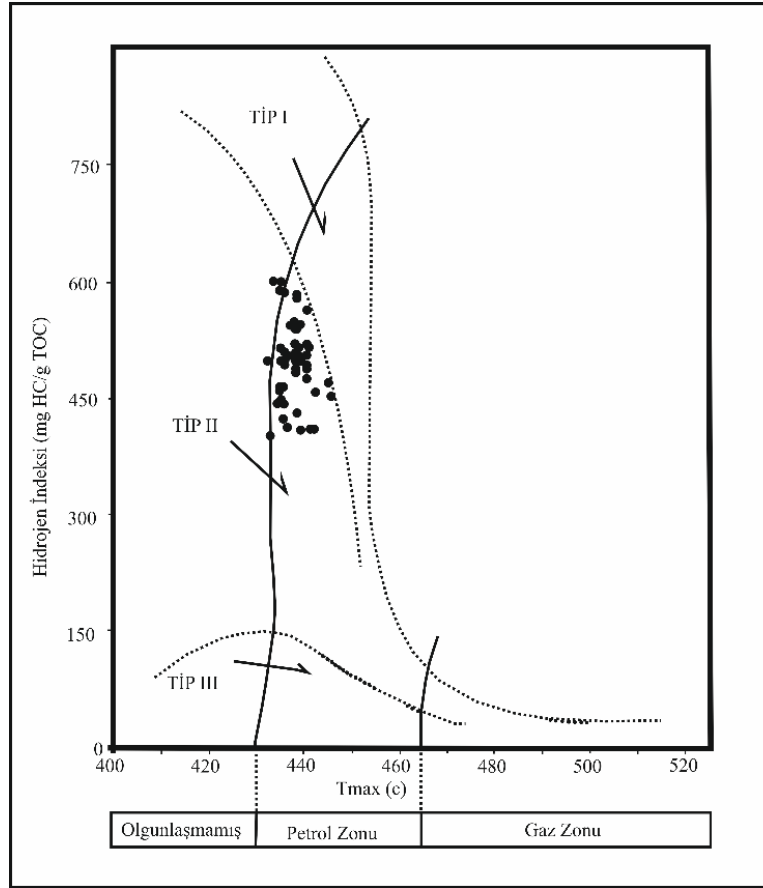
Sayındere Formasyonu'nun organik madde tipi T_{max} - HI grafiği ve HI değerleri kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 2). $HI-T_{max}$ grafiğinde Sayındere Formasyonu örnekleri Tip II (denizel organik madde) kerojen alanındadır [10]. HI değerleri 407 mg HC/g TOC'tan 603 mg HC/g TOC (ortalama HI: 504,96 mg HC/g TOC)'a değişir. Bu değerler örneklerin organik madde tipinin Tip II (denizel organik madde) olduğunu gösterir.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru ve jeoloji haritası (Aksu ve diğ. [9]'dan revize edilmiştir) ve Sayındere Formasyonu'nun litostratigrafik birimleri (sağ alt köşe).

Tablo 1. Sayındere Formasyonu örneklerinin Rock-Eval piroliz sonuçları

Sample	TOC(%)	S1(mg HC/g rock)	S2(mg HC/g rock)	S3(mgCO ₂ /g rock)	Tmax(°C)	HI(mg HC/gTOC)	OI(mgC Og TOC)	PI(S1/S1 + S2)	PY(S1 + S2)
1	0.78	0.79	3.8	0.15	437	487	19	0.17	4.59
2	1.01	1.29	5.15	0.12	440	510	12	0.2	6.44
3	0.61	0.91	3.33	0.13	437	546	21	0.21	4.24
4	0.88	0.74	4.34	0.5	433	493	57	0.15	5.08
5	0.42	0.52	2.16	0.11	439	514	26	0.19	2.68
6	1.61	1.6	8.18	0.21	439	508	13	0.16	9.78
7	0.45	0.53	2.62	0.12	437	582	27	0.17	3.15
8	1.36	1.44	7.5	0.1	439	551	7	0.16	8.94
9	1.02	1.53	5.34	0.18	440	524	18	0.22	6.87
10	0.56	0.83	2.28	0.59	434	407	105	0.27	3.11
11	0.57	0.85	3.01	0.2	437	528	35	0.22	3.86
12	1.26	0.92	5.35	0.15	442	425	12	0.15	6.27
13	0.7	1.03	2.96	0.21	439	423	30	0.26	3.99
14	1.02	0.77	4.63	0.17	445	454	17	0.14	5.4
15	0.79	0.88	3.71	0.15	440	470	19	0.19	4.59
16	1.55	1.63	6.65	0.29	441	429	19	0.2	8.28
17	0.34	0.63	1.68	0.14	435	494	41	0.27	2.31
18	1.06	1.9	4.96	0.44	435	468	42	0.28	6.86
19	1.44	1.7	6.65	0.27	446	462	19	0.2	8.35
20	0.76	1.19	3.24	0.34	436	426	45	0.27	4.43
21	0.99	0.77	4.98	0.48	435	503	48	0.13	5.75
22	0.88	1.01	4.1	0.64	435	466	73	0.2	5.11
23	1.34	0.76	7.07	0.32	440	528	24	0.1	7.83
24	0.46	0.68	2.01	0.16	436	437	35	0.25	2.69
25	0.4	0.63	2.05	0.1	436	512	25	0.24	2.68
26	0.68	0.9	2.97	0.14	438	437	21	0.23	3.87
27	3.09	3.41	16.53	0.23	440	535	7	0.17	19.94
28	0.82	1.17	3.95	0.2	436	482	24	0.23	5.12
29	0.34	0.5	1.71	0.12	434	503	35	0.22	2.21
30	0.54	0.79	2.46	0.07	435	456	13	0.24	3.25
31	0.95	1.46	4.7	0.21	438	495	22	0.24	6.16
32	0.63	1.09	2.95	0.15	434	468	24	0.27	4.04
33	1.01	1.48	4.5	0.69	436	446	68	0.25	5.98
34	0.63	1.15	2.81	0.81	435	446	129	0.29	3.96
35	0.68	0.58	3.45	0.22	438	507	32	0.14	4.03
36	0.44	0.58	2.22	0.25	437	505	57	0.21	2.8
37	0.6	0.91	3.61	0.19	435	602	32	0.2	4.52
38	1.08	1.65	5.87	0.22	438	544	20	0.22	7.52
39	1.79	2.13	8.98	0.33	439	502	18	0.19	11.11
40	1.99	1.74	9.71	0.26	440	488	13	0.15	11.45
41	1.06	1.48	5.92	0.24	436	558	23	0.2	7.4
42	0.72	1.02	3.95	0.21	437	549	29	0.21	4.97
43	0.81	1.35	4.52	0.19	437	558	23	0.23	5.87
44	1.41	1.59	6.85	0.19	440	486	13	0.19	8.44
45	2.31	1.95	10.67	0.24	442	462	10	0.15	12.62
46	0.94	1.72	4.81	0.2	435	512	21	0.26	6.53
47	1.17	1.41	7.06	0.34	434	603	29	0.17	8.47
48	3.69	4.14	20.31	0.68	438	550	18	0.17	24.45
49	1.32	1.79	7.68	0.26	435	582	20	0.19	9.47
50	0.51	0.65	3.02	0.13	434	592	25	0.18	3.67
51	3.29	2.91	17.7	0.47	438	538	14	0.14	20.61
52	0.9	1.38	4.78	0.4	435	531	44	0.22	6.16
53	4.65	3.31	26.42	0.34	440	568	7	0.11	29.73
54	0.93	1.31	5.47	0.23	437	588	25	0.19	6.78
55	2.48	2.21	13.23	0.37	438	533	15	0.14	15.44



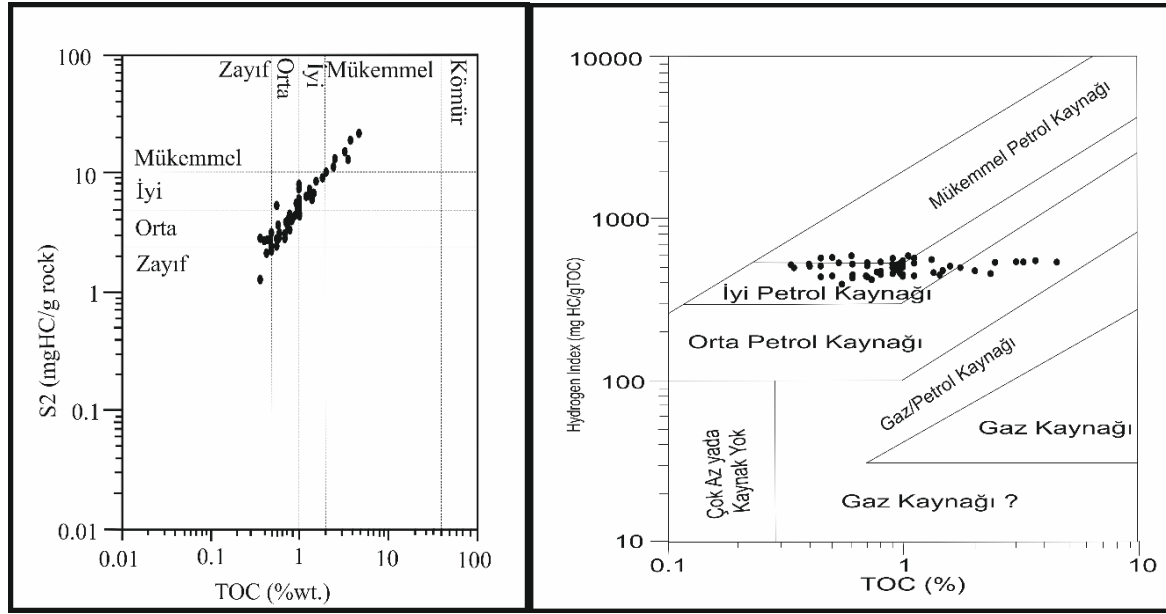
Şekil 2. HI- Tmax grafiği

3.1.3. Organik Madde Olgunluğu

Organik madde olgunluğu Tmax [10,11,12] ve PI (üretim indeksi) [10,11,13,14] değerlerine göre belirlenmiştir. Sayındere Formasyonu'nun Tmax değerleri 433°C ile 442°C arasında değişir. Bu değerler organik maddenin erken-orta olgun evrede olduğunu gösterir. Formasyonun ortalama PI değeri 0,2'dir. PI değerleri 0,1'den küçükse organik maddenin olgunlaşmamış olduğunu gösterir Sayındere Formasyonu'nda PI değeri 0,1'den büyük olduğu için organik madde erken olgun ve olgun evrededir. Biyomarker verileri de olgunlaşma için yararlı veri sağlar [15,16]. Örneğin; 22S/(22S+22R) homohopane oranı petrol numunesinde 0.62 olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Bu da örneğin olgun olduğunu gösterir.

3.1.4. Hidrokarbon Potansiyeli

Hidrokarbon kaynak kaya potansiyeli TOC, HI, S1, S2 ve PY gibi piroliz dataları kullanılarak yorumlanmıştır. Sayındere Formasyonu'na ait karbonatlar ortalama 1,14 % TOC değeriyle iyi hidrokarbon türetme potansiyeline sahiptir. S2 piroliz değeri 4,0 mg HC/g'dan büyük olup, orta-iyi hidrokarbon türetme potansiyeline sahip kaynak kaya olduğunu göstermektedir. Formasyona ait potansiyel verim (PY=S1+S2) değerleri 2,0 mg HC/g değerinden büyük olduğu için orta, iyi hidrokarbon türetme potansiyeline sahiptir. Sayındere Formasyonu örneklerinin TOC-S2 grafiğinde genellikle orta, iyi, mükemmel hidrokarbon kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu; TOC-HI grafiğinde ise orta-iyi hidrokarbon kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. (Şekil 3a, b).



Şekil 3(a). S2- TOC grafiği

(b). HI- TOC grafiği

3.2. Petrol Örneğinin Moleküler Bileşimi

Sayındere Formasyonu örneklerine ait GC ve GC-MS piklerinden elde edilen parametreler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Petrol örneğinin GC ve GC-MS parametreleri

Parametreler (GC)	Petrol Örneği	Parametreler (GC-MS)	Petrol Örneği
Pr/Ph	0,65	C ₂₉ norhopane/C ₃₀ hopane	1,63
Pr/ n-C17	0,29	C ₃₅ (R+S)/C ₃₄ (R+S)	1,39
Ph/ n-C18	0,47	Diasterane/sterane ratio	0,14
CPI ₂₅₋₃₃ (Bray nd Evans (1961)).	0,37	C ₃₂ 22S/(22S+22R)	0,62
		Moretane/hopane ratio	0,06
		C ₂₄ /C ₂₆ (S+R)	1,44

3.2.1. Depolanma Ortamı

Sayındere Formasyonu petrol örneğinin Pr/Ph oranının 0,65 olması depolanma esnasında ortamın anoksik olduğunu gösterir. Pr/n-C17 ve Ph/n-C18 değerleri Pr/n-C17-Ph/n-C18 grafiği üzerine yerleştirildiğinde denizel algal Tip II alanında yer alır. Şekil 2’de de karbonat kırıntı örneklerinin Tip II alanında yer aldığı görülür. C₂₄/C₂₆(R+S) değeri 1,44; C₂₉ norhopan/C₃₀ hopan değeri 1,63 ve C₃₅/C₃₄ hopan değeri 1,39’dur. Bu değerlerin 1’den büyük olması denizel karbonat fasiyesini ve anoksik depolanma şartlarını gösterir. Diasteran/steran oranı 0,62 olup 1’den küçüktür (Tablo 2). Bu da formasyonun anoksik ortamda çökelmiş killi karbonat kaynak kaya olduğunu gösterir [11].

4. SONUÇLAR

Sayındere Formasyonu’nda yapılan analizlerden elde edilen verilere göre formasyonun iyi ana kaya özelliklerine sahip denizel anoksik ortamda oluşmuş karbonat kaynak kaya olduğu belirlenmiştir. TOC, S₂ ve PY değerleri Sayındere Formasyonu’nun orta-iyi hidrokarbon potansiyeline sahip olduğunu ve HI-TOC grafiği de iyi petrol kaynağı olduğunu gösterir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TPAO tarafından desteklenmiştir. Analizler TPAO Organik Jeokimya Laboratuvarlarında yapılmıştır. Ayrıca, desteklerinden dolayı Mahmut Utmanoğulları ve Recep Tofan’a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] ŞENGÖR, A.M.C., YILMAZ, Y., “Tethyan Evolution Of Turkey: A Plate Tectonic Approach”, Tectonophysics, 75, 181-241, 1981.
- [2] SUNGURLU, O., “VI. Bölge Kuzey Alanlarının Jeolojisi”, TPAO Arama Grubu, Rapor No., 871 s., 32, 1974.
- [3] YILMAZ, Y., “New Evidence And Model On The Evolution Of The Southeast Anatolian Orogen”, Geological Society Of America Bulletin, 105, 251-271, 1993.
- [4] PERİNÇEK, D., ÇEMEN, İ., “Late Cretaceous- Paleogene Structural Evolution Of The Structural Highs Of Southeastern Anatolia”, TPAG Bulletin., 386-403, 1992.
- [5] ROBERTSON, H.A., BOULTON, S.J., TASLI, K., YILDIRIM, N., İNAN, N., YILDIZ, A., PARLAK, O., “Late Cretaceous- Miocene Sedimentary Development Of The Arabian Continental Margin In SE Turkey (Adıyaman Region): Implication For Regional Paleogeography And The Closure History Of Southern Neotethys”, Journal Of Asian Earth Science, 115, 571- 616, 2016.
- [6] GOSSAGE, D.W., “Stratigraphic observations in the Tut area of District VI, Southeast Turkey”, N.V. Turkse Shell Report No. GRT. 18., 1959.
- [7] TUNA, D., “Explanatory report on the naming of the lithostratigraphic units of District VI”, TPAO Technical Report, No: 813, 1973.
- [8] GÜVEN, A., DİNÇER, A., TUNA, M.E., TEZCAN, Ü.Ş., ÇORUH, T., “Güneydoğu Anadolu Kampaniyen Paleosen Otokton İstifinin Stratigrafisi”, TPAO Arama Grubu, Rapor No. 2828, S., 133., 1991.
- [9] AKSU, R., DURUKAN, B.A., TOFAN, R., “Adıyaman Bölgesi Geç Kretase İstifindeki Yeni Bulgular ve Öneriler”, TPAO Arama Grubu, Rapor No.5502, S., 136., 2014.
- [10] TISSOT, B., WELTE, D., “Petroleum Formation and Occurrence”, Berling. Springer-Verlag, 538 p., 1984.
- [11] PETERS, K. E., MOLDOWAN, J. M., “The Biomarker Guide, Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments, Englewood Cliffs, NJ, USA, Prentice Hall, 1993.
- [12] PETERS, K.E., WALTERS, C.C., MOLDOWAN, J.M., “The Biomarker Guide, Biomarkers and Isotopes in Petroleum Exploration and Earth History”, 2nd ed. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2005.
- [13] WAPLES, D.W., “Geochemistry in Petroleum Exploration”, Springer-Verlag, Boston, 1985.
- [14] ANDERS, D., “Geochemical exploration methods. In: Merrill R. K, editor. Source and Migration Processes and Evaluation Techniques”. AAPG Treatise of Petroleum Geology, Handbook of Petroleum Geology, Tulsa, OK, USA, 1991.
- [15] SEIFERT, W.K., MOLDOWAN, J.M., “The effect of thermal stress on source-rock quality as measured by hopane stereochemistry”, Physics and Chemistry of the Earth, 12, 229-237, 1986.
- [16] HUNT, J.M. Petroleum Geochemistry and Geology, 2nd Edition, W.H. Freeman, New York, 1995.

DOĞAL YAPI MALZEMELERİ OTURUMU

KAPADOKYA YÖRESİ DOĞAL PUZOLANLARININ KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ VE BETON DAYANIMINA ETKİSİ

Mustafa KORKANÇ^{1*}, Ozan UZUN², Burak UZAL³

¹Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Türkiye

²Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 51240, Niğde-Türkiye

³Abdullah Gül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 38080, Kayseri-Türkiye

ÖZ

Kapadokya yöresi jeolojik özellikleri nedeniyle doğal puzolan kaynakları açısından oldukça zengin bir bölgedir. Betonun içerisinde puzolanların kullanılması çimento maliyetlerini düşürmesi nedeniyle ekonomik fayda sağlamaktadır. Ayrıca çimento üretimi sırasında ortaya çıkan yüksek miktardaki sera gazı emisyonundan dolayı çimento, olumsuz çevresel etkilerle ilişkilendirilen bir bağlayıcı malzemedir. Doğal puzolanların katkı malzemesi olarak kullanımı betonun dayanımını, priz süresi ve büzülme gibi özelliklerini etkilemektedir. Bu çalışmada betonda mineral katkı olarak kullanılacak olan doğal zeolit, pomza, tuf ve ignimbirit türü doğal puzolanların Portland çimentosu harçlarının basınç dayanımını nasıl etkilediği belirlenmeye çalışılmıştır. Yörede yaygın olarak bulunan doğal puzolan kaynaklarından alınan örnekler üzerinde yapılan deneysel çalışmalardan doğal zeolit, pomza, tuf ve ignimbirit örneklerinin birçoğu puzolanik aktivite açısından standartlarda belirtilen kullanım limitlerini fazlasıyla karşılamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Doğal zeolit, pomza, tuf, ignimbirit, puzolanik aktivite

THE CHARACTERISTICAL OF PROPERTIES NATURAL POZZOLANAS AND THEIR EFFECT ON CONCRETE STRENGTH IN CAPPADOCIA REGION

ABSTRACT

Cappadocia region is a very rich region in terms of natural pozzolana resources due to its geological features. The use of pozzolanas in concrete provides economic benefits because it reduces the cost of cement. Furthermore, due to the high amount of greenhouse gas emissions that occur during cement production, cement is a binding material that is associated with adverse environmental effects. As natural pozzolanas additive material, it affects the properties of concrete such as setting time and shrinkage. In this study, it was tried to determine how the natural zeolite, pumice, tuff, and ignimbrite natural pozzolanas to be used as concrete mineral additives affect the pressure resistance of Portland cement mortars. Many of the natural zeolite, pumice, tuff and ignimbrite samples from the experimental studies on the samples taken from the natural pozzolan sources widely in the region have exceeded the usage limits stated in the standards in terms of pozzolanic activity.

Keywords: Natural zeolite, pumice, tuff, ignimbrite, pozzolanic activity

1. GİRİŞ

Nüfusu hızla artan ülkemizde inşaat sektörü giderek gelişmektedir. İnşaat sektöründe en fazla girdi maliyeti çimento sektöründe karşımıza çıkmaktadır. İnşaat sektöründe kullanılan beton ve çimentonun kaliteli olması yapıların daha sağlam ve uzun ömürlü olmasına neden olmaktadır. İnşaat sektöründe kullanılan beton maliyetinin düşürülmesinin yolu doğal ve yapay puzolanlar ile sağlanabilmektedir. Türkiye ise doğal puzolanik maddeler bakımından zengin bir ülkedir. Türk Standartları'nda belirtilen miktar ve şartlara uymak sureti ile doğal puzolan kullanılması ülke ekonomisine önemli katkı sağlayacak ve inşaat sektöründeki maliyeti azaltacaktır.

Çoğu doğal puzolanik maddeler volkanik kökenli olup, en çok bilineni tüflerdir. Volkanik püskürme sırasında silisli ve alüminalı malzemelerden oluşan eriyik durumdaki magma, yüzeye alev olarak çıkarak çok çabuk soğuma

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 388 225 2259; e-posta: mkorkanc@ohu.edu.tr

gösterdiği takdirde, camsı (amorf) yapıya sahip olmaktadır. Volkanik püskürmenin çok hızlı olması, malzemenin daha amorf yapıya ve daha yüksek puzolanik aktiviteye sahip olmasına yol açmaktadır [1,2] Uzal vd., [3], çimento ve beton sistemlerine doğal puzolanların dahil edilmesi, betona işlenebilirlik, geçirimsizlik gibi özelliklerini geliştirmekte, alkali silika reaksiyonu ve sülfat etkisi gibi kimyasal dış etmenlere karşı dayanıklılığını artırmaktadır. Puzolanik katkı maddelerinin kullanımı sadece teknik avantajlar sağlamamaktadır. Puzolanik malzemelerin maliyeti Portland çimentosununkinden daha az olduğu için, istenilen kalitedeki betonun puzolanik katkı ile yapılmasıyla daha ekonomik beton elde edilebilmektedir [1].

Bu çalışma kapsamında öncelikle belirtilen türlerdeki doğal malzemelerden o türün karakteristik özelliklerini en iyi şekilde yansıtabilecek malzemenin bulunup seçilebilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda bölgede yayılım sunan tuf, ignimbrit, pomza ve zeolitik tuf özellikleri sunan toplam 21 örnek derlenmiştir. Farklı alanlardan derlenen örneklerden davranış olarak farklı olanlardan örnekler seçilerek harç numuneleri hazırlanmıştır. Bu çalışmada farklı fiziksel ve mineralojik özelliklere sahip üç ayrı tür doğal mineral katkı malzemesinin kullanılması öngörülmüştür. Bunlar a) Doğal zeolit (Z), b) Pomza (P), c) Volkanik tuf veya ignimbrit (V) olarak tanımlanmış ve sınıflandırılmıştır. Farklı tür mineral malzemelerin kullanılmasındaki temel amaç doğal malzemelerin kimyasal kompozisyonu, mineralojik yapısı ve yüzey gözenekliliği gibi özelliklerinin betonun dayanımındaki rolünü ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Arazi çalışmaları ve örnek derlenmesi, ticari olarak işletilmekte olan veya kolayca erişilebilir rezervlerden 12 volkanik kayaç, 6 pomza ve 5 zeolitik tuf örneği olmak üzere toplam 21 örnek doğrudan rezervden alınmak suretiyle temin edilmiştir (Tablo 1). Örnekleme aşamasında örneklerin jeolojik olarak ayrılmamış kesimden alınmasına dikkat edilmiştir. Farklı tür mineral malzemelerin kullanılmasındaki temel amaç doğal malzemelerin kimyasal kompozisyonu ve mineralojik yapısının basınç dayanımındaki etkileşiminin rolünü ortaya çıkarmaktır. Alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilecek laboratuvar çalışmaları, başlıca; petrografik incelemeler, kimyasal analizlerin belirlenmesi şeklinde yürütülmüştür. Daha sonra araziden blok boyutunda alınan doğal malzeme kırıcıdan geçirilerek boyut küçültme işlemine tabi tutulmuştur. Alınan örneklerin kimyasal ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi için toz örnekler hazırlanmıştır. Yapılması planlanan kimyasal analizler için, kirlilik oluşmamasına özellikle dikkat edilerek öğüt işlemi agat havan kullanılarak yapılmıştır. Doğal puzolan örneklerinin katkı malzemesi olarak kullanımında performansının değerlendirilmesi için yeter miktarda 63 mikrondan ince olarak öğütülmüştür. Daha sonra bu toz örneklerin kimyasal kompozisyonunu tespit etmek üzere elementel analizler yaptırılmıştır.

Tablo 1. Alınan örneklerin lokasyonları ve litolojik özellikleri

SEMBOL	AÇIKLAMA	YÖRE	LİTOLOJİ
Z1	Karasenir köyü güneybatısı (alt seviye)	Kozaklı-Nevşehir	Zeolit
Z2	Karasenir köyü güneybatısı (üst seviye)	Kozaklı-Nevşehir	Zeolit
Z3	Karasenir köyü güneybatısı (orta seviye)	Kozaklı-Nevşehir	Zeolit
P1	Pomza ocağı -1	Nevşehir	Pomza
P2	Pomza ocağı-2	Nevşehir	Pomza
P3	Pomza ocağı-3	Nevşehir	Pomza
P4	Pomza ocağı-4	Nevşehir	Pomza
P5	Pomza ocağı-5	Nevşehir	Pomza
P6	Pomza ocağı-6	Nevşehir	Pomza
V1	Tepeköy eski ocak (üst seviye)	Niğde	Tuf
V2	Tepeköy eski ocak (alt seviye)	Niğde	Tuf
V3	Tepeköy'e doğru T2'ye göre 150 m aralıklarla alındı	Niğde	Tuf
V4	Tepeköy'e doğru T3'e göre 150 m güneyden alındı	Niğde	Tuf
V5	Tepeköy'e doğru T4'e göre yaklaşık 50 m güneyden alındı	Niğde	Tuf
V6	Tepeköy'e doğru T5'e göre yaklaşık 100 m güneyden alındı	Niğde	Tuf
V7	Tomarza-Kapıkaya köyü (Alt seviye)	Kayseri	İgnimbirit
V8	Tomarza-Kapıkaya köyü (üst seviye)	Kayseri	İgnimbirit
V9	Hisarcık-Tekir yolu	Kayseri	İgnimbirit
V10	Saraycık köyü	Kayseri	İgnimbirit
V11	İncesu taşocakları mevki	Kayseri	İgnimbirit
V12	Garipçe köyü -Nevşehir yolu mevki	Kayseri	İgnimbirit

Puzolanik özellikleri yüksek olabilecek ve farklı litolojilerden seçilen örneklerle birlikte kontrol ve ikame örneklerinin yayılma tablası, harç dayanımı, aşınmaya karşı dayanım ve kapiler su emme özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla yoğun laboratuvar çalışmaları yürütülmüştür.

3. BULGULAR

Örneklerin ICP-AES analizleri sonucunda tespit edilen oksit kompozisyonları zeolit örnekleri, pomza örnekleri ve volkanik kayaç/tüf örnekleri için sırasıyla Tablo 2, ve Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Zeolitik tüf ve pomza örneklerinin ana element oksit değerleri

Bileşen	Örneklerin Oksit Kompozisyonu, %								
	Z1	Z2	Z3	P1	P2	P3	P4	P5	P6
SiO ₂	67,09	66,85	64,71	72,35	71,97	72,30	72,44	72,66	72,62
Al ₂ O ₃	11,56	12,24	12,58	12,64	12,76	12,78	12,76	12,70	12,76
ΣFe ₂ O ₃	0,90	0,78	1,58	1,07	1,12	1,10	1,04	1,10	1,09
MgO	0,61	0,58	0,91	0,09	0,11	0,10	0,08	0,12	0,10
CaO	2,52	2,08	2,26	0,84	0,83	0,80	0,77	0,82	0,82
Na ₂ O	3,57	3,72	3,29	3,78	3,68	3,80	3,76	3,79	3,77
K ₂ O	0,72	0,96	1,13	4,32	4,44	4,37	4,47	4,33	4,46
TiO ₂	0,19	0,19	0,23	0,08	0,09	0,08	0,8	0,08	0,08
P ₂ O ₅	0,06	0,05	0,06	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
MnO	0,00	0,00	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cr ₂ O ₃	0,002	0,002	0,003	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
K.K	12,5	12,2	12,7	4,7	4,9	4,6	4,5	4,2	4,2
Toplam	100,00	99,99	99,99	100,02	100,01	100,01	100,01	100,01	100,01
TOT/C	0,32	0,17	0,18	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,06
TOT/S	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00

Zeolit tüf örneklerinin Tablo 2’de görülen kimyasal kompozisyonları karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde örneklerin benzer miktarlarda SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ sahip olduğu, yine bu örneklerin Na₂O ağırlıklı olduğu tespit edilmiştir. Bu durum daha sonra aşağıda bahsedilecek XRD analizlerinden klinoptilolit türü zeolit olduğu anlaşılan örneklerin Na-Klinoptilolit türünde olduğunu göstermektedir.

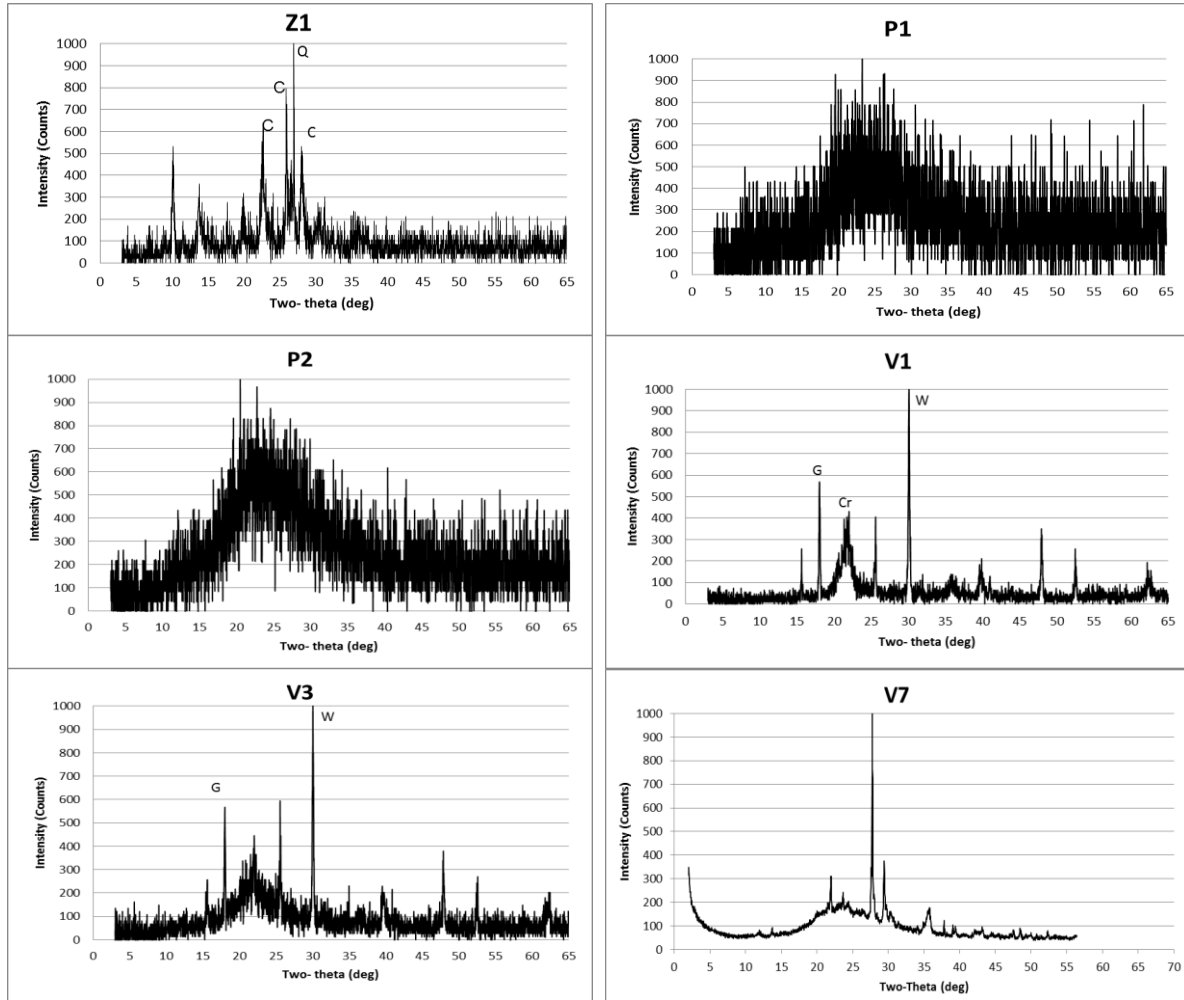
Tablo 3. Volkanik tüf ve ignimbrit örneklerinin ana element oksit değerleri

Bileşen	Örneklerin Oksit Kompozisyonu, %											
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12
SiO ₂	56,93	79,93	67,48	69,48	61,53	58,28	63,01	65,82	72,96	67,02	68,43	66,33
Al ₂ O ₃	14,32	5,78	10,60	10,02	12,43	14,77	15,35	14,53	14,11	14,56	14,75	15,25
ΣFe ₂ O ₃	2,26	2,93	2,88	0,78	7,31	0,92	3,8	3,41	2,05	4,03	4,03	4,60
MgO	0,15	0,05	0,30	0,09	1,26	0,34	0,85	0,62	0,14	0,48	0,77	0,95
CaO	0,45	0,19	0,31	0,16	0,94	0,35	4,08	2,18	1,14	2,47	2,13	2,66
Na ₂ O	0,86	0,25	0,37	0,51	0,21	0,97	4,3	3,71	4,37	4,51	4,71	4,60
K ₂ O	2,51	0,92	1,75	1,84	0,80	2,30	2,93	3,61	4,14	3,60	3,74	3,31
TiO ₂	1,18	0,99	1,05	0,91	0,94	1,01	0,71	0,52	0,19	0,64	0,55	0,69
P ₂ O ₅	0,25	0,17	0,19	0,09	0,06	0,31	0,2	0,14	0,04	0,17	0,11	0,14
MnO	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,07	0,07	0,03	0,03	0,07	0,08
Cr ₂ O ₃	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,03	0,011
K.K*	20,8	8,6	14,9	16,0	14,4	20,6	4,5	5,2	0,7	2,3	0,5	1,2
Toplam	99,98	99,99	99,98	100	99,95	99,97	99,99	99,99	100	99,99	99,98	99,97
TOT/C	0,11	0,06	0,07	0,10	0,06	0,10	0,36	0,06	0,05	0,15	<0,02	0,02
TOT/S	5,28	1,80	3,46	3,58	0,09	5,09	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	0,02

Niğde yöresine ait Tepeköy bölgesinden derlenen tüf örneklerinde hidrotermal alterasyon etkileri nedeniyle alanda sıkça dokusal ve renk değişimlerine göre örnekleme yapılmış ve bu değişimin kimyasal analizlerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında farklılıkların oldukları belirlenmiştir (Tablo 3). Özellikle V2 ve V5 örnekleri

gerek SiO₂ ve kükürt içerikleri açısından diğer örnekler nazaran oldukça farklılıklar sunmaktadır. V1 ve V6 örneklerinde SiO₂ içerikleri diğer tüflere göre daha düşük değerlerdedir. Tepeköy bölgesinden temin edilen V1-V6 volkanik tüf örneklerinin hem zeolit ve pomza örnekleriyle hem de diğer volkanik malzeme örnekleriyle (V7-V12) karşılaştırıldığında, oldukça yüksek miktarlarda kükürt (S) içerdikleri ve buna bağlı olarak kızdırma kaybı (K.K) değerlerinin de diğerlerinden oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. V9 nolu ignimbirit örneğinin ise diğer tüm volkanik kayalardan daha yüksek miktarda SiO₂ içermektedir.

İncelenen örneklerin XRD analizlerinde Z1 örneğinin başlıca klinotillolit türü zeolit mineralinden oluştuğu, neredeyse tamamen kristal yapı olduğu, klinoptilolit dışında safsızlık olarak kuvars içerdiği gözlenmiştir. P1 ve P2 pomza örneklerinin XRD deseni hiçbir kırınım piki göstermediğinden tamamen amorf yapıdan oluşmakta olduğu, içeriğinde safsızlık teşkil edebilecek herhangi bir kristal faz yer almadığı ve tamamen saf pomza örneği teşkil ettiği gözlenmiştir. V1 örneğinde bir kalsiyum-silikat minerali olan vollastonit ile birlikte bir alüminyum minerali olan gibsit ve bir silikat minerali olan kristobalit kristal fazlar olarak gözlenmiştir. V3 örneğinde bir kalsiyum-silikat minerali olan vollastonit ile birlikte bir alüminyum minerali olan gibsit kristal fazlar olarak gözlenmiştir. 20-25 dereceler arasında yükselip alçalan desen tabanı amorf fazın da varlığına işaret etmektedir. V7 örneğinin 15-30 derece açıları arasında yükselip alçalan desen tabanından anlaşıldığı üzere belirgin miktarda amorf faz içerdiği gözlenmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Seçilen örnekler için XRD desenleri

Yapılan XRD analizleri ve petrografik incelemelerin ardından 6 adet doğal puzolonik malzemenin amorf yapıya sahip olmalarından dolayı harç denemeleri çalışmalarının söz konusu bu örnekler üzerinde devam edilmesine karar verilmiştir. Ayrılan V1, V3, V7 (tüf ve ignimbirit), P1, P2 (pomza), Z1 (zeolit) örnekleri üzerinde çeşitli deneysel çalışmalar yapmak amacıyla 5x5x5 boyutlarında harç numuneleri hazırlanmıştır. İncelenen bütün numunelerin

$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ oranı %70'den fazla olup, seçilen numuneler, daha farklı kökene ve amorf yapıya sahip olmaları ön planda tutulmuştur.

Farklı puzolan ilaveleri ile hazırlanan harç karışımlarının 7 ve 28 günlük basınç dayanımları belirlenmiştir. Seçilen puzolan örnekleri ile hazırlanan harç karışımlarından elde edilen yayılma değerleri, basınç dayanımları ile hesaplanan dayanım aktivite indeksleri Tablo 4' de sunulmuştur.

Tablo 4. Harç karışımlarının içerikleri, yayılma değerleri ile basınç dayanımları ve aktivite indeksleri

Numune	PÇ, (g)	Doğal puzolan, (g)	Su, (ml)	Yayılma, (cm)	Su/bağlayıcı oranı	Su ihtiyacı (%)	Basınç dayanımı, MPa		Dayanım aktivite indeksi, %	
							7-gün	28-gün	7-gün	28-gün
Kontrol	500	-	242	13,1	0,485	100	33,48	47,52	100	100
V1	400	100	252	14,09	0,504	104,13	27,89	41,88	83,30	88,13
V3	400		252	13,95	0,504	104,13	29,86	45,5	89,18	95,75
Z1	400		292	12,5	0,584	120,66	27,49	42,08	82,11	88,55
P1	400		257	14,25	0,514	106,19	27,15	39,8	81,11	83,76
P2	400		262	14,7	0,524	108,26	28,87	37,96	86,23	79,88
V7	400		242	13,9	0,485	100	29,09	40,09	86,88	84,36

Aynı miktarda doğal puzolan ilavesi ile hazırlanan zeolit numunelerinden basınç dayanımı en yüksek olan örnek, Z5 numunesi ile hazırlanan örnektir. Doğal puzolan olarak Z4 numunesi ile hazırlanan harç numunesinin 28 günlük basınç dayanımını düşmüştür. Aynı miktarda doğal puzolan ilavesi ile hazırlanan numunelerde basınç dayanımı en yüksek olan örnek, V3 numunesi ile hazırlanan örnektir. P2 ve V7 numuneleri ile hazırlanan harç numunelerinin 28 günlük basınç dayanımını düşmüştür. P1, V1 ve V3 numaralı örneklerin 28 günlük basınç dayanımı 7 günlük basınç dayanımına göre az da olsa artış göstermiştir.

Betonların aşınmaya maruz kalacak alanlarda kullanımını tahmin edebilmek amacıyla hazırlanan küp şeklindeki harç numunelerin yüzeyel aşınma özelliklerini belirlemek amacıyla Böhme yöntemine göre yapılan aşınma deneyleri yapılmıştır. Hazırlanan örneklerin aşınmaya maruz kalacak alanlarda kullanılması durumunda V3 ve Z5 puzolan ilavesi ile yapılan betonların diğer puzolan ilaveli betonlara oranla daha az aşınma kayıpları olacağı belirlenmiştir. Ayrıca aynı numunelere kapiler su emme deneyi de yapılmış olup, kapilarite katsayısı hesaplanmıştır. İncelenen örneklerin harç örneği olması dolayısıyla kayalarla göre daha boşluklu olmasına karşın, puzolan ilaveli dayanımı yüksek, aşınma değeri düşük olan harç örneklerinin su emiciliği de düşük bulunmuştur.

Tablo 5. Böhme yüzeyel aşınma direnci ile değerleri ile kapilarite değerleri

Numune	Böhme aşınma direnci BAV, (cm ³ /50cm ²)	Kapilarite (K), (kg/m ² *h)
Kontrol	13,52	0,94
V1	29,35	0,91
V3	15,89	0,67
Z1	21,61	1,5
P1	19,81	1,06
P2	25,86	1,00
V7	17,57	0,89

4. SONUÇLAR

Çimento ve beton sistemlerine doğal puzolanların dahil edilmesi, betona işlenebilirlik, geçirimsizlik gibi özelliklerini geliştirmekte, alkali silika reaksiyonu ve sülfat etkisi gibi kimyasal dış etmenlere karşı dayanıklılığını artırmaktadır. Puzolan kullanımıyla betonun erken dayanımında bir düşüş olması beklenir. Sonuç olarak Portland çimentosu ile puzolan karışımı içeren çimentolar, dolayısıyla betonlar özdeş incelikte Portland çimentosu içeren betonlara göre daha uzun süre suya (kür) ihtiyaç duyarlar. Tüf örneklerinde V2 ve V5 örnekleri hariç diğer örneklerin kimyasal kompozisyonlarında toplam kükürt miktarı, standartlarda belirtilen kullanım limitlerinden

yüksek olduğu belirlenmiştir. Bilindiği gibi kükürt miktarının fazla olması, betonda sülfat etkisine neden olacağından dolayı bu etki göz önünde bulundurulmalıdır. Doğal puzolan seçiminde su ihtiyacı çok önemli bir parametre olup, incelenen zeolit örneklerinde daha yüksek su ihtiyacı değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmada V3 örneği, dayanım aktivite açısından en önemli puzolan kaynak alanı olarak değerlendirilebilir. Doğal puzolan katkılı örneklerin aşınmaya karşı dayanım açısından da V3 ve V7 örnekleri ön plana çıkmaktadır. Kapiler su emme değerlerine bakıldığında da V1 ve V7 örnekleri en az su emen örnekler olmuşlardır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Proje No. 113M310.

KAYNAKLAR

- [1] ERDOĞAN, T.Y., “Beton”, ODTÜ Yayınları, Ankara,175-177, 2003.
- [2] ERDOĞDU, K., TOKYAY, M., TÜRKER, P. “Traslar ve traslı çimentolar. araştırmaların gözden geçirilmesi ve durum değerlendirmesi raporu”, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, AR-GE Enstitüsü, Fersa Matbaacılık, Ankara, 2009.
- [3] UZAL, B., BEKTAŞ, F., TURANLI, L., “Öğütülmüş doğal zeolit in alkali-silika reaksiyonu ve sülfat reaksiyonu etkisi ile genleşmesinin incelenmesi”, 5. Ulusal Beton Kongresi (Betonun Dayanıklılığı), İstanbul, 2003.

KAPLAMA TAŞI OLARAK KULLANILAN FARKLI ANDEZİTLERİN KARŞILAŞTIRILMASI: NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ KAMPÜSÜ

Mustafa KORKANÇ^{1*}, Gonca BAHADIR AK²

¹Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Türkiye

²Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 51240, Niğde-Türkiye

ÖZ

İnsanoğlu doğal yapı taşlarını antik çağlardan beri çeşitli amaçlar için kullanmıştır. Ülkemizde kaplama ve doğal yapıtaşı olarak kullanılan kayalar hemen hemen her bölgede yayılım sunmaktadır. Değişik renk, doku, bileşim ile petrografik ve jeomekanik özellikler sunan bu yapı taşları yüzyıllardan beri birçok yapıtlarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada son yıllarda yapı ve kaplama taşı olarak yaygın kullanıma sahip andezitlerin, kullanım yerlerindeki performanslarını kontrol eden faktörlerin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. İnceleme alanı olarak Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Kampüs alanı seçilmiş olup, inceleme alanında kaplama taşı olarak kullanılan andezitler çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Andezitler, Ankara ve Kayseri yöresinden alınmıştır. 5 farklı kayaktan alınan numuneler üzerinde bu kapsamda kayaların jeolojik yapılarından ve dış etkilere kaynaklanan bozunmaları tanımlamak amacıyla ayrıntılı arazi gözlemlerinin yanı sıra, kimyasal analizler, petrografik araştırmalar ile taşların jeomekanik özelliklerini belirlemek için ayrıntılı laboratuvar araştırmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, kaplama ve döşeme taşı olarak kullanılacak andezitlerin, jeolojik özelliklerinin çok iyi bilinmesi ve kullanılacak yerin iklim koşulları, çevresel etkileri göz önüne alınarak kullanılmasının önemi bir kez daha vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Kaplama taşı, jeomekanik özellikler, petrografik özellikler, andezit, Niğde*

COMPARISON OF DIFFERENT ANDESITES USED AS FACING STONE: NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR UNIVERSITY CAMPUS

ABSTRACT

Human being has used the natural building materials for various purposes since ancient times. In our country, the stones used as facing stone and natural building blocks are found in almost every region. These building blocks that offer different color, texture, composition and petrographic and geomechanical properties has been used in many buildings for centuries. In this study, an intensive study of defining the factors that significantly affect their performances at the usage place of andesites that have had expansive use as a building and coating stone in recent years was made. As a field of study, the campus of Niğde University was chosen and the andesites used as a facing stone at this field of study constitute the subject of this study. These andesites were taken from the region of Ankara and Kayseri. In this context, on the samples got from the five different stones, with the aim of determining the deteriorations caused by geological constructions and the environmental effects, the detailed laboratory studies were carried out in order to define the chemical analysis, petrographical studies and the geomechanical characteristics of the stones in addition to the detailed observations of the field. As a result of this study, it was once again emphasized the interest in that the geological features of the andesites that will be used as facing and flooring stone must be known very well and these materials must be used by taking into consideration climatic conditions and environmental effects of the place to be used.

Keywords: *Facing stone, geomechanical properties, petrographical properties, andesite, Niğde*

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 388 225 2259; e-posta: mkorkanc@ohu.edu.tr

1. GİRİŞ

İnceleme alanı, Niğde Üniversitesi Kampüs alanındaki yapılardan oluşmaktadır. Bunlar; Rektörlük binası, Anıt alanı, Eğitim Fakültesi ve Çınar Cafe çevresinde kaldırım ve kaplama taşı olarak kullanılan andezitler çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

En eski yapı malzemelerinden biri olan doğal yapı taşları, genellikle dayanıklılığın ve sürekliliğin sembolü olarak bilinmektedir. Ancak taşların farklı kullanım alanlarına ve yerlerine bağlı olarak, doğrudan veya dolaylı çevresel etkileşimler sonucu bozunmaya uğradıkları görülmüştür. Çevresel etkenlere bağlı olarak bozunma mekanizması, genel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozunma olmak üzere üç ana başlık altında ele alınabilmektedir. Farklı şekillerde oluşan kayaçlardaki bozunmayı önlemek için öncelikle bozunmaya neden olan faktörlerin ayrıntılı olarak belirlenmesi gerekmektedir. Günümüzde bozunmaya neden olan faktörlerin belirlenmesine yönelik çalışmaların giderek arttığı ve bozunmaya neden olan deprem, yangın, su baskını, rüzgâr, donma-çözünme, sıcaklık dalgalanmaları, kimyasal malzemeler, kirlilik, tuz kristalleşmesi ve biyolojik bozunma ile ilgili pek çalışma görmek mümkündür [1].

Eski eserlerde kullanılan yapı elemanları arasında taş malzeme, en dayanıklısı olmasına rağmen yine de zaman içerisinde farklı nedenlerle ayrışıp parçalanmakta veya bozulmakta ve koruma çalışmaları gündeme gelmektedir. Eski eserlerde kullanılan taşların iyi ya da kötü durumda olması eserin koruma ve kullanımını etkilediği gibi olumsuz şartlarda, eserin yok olmasına varabilecek zincirleme pek çok sorunu da beraberinde getirebilmektedir [2].

Yeryüzünde çeşitli jeolojik devirlerde oluşmuş taşlar eski eserlerde kullanılmak üzere seçilirler. Uzun süre dayanıklılığını muhafaza edebilen taşlar oluşumu sırasında bulunduğu ortam ya da yapısına bağlı olarak veya kullanımı sırasında dışarıdan gelebilecek çeşitli etkilerle önceki sağlam yapısını kaybedebilir. Bugün bozulmanın nitelikleri konservasyon, biyoloji, kimya, jeoloji vb. disiplinlerden uzmanlar tarafından mikro ve makro ölçeklerde incelenmektedir [2].

Yosun, liken ve alg türü canlılar taş yüzeyinde değişik renklerde kabuk ve lekeler şeklinde fark edilebilir. Taş, mineralleri kullanarak toprak oluşumunu da sağlayan bu mikro bitkiler yüzey yapısının bozunmasına ve mikro çatlakların büyümesine yol açmaktadırlar. Yosun, liken ve algler nemli ortamlarda çoğalarak taş eserin tüm yüzeyini kaplayabilirler [2].

Taş eserlerin yüzeylerinde atmosferik kirlenmenin neden olduğu siyah tabaka ve leke gibi farklı etkenlere bağlı olarak sonradan oluşmuş kirlenmeler görülebilmektedir. Atmosferik kirlenmenin neden olduğu bu bozunma sonucunda taş bünyesinde çatlama, kırılma, korozyon ve kabuklanmanın yanında ayrışma ve kavlanma görülür. Rüzgârın da yardımıyla havadaki tozların neden olduğu bozunma sonucunda taş yüzeyinde aşınma, kirlenme, lekelenme, ayrışma ve tanelenme oluşur. Ayrıca çözünür tuzlar kapilarite yoluyla su çekerek taşın kritik su içeriğini yükselterek kurumasını geciktirirler. Suyun buharlaşması sonucunda tuzlar, kristalleşerek duvar yüzeyinde leke, yama veya bant şeklinde hoş olmayan görünümeler meydana getirirler, çiçeklenme ve yüzey bozunmalarına neden olurlar [3].

Bu çalışmanın amacı, kampüs alanında kaplama taşı olarak kullanılan andezitlerde meydana gelen bozunmaları incelemek, meydana gelebilecek sorunları saptamak ve kullanılabilirliklerini araştırmaktır.

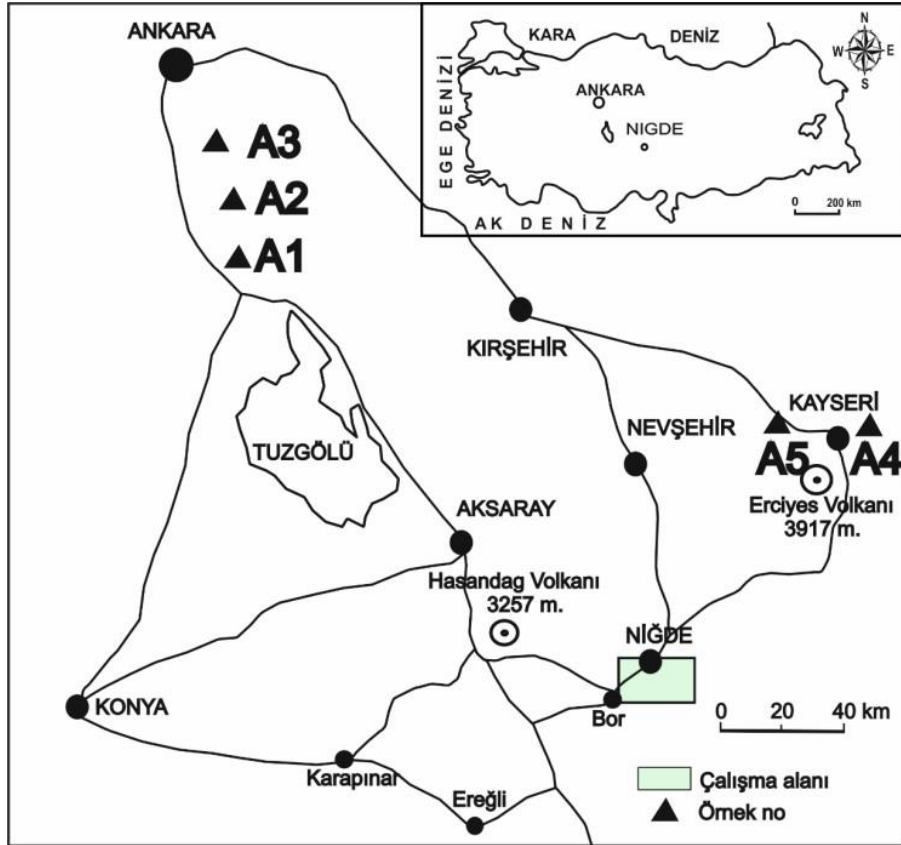
2. MATERYAL VE METOT

Kampüs alanında kullanılan kaplama taşları için, örnek derlemesi ve arazi çalışmaları esnasında kullanılan farklı köken ve dokudaki Ankara ve Kayseri yöresindeki andezitlerden toplamda 5 farklı örnek alınmıştır. Alınan örnekler için kısa tanımlama ve adlamaları aşağıda sunulmuştur (Tablo 1). Örnek derlemesi ve arazi çalışmaları sırasında aynı litolojideki kaya gruplarının renk ve dokusal özelliklerinin arazide çok sık değiştiği gözlenmiştir. Bu nedenle farklı renk ve dokusal özelliklere sahip örnekler, ayrıntılı olarak tanımlanmış ve temsilci blok örnekleme gerçekleştirilmiştir. Örneklerin alındığı alanların gösterimi Şekil 1’ de sunulmuştur.

Kampüs alanında kullanılan andezitlerin alındığı ocaklardan taze blok örnekler derlenerek bunların mühendislik özellikleri ortaya konulmuştur. Ayrıca arazi çalışması kapsamında Niğde Üniversitesi Kampüs alanındaki cephe ve yer kaplaması olarak kullanılan andezitlerin kullanım yerlerindeki durumları gözlenmiştir. Bu çalışmalar sırasında kayaçların ayrışma, renk ve kullanım yerindeki konumu gibi özellikleri, bu kayaçların kullanım yerlerindeki performanslarını önemli derecede etkilemektedir.

Tablo 1. İncelenen örneklerin lokasyon tanıtımı ve kayaç özellikleri

Örnek No	Lokasyon	Kayaç Özellikleri	Litoloji Tipi
A1	Ankara	Pembemsi renkli, matriks içinde beyaz ve kahverenkli ince kristalli yapı, sert.	Andezit
A2	Ankara	Pembemsi renkli, matriksin içinde beyaz ve kahverengi, iri taneli, sert.	Andezit
A3	Ankara	Pembemsi matriksin içinde açık ve koyu kahverenkli, ince taneli, sert.	Andezit
A4	Kayseri	Gri renkli, homojen yapıda ve ince taneli, ıgnimbritik yapıda, orta sert.	İgnimbirit
A5	Kayseri	Koyu gri, siyah renkli, ince taneli, homojen, sert ve pürüzlü yapı, yer yer boşluklu	Bazalt



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası ve örnek derleme alanları

Deneysel çalışmalar, araziden derlenen standartlara uygun örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Doğal yapı taşları üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar çalışmaları, başlıca; petrografik incelemeler, kimyasal analizler, fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi şeklinde yürütülmüştür.

3. BULGULAR

3.1 İncelenen Birimlerin Jeolojik Özellikleri

Bu bölümde çalışmada kullanılan, Ankara ve Kayseri yörelerinden alınan andezitlerin bulunduğu litolojiler incelenmiştir. Ankara'dan alınan numuneler Mamak formasyonu ve Teke formasyonundan (Şekil 3.1.), Kayseri bölgesinden alınanlar ise Valibaba tepe ıgnimbiriti ile Güvercinlik bazaltından (Şekil 3.2.-3.4) alınmıştır. Örneklem yapılan bölgelere ait birimlerle ilgili bilgiler aşağıda sunulmuştur.

3.1.1 Mamak Formasyonu

A1 nolu örneğin derlendiği Mamak formasyonu, beyaz, gri, kırmızı renkli tuf ile değişik boyutlarda tutturulmuş andezit, dasit, bazalt çakılları ile temsil edilen aglomeralardan oluşur [4]. Andezitler aglomeralar içinde siller halinde izlenir.

3.1.2 Teke Formasyonu

A2 ve A3 nolu örneğin derlendiği birim çoğunlukla, andezit, trakiandezit, bazalttan, daha az da tuf ve aglomeraadan oluşur. Andezitler, kırmızı, pembe, gri, boz ve siyah renktedirler. Andezitlerde akma izlerine sıkça rastlanır [4].

3.1.3 Valibaba tepe İgnimbiriti

Çalışmada kullanılan A4 nolu örnek bu formasyona ait Kuruköprü dolaylarında bulunan taş ocağından derlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde, bu birimde işletilen taş ocaklarında yapılan incelemelerde birim masif görünümlü, oldukça iyi iri blok verimine sahiptir. Gri-koyu, gri-siyah-kiremit kırmızısı-hardal sarısı-pembe renkler sunan birimi Pasquare [5] İncesu ignimbiriti olarak haritalamıştır. Temel vd., [6], Şen vd., [7] tarafından Valibaba tepe ignimbiriti olarak adlandırmışlardır.

3.1.4 Güvercinlik Bazaltı

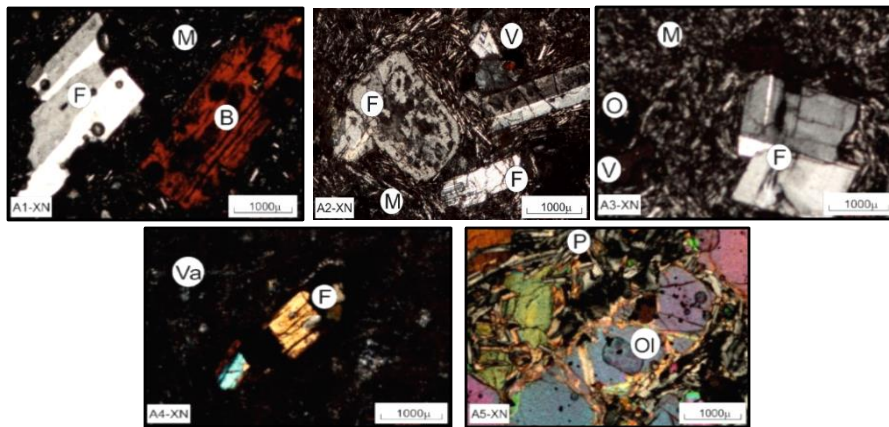
A5 nolu örneğin derlendiği birim siyah, gri renkli, sert akma yapılı, sütunsal eklemlili ve yer yer gaz boşlukludur. Morfolojik olarak alanda dik setler oluşturur. Petrografik olarak olivin bazalt niteliğindedir. Formasyonu oluşturan andezitler, piroksen andezit niteliğindedir [8].

3.2 İncelenen Örneklerin Petrografik Özellikleri

Yapılan petrografik incelemelerde aynı litolojideki farklı örnekler arasındaki değişimin; tanelerin dağılımı, fenokristallerin büyüklüğü, minerallerin ve düzensiz boşlukların oranı, litik kayaç parçaları, opak mineral oranı ve örneklerin dokusu gibi özelliklerin olduğu belirlenmiştir.

A1 örneği üzerinde hazırlanan kesitler üzerinde yapılan incelemelerde kayacın içerisinde büyük zonlu feldispatlar, plajiyoklaslar ve amfiboller görülmektedir. Yer yer kristal kenarlarında ayrışma gözlenmektedir. Feldispatlar büyük, plajiyoklaslar ince taneli bir görünüme sahiptirler. Biyotitlerde çoğunlukla ayrışma ile opaklaşmalar yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 2).

A2 örneğinde mikrolitik plajiyoklaslar ve iri feldispatlar yoğun olarak gözlenmiştir. Opaklaşma oldukça fazladır. Kayacın hamur maddesi tamamen mikrolitik plajiyoklastan oluşmuştur. Kayaçta intersertal doku gözlenmiş olup, A1 nolu örneğe göre daha ince taneli ve iri boşluklu yapıyla belirgin farklılıklar sunmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. İncelenen örneklerin mikroskop görüntüleri

A3 nolu örnekteki boşluklar, A1 ve A2'ye göre daha fazladır. Kayaçta intersertal doku gözlenmiştir. Fenokristal oranı A2' den daha fazla A1 nolu örnekten ise daha azdır. Mikrolitik plajiyoklas yanında yer yer kül matriks de gözlenmiştir. Örnekte yer alan olivinlerde opaklaşma yaygın olarak gözlenmiştir. Kayaçta fenokristallerini feldispatlar ve olivinlerden oluşmuştur (Şekil 2).

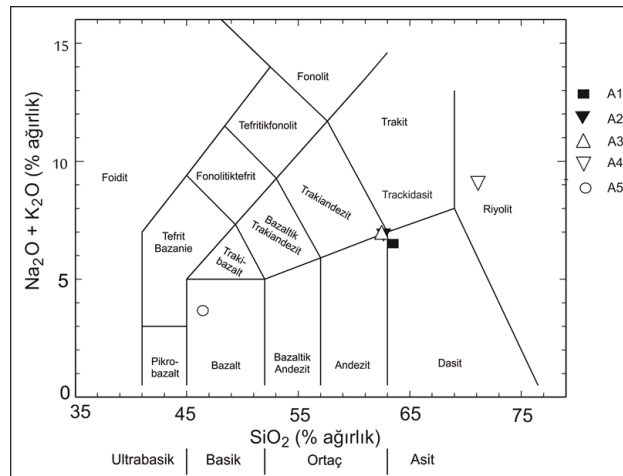
A4 nolu örneklerin mikroskop incelemelerinde kayacın içerisinde fenokristallerin diğer örneklere oranla oldukça az miktarda bulundukları belirlenmiştir. Hamur maddesi diğer örneklere nazaran kül matriksten oluşmuş, çok az oranda da mikrolitik plajiyoklaslar gözlenmiştir. Kayaçta volkanik hamur maddesi ayrışmaya uğramıştır. Örnekte çok az miktarda opak minerallere de rastlanmıştır (Şekil 2).

A5 nolu örnekten hazırlanan ince kesitlerin mikroskop incelemelerinde diğer örneklere nazaran farklı karakterde oldukları ortaya konulmuştur. Kayaç bazaltik karakter taşımaktadır. Kayaçta olivinler oldukça yaygın olarak gözlenmiştir. Hamur maddesi mikrolitik plajiyoklastan oluşmuştur. Kayaç tipik porfirik bir dokudadır. Olivinler oldukça kırıklı bir yapı sunmaktadır (Şekil 2).

İncelenen örneklerin içerisindeki minerallerin kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla XRF ve analizleri yapılmıştır. Analizlerde kullanılan örnekler doğrudan kullanım alanından derlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Örneklerin kimyasal analizlerden elde edilen verilerin Le Bas vd., [9] toplam alkali -silikat diyagramında yapılan değerlendirmelerinde; A1 örneği dasit-andezit sınırında, A2, A3 örneği trakiandezit-andezit sınırında, A4 örneği riyolit ve A5 örneği ise bazalt bileşimindedir (Şekil 3).

Tablo 2. İncelenen örneklerin kimyasal analiz değerleri

Özellik	A1	A2	A3	A4	A5
SiO ₂	64,02	62,94	62,67	72,53	46,92
Al ₂ O ₃	16,92	17,14	17,4	13,97	14,24
ΣFe ₂ O ₃	3,93	4,63	4,78	1,84	12,87
MgO	1,1	0,72	0,62	0,33	9,68
CaO	4,76	4,25	4,24	1,1	9,12
Na ₂ O	4,27	4,83	4,76	4,89	3,12
K ₂ O	2,37	2,56	2,61	4,13	0,82
TiO ₂	0,59	0,76	0,78	0,34	1,8
P ₂ O ₅	0,23	0,4	0,4	0,06	0,32
MnO	0,04	0,04	0,04	0,06	0,17
Cr ₂ O ₃	0,003	0,001	0,001	0,001	0,045
A.K. (1000°C)	1,6	1,5	1,5	0,6	0,6
Toplam	99,97	99,98	99,98	99,99	99,8



Şekil 3. Örneklerin Le Bas vd., [9] (1986) toplam alkali -silikat diyagramındaki yeri

Laboratuvarda yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen ortalama ve standart sapma değeri ise Tablo 3 de verilmiş olup, A4 nolu örnekten düşük dayanım, yüksek aşınma ve porozite ile su emme değerleri elde edilmiştir. Aynı örneklerin standartlarda belirtilen kullanım limitleriyle karşılaştırılması ise Tablo 4'te görülmektedir. İncelenen örnekler arasında ancak A5 örneği belirtilen özelliklerden büyük bir kısmını karşılamakta, diğer örnekler ise kullanım limitlerinin birçok özelliğini karşılamamaktadır.

Tablo 3. İncelenen Örneklerin Fiziko-mekanik Özellikleri (Değerler Ort±SS)''

FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLER	DENEY SAYISI	A1	A2	A3	A4	A5
Kuru Birim Ağırlık (kN/m ³)	5	22.11±0.13	20.49±0.06	20.36±0.12	15.40±0.09	26.67±0.25
Doygun Birim Ağırlık (kN/m ³)	5	22.95±0.15	21.43±0.05	21.34±0.11	18.06±0.09	27.01±0.23
Su Emme (%)	5	3.80±0.23	4.61±0.10	4.80±0.17	17.28±0.11	1.30±0.11
Kapiler Su Emme (K*10 ⁻⁵ cm ² /s)	3	0.08±0.045	0.07±0.03	0.06±0.03	3.03±0.68	0.0005±0.00001
Kaynar Suda Su Emme (%)	5	4.14±0.29	5.08±0.12	5.28±0.23	19.34±0.56	2.44±0.20
Görünür Porozite (%)	5	8.56±0.49	9.63±0.18	9.96±0.32	27.12±0.03	3.52±0.27
P-dalga Hızı (m/s)	5	3413±146	3680±21.95	3606.11±55.94	2472±114	3912 ±116
Schmidt Sertliği	20	44±1.34	33±1.14	36.6±2.61	27.2±0.84	48±1.0
Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi (%)	4 çevrim	-	-	-	98.36±0.01	-
Böhme Aşındırma (50cm/cm ²)	3	8.0±0.25	9.17±0.28	10.5±0.50	34.67±0.77	5.0±0.50
Donma Kaybı (%)	3	0.08±0.02	0.09±0.03	0.10±0.01	0.17±0.001	0.03±0.001
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	3	350±28	361±20	488±42	176±10	635±49

Tablo 4. Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Andezitlerin Standartlarda Belirtilen Kullanım Limitleriyle Karşılaştırılması

ÖZELLİK	TS 10835 [10] (Limit Değeri)	A1	A2	A3	A4	A5
Kuru birim ağırlık (kN/m ³)	>25.50	22.11	20.49	20.36	15.40	26.67
Ağırlıkça su emme (%)	<0.7	3.80	4.61	4.80	17.28	1.30
Böhme yüzeysel aşınma kaybı (cm ³ /50cm ²)	Döşeme <17 Kaplama <28	8.0	9.17	10.50	34.67	5.0
Don kaybı (%)	<1	0.08	0.09	0.10	0.17	0.03
Tek eksenli basınç dayanımı (kg/cm ²)	Döşeme >1000 Kaplama >600	350	361	488	176	635

Ülkemizde kullanılan birçok örneğin karşılaştırıldığı çalışmalarda da benzer durumlar söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle kullanım alanına yönelik seçici olunmalıdır. Örneğin Akıllı [11], Çankırı pembe andezitleri üzerinde yaptığı çalışmalar sonucunda elde ettiği teknolojik ve mühendislik özellikleri, TS 10835'te öngörülen değerlerle karşılaştırmıştır. Özgül kütle, sürtünme ile aşınma kaybı, açık hava tesirlerine dayanıklılığı, eğilme mukavemeti ve darbe mukavemeti yönünden TS değerlerinin üzerinde olduğunu, buna karşılık su emme oranı, hacim kütlesi, görünen porozite, basınç mukavemeti, sodyum sülfat don kaybı gibi özelliklerinde TS'de öngörülen değerlere uygunluk göstermediğini belirtmiştir. Yine Şimşek [12], Çankırı yöresi pembe andezitinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak yaptığı çalışmada basınç dayanımı, eğilme dayanımı, su emme, aşınma kaybı, poisson oranı, rezonans frekansı dinamik modülü, dinamik modülü, young modülü, kayma modülü gibi parametreleri belirlemiştir. Elde edilen sonuçlara göre bu andezitlerin, aşınma, eğilme ve basınç

dayanımının önemli olduğu yerlerde ve donma- çözülmenin etkili olduğu bölgelerde kullanılmaması yönünde önerilerde buluş olup, bu taşın, dekoratif amaçlı yerlerde kaplama malzemesi olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Örnekler üzerinde yapılan petrografik jeokimyasal analizler sonucunda, A1, A2 ve A3 örnekleri daha çok andezit özelliklerinde, A4 ignimbritik özellikler göstermekte ve A5 örnek ise bazalt özelliklerindedir.

İncelenen örneklerin su emme özellikleri açısından bakıldığında, ortalama en yüksek su emme değeri A4 örneğinden, en düşük su emme değerleri ise A5 örneklerinden elde edilmiştir. İncelenen kayalar içerisinde özellikle A4 örneği farklı renk ve dokusal özellikleri ile boşluklu bir yapı sunmaktadır. Örneklerin porozite değerlerinin yüksek olması kayanın kendine has özelliğinden kaynaklanmaktadır. Yüzeysel aşınma kayıpları açısından A4 nolu ignimbritik özellikler sunan örneklerden oldukça yüksek aşınma kayıpları elde edilmiştir. İncelenen örnekler arasında sadece A5 nolu örnekten standartlarda belirtilen limitlerden daha düşük yüzeysel aşınma kayıpları elde edilmiştir. İncelenen andezitlerden ortalama en yüksek donma-çözünme değeri A4 örneğinde, en düşük don kaybı ise A5 örneğinden elde edilmiştir. İncelenen örnekler don kaybı açısından standartlarda belirtilen kullanım limitlerine her ne kadar uygun olsa da A4 örneğinin kullanım yeri açısından özellikle ıslak alanda ve dış mekanda yer döşemesi olarak kullanımına dikkat edilmesi gerekmektedir. Çalışmadan anlaşılabileceği üzere, kayaların jeomekanik özellikleri çok iyi bilinmeli ve buna uygun kullanım alanları belirlenmelidir. A4 kayacının suyla temasının olmadığı bölgelerde kullanılması sonucunda bozunma oldukça az miktarda olmasına karşın, yağmur suyu, bahçe sulama sularının temasının yoğun olduğu kesimlerde çirkeklemler, yüzeysel kayıplar ve renk değişimleri gözlenmiştir.

Kayacın kullanım ömrünü arttırmak için uygun malzemenin yanı sıra yer seçiminin önemi bir kez daha vurgulanmıştır. Kampüs alanında porozitesi en düşük olan A5 kayacının suyla temasının olduğu alanlarda, A4 kayacının ise suyla temasının olmayacağı yerlerde kullanılması söz konusu olsa idi bugün bu bozunmaların bu kadar yüksek oranda görmeyecektik. A1, A2 ve A3 kayaları A4 kayacı kadar düşük jeomekanik özellikler sunmasa da yine de zayıf kesimlerden kesilen plakaların yer döşemelerinde suyla temas konusunda dikkat edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] DAL, M., ÖCAL, A., “Doğal Taşlardaki Bozunmalar”, Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi Bogata/Kırklareli, 2012.
- [2] KÜÇÜKKAYA, G., “Taşların Bozulma Nedenleri Koruma Yöntemleri”, Birsan Yayınevi, 2. Basım, İstanbul, 2004.
- [3] TORRACA, G., “Porous Building Materials”, ICCROM, Rome, 1982.
- [4] AKYÜREK, B., DURU, M., SÜTÇÜ, Y. F., PAPAK, İ., ŞAROĞLU, F., PEHLİVAN, N., GÖNENÇ, GRANİT, S., YAŞAR, T., “Ankara ilinin çevre jeolojisi ve doğal kaynaklar projesi”, MTA Rapor No. 9961 (Yayımlanmamış), Ankara, 43 s., 1996.
- [5] PASQUARE, G., “Geology of Cenozoic volcanic area of Central Anatolia”, Memorie: Roma, Academia Nazionale Dei Lincei, 55-204., 1968.
- [6] TEMEL, A., GÜNDOĞDU, M.N., GOURGAUD, A., LE PENNEC, J.L., “Ignimbrites of Cappadocia (Central Anatolia, Turkey): petrology and geochemistry”. J. Volcanol. Geotherm. Res. 85, 447–471., 1998.
- [7] ŞEN, E., KÜRKÇÜOĞLU, B., AYDAR, E., GOURGAUD, A., VINCENT, P.M., “Volcanological evolution of Mount Erciyes stratovolcano and origin of the Valibaba Tepe ignimbrite (Central Anatolia, Turkey)”, J. Vol. Geotherm. Res., vol.125, p.225-246., 2003.
- [8] TÜRKECAN, A., ACARLAR, M., DÖNMEZ, M., HEPŞEN, N., BİLGİN, R., “Kayseri (Bünyan, Develi, Tomarza) Yöresinin Jeolojisi ve Volkanik Kayaların Petrolojisi”, MTA Jeoloji Etüdları Dairesi, Ankara, Rapor No 10186, 1998.
- [9] LE BAS, M.J., LE MAITRE, R.W., STRECKEISEN, A., ZANETTIN, B. 1986. “A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali – Silica Diagram”, Journal of Petrology, 27, 745-750.
- [10] TS 10835 “Andezit-Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan”, Türk Standartları Enstitüsü Yayını, TSE 10835, Ankara, 1993.

-
- [11] AKILLI, B., “Çankırı-Korgun mevki pembe andezitinin kaplama taşı ve bordür taşı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2001.
- [12] ŞİMŞEK, O., “Çankırı Yöresi Pembe Andezit Taşların Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması”, G.Ü Fen Bilimleri Dergisi, Ankara, 2003.

GERİ KAZANILMIŞ AGREGA ELDE EDİLEN ATIK BETONLARDA KARBONATLAŞMA DERİNLİĞİ

Gökhan KÜLEKÇİ^{1*}, Mustafa ÇULLU², Ali Osman YILMAZ³

1 Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane / TÜRKİYE

2 Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane / TÜRKİYE

3 Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon / TÜRKİYE

ÖZ

Ülkemizde ve dünya üzerinde hızla gelişen inşaat sektörü ve beton kullanımı doğal agregaya talebini artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte deprem ve kentsel dönüşüm sonucu yıkılan bina molozlarının depolanmasında ve saklanmasıyla oluşan sıkıntılar nedeni ile devletlerin yıkıntı atıklarını yeniden kullanımı ile ilgili tedbirler almaya zorlanmaktadır. İnşaat atıkları birçok ülkelerde başta geri kazanılmış agregaya (GKA), yol kaplamaları, zemin iyileştirmeleri gibi çeşitli mühendislik yapılarında kullanılmaktadır. Betonlar hava ile etkileşim içerisinde oldukları süre boyunca yüzeylerinde karbondioksit ile tepkime olur ve betonun dış yüzeyini sert bir tabaka kaplar bu tabaka oluşumuna karbonatlaşma denir. İnşaat molozlarından alınan betonlarda karbonatlaşma derinliği agreganın fiziksel özelliklerini ve dolayısı ile betonun özelliklerini belirlemesi açısından önemlidir. GKA olarak kullanılacak betonların fiziksel yapılarının ve hangi şartlara maruz kaldığının belirlenmesi açısından bu çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada farklı bölgelerden alınan beton numuneleri üzerinde karbonatlaşma deneyleri yapılarak karbonatlaşma derinlikleri ölçülmüştür. Sonuç olarak hava kirliliğine bağlı olarak şehirlerde karbonatlaşma derinliğinin yüksek olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Atık beton, Doğal agregaya, Geri kazanılmış agregaya, Karbonatlaşma, Taş ocakları

CARBONATIZATION DEPTH IN WASTE CONCRETE RECEIVED BY RECYCLED AGGREGATE

ABSTRACT

The rapidly developing construction sector and the use of concrete in our country and around the world have caused the demand for natural aggregate to increase. However, the earthquake and the urban transformation are forced to take measures for the reuse of the wasted wastes of the states with the consequences of the storage and storage of the demolished building rubble. Depending on the content of the material obtained from many local government construction wastes, the usage areas are determined accordingly. Construction wastes are used in various countries for various engineering constructions such as recycled aggregate (RA), road coverings, floor improvements. Concretes react with carbon dioxide on their surfaces during the time they interact with air, and the outer surface of the concrete is covered with a hard layer, which is called carbonation. In concretes from construction debris, carbonation depth is important in determining the physical properties of the aggregate and consequently the properties of the concrete. This study was carried out in order to determine the physical constructions of the concrete to be used as RA and the conditions under which it was exposed. Carbonation experiments were carried out on concrete specimens taken from different cities in the study to determine the depth of carbonation. As a result, it was determined that the depth of carbonation is high in air pollution is intense.

Keywords: Building waste, Recovered aggregate, Natural aggregate, Carbonation, Quarry

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.:0 (536) 698 5152 ; e-mail / e-posta: gokhankulekci@hotmail.com

1. GİRİŞ

Çevresel ve ekonomik olarak depolanmasının zor olduğu inşaat molozlarından elde edilen agregaların dünya üzerinde kullanım alanı oldukça geniştir. İnşaat atıklarından elde edilen atıklar belli bir işleme tabi tutulduktan sonra 3 farklı agrega sınıfına dahil edilerek geri kazanılmış agrega (GKA) olarak kullanılabilir [1,2]. GKA doğal agregaya göre ucuz olması, inşaat molozlarının taşıma nakliye depolama vergi ve ücretlerinin artması gibi sebeplerden ötürü GKA ya olan ilgi artmaktadır [3,4,5,6]. Geri kazanılmış agreganın kullanılmasının diğer bir gerekçesi ise betonda kullanılan doğal agrega ihtiyacının ve maliyetinin hızlı bir şekilde artmasıdır. Artan ham madde talebini karşılayabilecek boyutta olan GKA, belli bir boyuta getirilerek betonda kullanılabilir [7].

Dünya üzerinde özellikle deprem riskinin fazla olduğu ve ham madde kaynaklarının yetersiz olduğu Doğu Asya ve gelişme seviyesi yüksek olan ülkelerde GKA kullanımı ve bu konuda araştırmalar çok fazladır. 2004 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık olarak 2,7 milyar ton agrega tüketilmiştir, bu tüketilen agreganın sadece %14'ü geri dönüşüm merkezlerinde üretilen GKA'dır, geri kalanı doğal agrega ocaklarından temin edilmiştir. ABD'de geri kazanılmış agreganın kullanımının artırılmasına yönelik verilen birçok teşvik ve destek olmasına rağmen inşaat molozlarının büyük bir oranı dolgu malzemesi ve yapı temeli olarak kullanılmaktadır [6]. (Şekil 1)

Japonya'da ise inşaat atıklarının geri kazanılmış agrega olarak kullanılması ve bu konuya teşvik edilmesi yarım yüzyıla yakın bir süredir yapılmaktadır. 1991'de çıkarılan geri dönüşüm yasası ve yapı bakanlığı kapsamında kurdukları teşvik, destek komisyonları, yayınladıkları Geri Dönüşüm 21 (Recycling 21) gibi programlar yayınlayarak GKA kullanımını artırmaları hedeflenmiştir. Bu uygulamalar ve destekler sayesinde 1990'da %48 olan geri kazanım oranı 2000 yılında %96'ları bulmuştur [8].



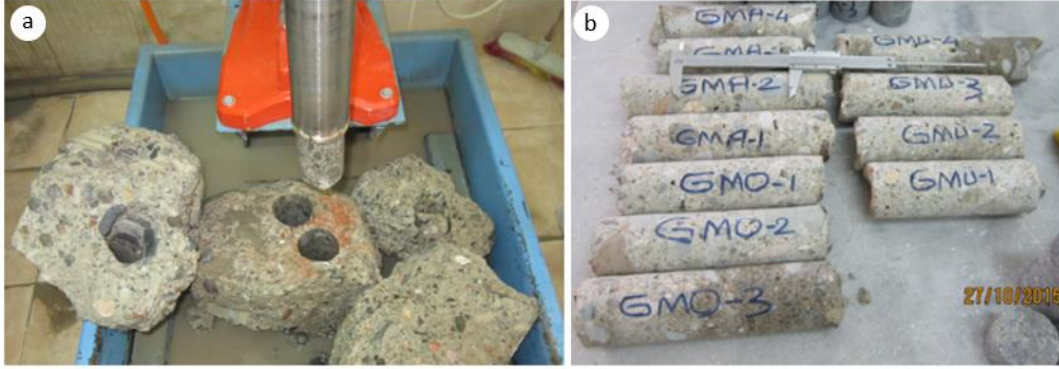
Şekil 1. Atık betonların oluşturduğu çevresel kirlilik ve depolama sorunu

2. MATERYAL VE METOT

Atık sahasından alınan kütle betonlardan karot numuneler alınmış ve bunlar üzerinde Phenolphthalein kullanılarak karbonatlaşma derinliği tayini yapılmıştır.

2.1. Örnek Hazırlanması

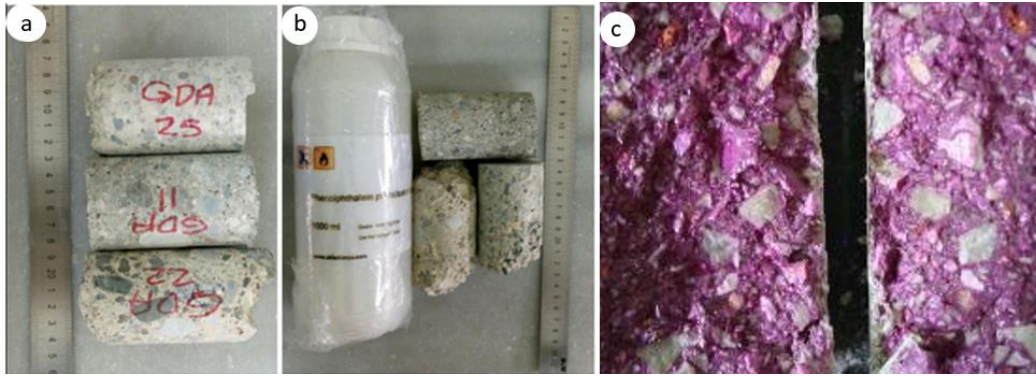
Çalışma kapsamın da farklı noktalardan inşaat molozu alınmıştır. İnşaat molozları içerisinde özenle seçilen yaklaşık 60x60x40 cm ebatlarında düzensiz beton kütleleri laboratuvara getirilmiştir. Sahadan alınan beton blok numuneler TS EN 12504-1'e uygun şekilde boy çap oranı 1/2 olacak şekilde 20 tane 10x20 cm boyutlarında karot alınmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. a) Blok beton kütlelerinden karot alınması ve b) Karot boy çap oranının ayarlanması

2.2. Karbonatlaşma Derinliğinin Tayini

Bina molozlarından alınan karot numuneleri yarma yöntemiyle 2'ye bölünmüş ve üzerlerine Phenolphthalein indikatörü püskürtülmüştür, açık haça ile temas eden karot başlarında karbonatlaşma görülmüştür. Karbonatlaşan kısımlardan en az 10 adet ölçüm alınmış ve ortalama karbonatlaşma derinliği belirlenmiştir. Karbonatlaşma derinliği ölçülen beton örnek Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. a) İnşaat moloz karotlarının ve b) phenolphthalein hazırlanması, c) karbonatlaşma derinliğinin belirlenmesi

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

İnşaat atıklarından alınan 20 numune üzerinde yapılan karbonatlaşma derinliği deneyinde, beton numunelerinin kırılma yüzeylerine fenolphtalein çözeltisi püskürtülerek ölçülmüştür. Serbest Ca(OH)_2 pembe renk göstermiş, karbonatlaşmış kısımlar ise renk değişimine uğramamıştır. Renk değişimine uğramayan kısımlar cetvel yardımı ile ölçülerek karbonatlaşma derinliği bulunmuştur (Tablo 1).

Ölçümler sonucunda ortalama karbonatlaşma derinliği 9.02 mm olarak bulunmuştur. Daha önce GKA'nın karbonatlaşması ile ilgili yapılan çalışmalarda çelişkili sonuçlar vardır.

4. SONUÇLAR

GKA üretimi için alınan blok örneklerin üzerinde yapılan karbonatlaşma derinliği ölçümleri sonucunda ortalama karbonatlaşma derinliği bulunmuştur, bu derinlik daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır. Literatürde B.C.S.J., 1978’ de yapılan çalışmada GKA ile üretilen betonlarda GKA oranı arttıkça karbonatlaşmanın artacağı ve referans betona göre daha çok olacağı saptanmıştır. Bu nedenle donatılı betonlarda donatıya zarar vereceği vurgulanmıştır [9]. Buna karşın Levy ve Helene, (2004)’ de yapmış oldukları çalışmada GKA ile üretilen betonlarda karbonatlaşma derinliğinin, referans betonlara göre daha az olacağını savunmuşlardır.

Tablo 1. Karbonatlaşma derinliği

Numune No	Karbonatlaşma Derinliği, mm	Numune No	Karbonatlaşma Derinliği, mm
1	9,2	11	8,4
2	7,4	12	9
3	9,6	13	6,5
4	5,2	14	9,4
5	4,8	15	9,4
6	12,3	16	10,9
7	10,9	17	13,5
8	5,6	18	9,1
9	7,8	19	9,7
10	10,5	20	11,2

Betonların yüzey sertlikleri etkileyen en önemli unsurlardan birisi karbonatlaşmadır. Betonun servis ömrü boyunca maruz kaldığı CO₂ miktarına bağlı olarak karbonatlaşma miktarı artmaktadır. Beton örneklerde meydana gelen karbonatlaşma, yüzey sertliğinde artışa neden olmuştur. Buda, yüzey sertliğinden tahmin edilen basınç dayanımlarının da beklenen değerlerin üzerinde olmasına neden olmaktadır. Budan dolayı, geri kazanılmış agregası olarak kullanılacak betonların, sadece yüzey sertliği ile basınç dayanımlarının belirlenmesi hatalı sonuçlara neden olacaktır. Dayanım belirlenmesinin yanlış sonuçlanmaması ve gerek agregası üretiminde ekipman seçimi gerekse agreganın kullanım alanının seçimi için özellikle hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde karbonatlaşma derinliği tayini önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] Poon, C.S., 2007. Management of Construction and Demolition Waste, Waste Management, 27, 159-160.
- [2] Rakshvir, M. ve Barai, S.V., 2006. Studies on Recycled Aggregates-Based Concrete, Waste Manage Res., 24, 225-233.
- [3] Rao, A., 2005. Experimental Investigation on Use of Recycled Aggregates in Mortar and Concrete, Thesis Submitted to the Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur.
- [4] Lennon, M., 2005. Recycling Construction and Demolition Wastes A Guide for Architects and Contractors, The Institution Recycling Network.
- [5] Samton, G., 2003. Construction and Demolition Waste Manual, City of New York.
- [6] Külekçi, G., 2018. Karadeniz Bölgesi’ndeki İnşaat Yıkıntı Atıklarının Agregası Yerine Kullanılabilirliğinin ve Madencilikte Kullanım Alanlarının Araştırılması, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- [7] Khalaf, F.M., ve Devenny, A.S., 2004. Recycling of demolished masonry rubble as coarse aggregate in concrete: review, *ASCE Journal of Material In Civil Engineering*, 16:331-340.
- [8] Kawano, H., 2003. The state of using by-products in concrete in Japan and outline of JIS/TR on recycled concrete using recycled aggregate, Proceedings of The 1st The International Federation For Structural Concrete Congress On Recycling, 10, 245-253.
- [9] B.C.S.J., 1978. Study on Recycled Aggregate and Recycled Aggregate Concrete. Building Contractors Society of Japan. Committee on Disposal and Reuse of Concrete Construction Waste. Summary in Concrete Journal, Japan, 16, 7, 18-31.

KALKER VE BAZALT TÜRÜ KAYAÇLARIN YOL ALTYAPI DOLGUSU OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ, TRABZON ÇATAK ÖRNEĞİ

Şener ALİYAZICIOĞLU*, Gökhan KÜLEKÇİ

Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane

ÖZ

Karayollarının sağlam ve dayanıklı olması hem ekonomik olarak hem de güvenlik olarak oldukça önemlidir. Karayollarının yol sağlamlığının ve kalıcılığının en önemli etmenlerinden biri kaplama yapılmadan önceki dolgu kısmıdır. Bu dolgu kısmında kullanılacak agreganın standartlara uygun olması, kullanılacak olan yolun niteliğini, sağlamlığını ve kullanım ömrünü artıracaktır.

Bu çalışmada Trabzon-Gümüşhane çevre yolu yapımında kullanılan bazalt ve kalker türü kayaçlar kullanılmıştır. Kullanılan kayaçların bazı fiziksel ve mekanik deneyleri yapılmış ve bunlar yorumlanmıştır. Yapılan deneylerden alınan sonuçlar Karayolları Genel Müdürlüğü'nün teknik şartnamesi ile karşılaştırılarak yol dolgusunda kullanılabilirlikleri incelenerek, arazide mevcut kayaç türlerinin yol dolgusunda kullanılabilirliği belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yol dolgusu, agrega, kalker, bazalt, agrega deneyleri

INVESTIGATION OF USABILITY OF LIMESTONE AND BASALT TYPE ROCKS AS ROAD INFRASTRUCTURE FILLING, TRABZON ÇATAK CASE

ABSTRACT

The strength and durability of highways are very important both in economically and security way. One of the most important factors of road stability and durability of highways is the filling part before coating. The compliance with standards of the aggregate to be used in this filling section will increase the quality, stability and service life of the highway to be used.

In this study, basalt and limestone type rocks, which are used in Trabzon-Gümüşhane highway, are analysed. Some physical and mechanical experiments of these rocks were implemented and interpreted. The results obtained from the experiments are compared with the technical specifications of General Directorate of highways, and limestone and basalt rocks are compared with their specifications as their suitability for use.

Keywords: Road fill, aggregate, limestone, basalt, aggregate experiments

1. GİRİŞ

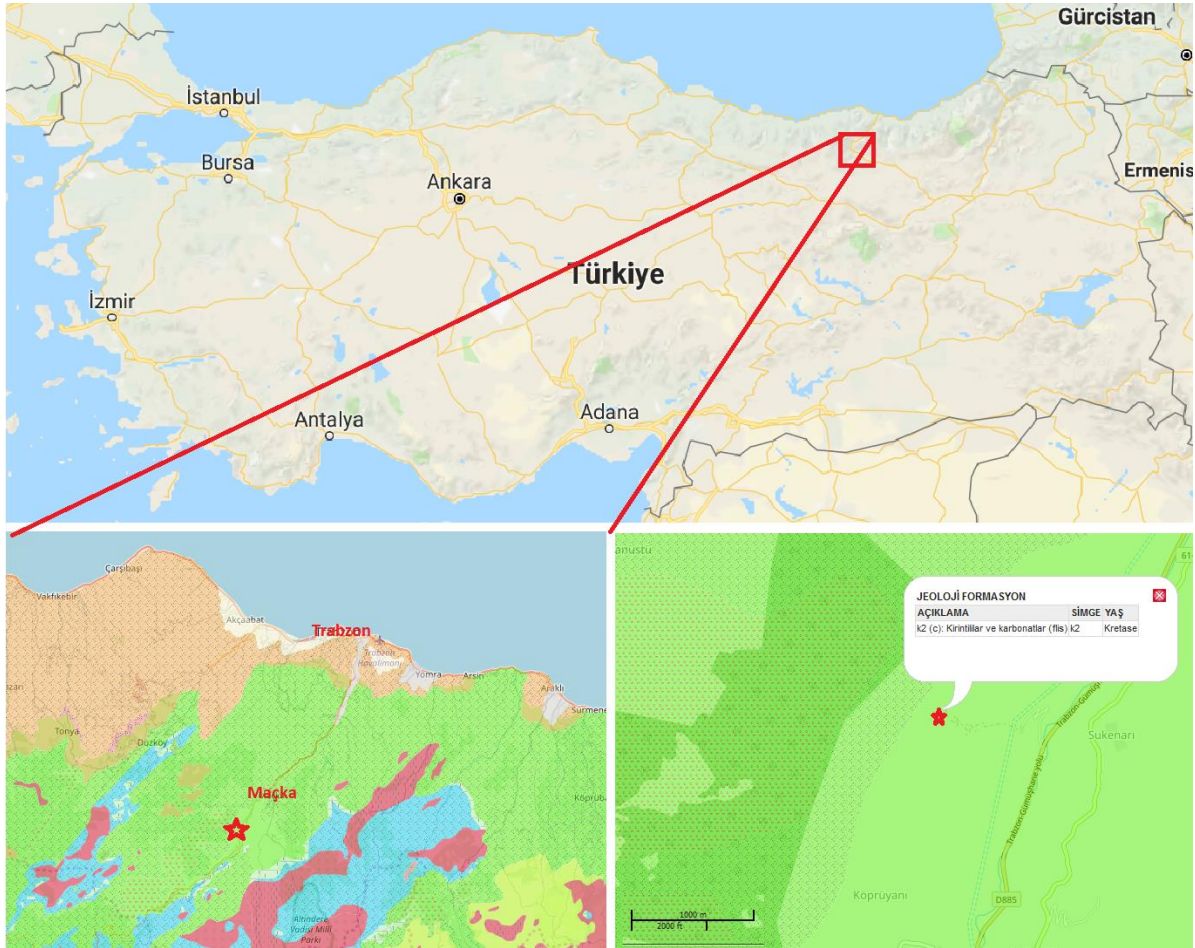
Ülkelerin kalkınma ve gelişmişliği ile karayollarının kalitesi birbirine benzer oranlarda artmaktadır. Karayollarının dayanıklı olması hem ekonomik hem de güvenlik açısından oldukça önemlidir. Karayolları dolgu çalışmalarında ihtiyaç duyulan kaliteli ve doğal agrega erişimi gittikçe zorlaşmaktadır. Bunun sebebi olarak, yönetmelik ve düzenlemelerin sonucunda, taş ocaklarının açılması ve işletilmesi konusunda izinlerin zorlaştırılması ile denetimler ve tedbirlerin artırılması gösterilebilir. Yerleşim yerlerine yakın ocaklara izinlerin zorlaştırılması, yakın mesafelerdeki kaliteli agregaların hızla tüketilmesi ile daha uzak bölgelerdeki agrega ocaklarına eğilimler artmaktadır. Uzak bölgelerdeki agrega ocaklarına ulaşımın ve maliyetin yanında, kaliteli ve dolguya uygun malzemenin temini de oldukça önemlidir.

Doğal agregaların yol malzemesi olarak kullanılabilirliği ile ilgili birçok çalışma mevcuttur [1-6]. Doğal agregaları oluşturan kayaçlar magmatik, metamorfik ve sedimanter olarak ayrılmaktadır. Kırmataş olarak kullanılan bu kayaçların sınıflaması Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Doğal kırmataş hammaddelerinin sınıflandırması [7, 8]

Grup	Genel Sınıflama	Kayaç	Yoğunluk	Grup	Genel Sınıflama	Kayaç	Yoğunluk
MAGMATİK	PLÜTONİK	Granit	2,60	SEDİMANTER	KİMYASAL (Karbonatlı)	Dolomit	2,70
		Siyenit	2,70			Kireçtaşı	2,60
		Diyorit	2,80		KIRINTILI (Silisli)	Konglomera kumtaşı, kuvarsit, arkoz, kıltaşı, şeyl, arjilit, çört, grovak	2,60
		Gabro	2,90				
		Peridotit	2,90				
	VOLKANİK	Diyorit	2,60				
		Trakit	2,60				
		Andezit	2,60				
		Bazalt	2,80				
		Diyabaz	2,90				

Bu çalışma, Trabzon ili Maçka ilçesinde yer alan Çatak mevkiinde mevcut kalker-bazalt taş ocağında yapılmıştır (Şekil 1). Ocak jeolojisi tipik Çatak Formasyonu'nu yansıtmaktadır. Saha Çatak Formasyonuna ait kumlu kireçtaşlarının (kalker) hakim litolojisini oluşturmakta ve bu kayaçların arasında katkılar halinde yer yer bazalt-andezit ve piroklastikleri içermektedir (Şekil 2).



Şekil 1. Yer bulduru haritası



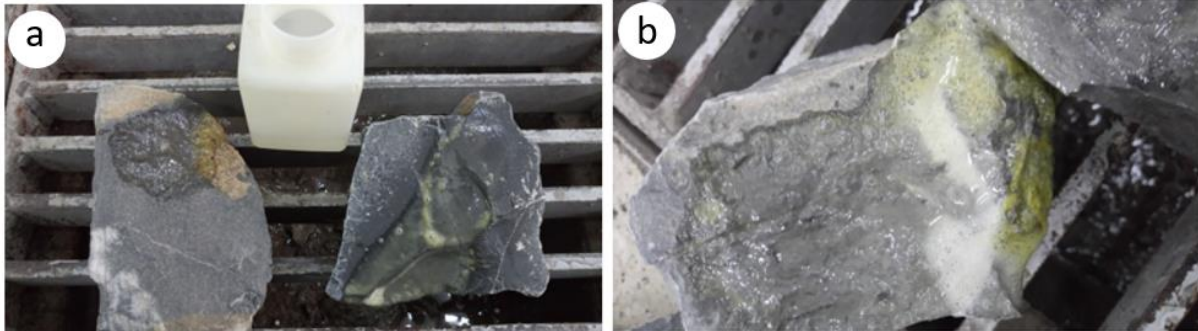
Şekil 2. Ocak formasyonuna ait bir görüntü

Ocak sahasında fazla yayılımı olmayan yabancı parça şeklinde bir bazalt – andezit ve piroklastikleri mevcuttur. Ocaktaki kumlu kireçtaşları (kalker) genellikle silttaşı, marn, şeyl tabaka veya seviyelerinin ardalanmasından oluşmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada kullanılan kayaçlar Trabzon Maçka- Çatak bölgesinde işletilen agrega ocağından elde edilmiştir. Yol temel ve alt temel malzemesi olarak kullanılabilirliğinin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kayaçların yoğunluğu, schmidt sertlik değeri, tek eksenli basma dayanımı deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler TSE ve ASTM standartlarına göre yapılmış ve alınan sonuçlar Türkiye karayolları teknik şartnamesine göre yorumlanmıştır.

Deneylerde kullanılan malzemenin karakteristik özelliklerini belirlemek için asit kullanılmıştır. Kalsiyum karbonat kökenli olan kireçtaşı soğuk asitle (HCl) tepkime verirken, volkanik kökenli olan bazalt tepkime vermemiştir (Şekil 3).



Şekil 3. a) Asit ile tepkime veren Kalker, az köpüren bazalt

Yol altyapı çalışmalarında, dolguya ait özgül ağırlık değeri sıklıkla kullanılmaktadır. Ocaktan temin edilen bazalt türü kayaçlar için yoğunluk değeri 2.78 gr/cm^3 , kalker türü kayaçlar için ise 2.29 gr/cm^3 olarak bulunmuştur.

Schmidt sertlik değeri hesaplamaları ISRM (1978) standartlarına uygun olarak ölçülmüş ve kaya sertlik sınıflaması yapılmıştır [8]. Ayrıca, araziden alınan numunelerden karotlar alınarak tek eksenli basma dayanımı deneyine tabi tutulmuş ve kaya sınıfı belirlenmiştir (Tablo 2b) (Şekil 4).

Yapılan 20 Schmidt çekici geri tepme ölçümleri sonucunda ortalama kalker için 44, Bazalt için 57 olarak bulunmuştur (Tablo 2a).

Tablo 2. a) Schmidt çekici geri tepme değerine göre ve b) tek eksenli basınç dayanımına göre kaya sertlik sınıflandırması [9,10]

Schmidt Sertlik Değeri	Sınıflandırması	Tek Eksenli Basma Değeri	Kaya Sınıfı
0 – 10	Yumuşak	1 – 25	Çok düşük dayanımlı
10 – 20	Az yumuşak	25 – 50	Düşük dayanımlı
20 – 40	Az sert	50 – 100	Orta dayanımlı
40 – 50	Sert	100 – 200	Yüksek dayanımlı
50 – 60	Oldukça sert	>200	Çok yüksek dayanımlı
<60	Çok sert		

 Bazalt Kalker

Sahadan alınan bloklar üzerinde yapılan tek eksenli sonucunda bazalt tabakasının ortalama dayanımını 62,3 MPa bulunurken kalker tabakasının ortalama dayanımı 32,6 MPa olarak bulunmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. Tek eksenli basınç dayanım sonuçları

Kayaç türü	Bazalt	Kalker	
Numune No		Numune No	
1	40.61	8	34.65
2	62.01	9	13.68
3	52.81	10	38.26
4	90.17	11	70.63
5	67.06	12	49.57
6	61.02	13	32.56
Ortalama	62.28	Ortalama	39.89



Şekil 4. Schmidt çekici geri tepme değeri ölçümü b) tek eksenli basınç dayanım deneyi

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında arazide yerinde ve araziden alınan numunelerden yapılan deneylere göre bazalt türü kayaçlar için yoğunluk değeri 2.78 gr/cm^3 , kalker türü kayaçlar için ise 2.29 gr/cm^3 olarak bulunmuştur. Schmidt sertlik değerlerine göre kalker türü kayaçlar “sert” sınıfına girerken, bazalt türü kayaçların “oldukça sert” sınıfına girdiği görülmüştür. Yapılan tek eksenli basma dayanım deney sonuçlarına göre bazalt türü kayaçlarda minimum değer 40 MPa iken, maksimum değer 90 MPa olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, kalker türü kayaçlarda tek eksenli basma dayanımı minimum değeri 13 MPa iken, maksimum değer 70 MPa olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre tek eksenli basma dayanımına göre kaya sınıfı bazalt türü kayaçlarda orta dayanımlı iken, kalker türü kayaçlarda düşük dayanımlı olarak çıkmıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında;

- Kalker ve bazalt türü kayaçlar kullanılarak karayolları alttemel dolgusu olarak kullanılabilirliği irdelenmiştir.
- Yapılan deneylerde, yoğunluk değerleri standartlara uygun olduğu,
- Tek eksenli basma dayanım değeri kalker düşük dayanımlı kaya sınıfına girdiği için karayolları teknik şartnamesine uygun olmadığı, bazalt ise orta dayanımlı kaya sınıfına girdiği için şartnameye uygun olarak yol dolgusunda kullanılabileceği,
- Schmidt sertlik değeri ile arazide ölçüm sonucunda, kayaçların oldukça sert sınıfında olduğu görülüp, dolguya uygun olduğu,
- Bu çalışma sonucunda, yol dolgu malzemesi olarak kalker ve bazaltın kullanılabilmesi için teknik şartnamede yer alan diğer mekanik deneylerin yapılması, Önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışma kapsamında arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Jeoloji Yüksek Mühendisi Dr. Lütfi Altınkaynak’a teşekkürlerini sunarlar.

KAYNAKLAR

- [1] KIRCA, S., “Sütçüler-Menteşe Çakıl Agregasının Beton İmalinde Kullanılmasının Araştırılması”, YL Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2001.
- [2] AKPINAR, Ş., GONAK, G., PAMUKÇU, Ç., “Değişik Kökenli Agregaların Beton Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi” 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 374-382, İzmir, 2004.
- [3] KILIÇ, A., KESKİN, M., “Doğu Karadeniz yöresi Taş Ocakları Malzemelerinin Kırmataş Olarak Değerlendirme Olanakları”, III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 301-306, İstanbul, 2003.
- [4] KARACAN, D. S., “Zonguldak-Sapça Taş Ocağı Agregalarının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri”, YL Tezi, Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 2006.
- [5] AKBULUT, H., ÇETİN, S., GÜRER, C., “Andezit Agregasının Sıcak Karışım Asfalt Kaplamalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 2009.
- [6] YAĞIZ, S., “geomechanical Properties of Construction Stones Quarried in southwestern Turkey”, Scientific Research and Essays, 5, 750-757, 2010.
- [7] ESENİ, V., “Kırmataş Hammaddeleri ve Standartları” I. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul, 1996.
- [8] KÜLEKÇİ, G., YILMAZ, A. O., “Trabzon (Düzköy) Bölgesindeki Volkanitlerin yol Dolgusu Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi”, 8. Uluslararası Kırmataş Sempozyumu, 400-405, Kütahya, Türkiye, 2016.
- [9] ISRM, “SUGGESTED Methods for Determining Hardness and Abrasiveness of Rocks”, International Rock Mechanics and Mining Sciences, Geomech. Abstr., 15, 89-97, 1978.
- [10] DEERE, D. U., MILLER, R. P., “Engineering Classifications and Index Properties of Intack Rock”, Technical Report no: AFWL-TR, 65-116, University of Illinois, 1966.

İNŞAAT ATIKLARINDAN ELDE EDİLEN GERİ KAZANILMIŞ AGREGANIN MADENCİLİK YÖNTEMLERİNDE KULLANILMASI

Gökhan KÜLEKÇİ*¹, Ali Osman YILMAZ²

*1 Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane / TÜRKİYE
2 Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon / TÜRKİYE*

ÖZ

Kullanımı süresini dolduran yapıların yıkılması ve inşaat sektöründeki hızlı artışla birlikte inşaat atıklarının depolanmasında çevresel açıdan birçok zorlukla karşılaşilmektedir. Bu sorunların en aza indirilmesi amacı ile inşaat atıklarının yeraltı madenciliğinde dolgu amaçlı kullanılması mümkündür. Dolgu sistemi tercihi ve uygulamasının doğru yapıldığı durumlarda ekonomik olarak işletmeye katkı sağlayacaktır. Bu çalışma da inşaat atıklarının çevreye zarar vermeden yeraltı maden açıklıklarına doldurulması amaçlanmıştır. Bu amaçla geri kazanılmış agregaların karakterizasyonu yapılarak küp numuneler dökülmüş ve dayanımları incelenmiştir. Yapılan çalışmada madencilik işlemleri sonrasında oluşan boşlukların doldurulmasında doğal agrega yerine inşaat atıklarından elde edilen GKA kullanılabilirliği incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, özellikleri belirlenmiş inşaat atıkları ile dökülen küp numunelerin 28 günlük kür süresi sonunda dayanımlarının ortalama 3 MPa olduğu saptanmıştır. İnşaat atıklarından elde edilen geri kazanılmış agreganın yeraltı dolgularında doğal agrega yerine kullanılabileceği görülmüştür. Geri kazanılmış agregalar ile elde edilen betonların tek eksenli basınç dayanımlarının yeraltı dolgusu için yeterli olacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Atık yönetimi, Dolgu, Geri kazanılmış agrega, Maden işletme, Yeraltı madenciliği

USE OF RECYCLED AGGREGATE FROM CONSTRUCTION WASTES In MINING METHODS

ABSTRACT

There are many environmental challenges in the storage of construction wastes, along with the destruction of structures that have been in use and the rapid increase in the construction industry. In addition to this, the negative effects on the environment are reduced due to the removal of wastes from underground and ore preparation facilities from the earth. The filling system will contribute economically to the operation in the case of preference and application. The aim of this study is to backfill construction wastes into underground mine openings without damaging the environment. For this purpose, the recovered aggregates were characterized and the cube samples were poured and the compressive strengths were investigated. In the study conducted, the availability of recovered aggregate obtained from construction waste instead of natural aggregate was investigated in filling the gaps formed after mining operations. As a result of the study, it was determined that the cube specimens poured with specified construction waste had an average strength of 3 MPa at the end of 28 days curing time. It has been observed that the recovered aggregate from construction waste can be used as a natural aggregate in underground fillings. It is considered that the uniaxial compressive strength of the concrete obtained with the recovered aggregates will be sufficient for the underground filling.

Keywords: Waste management, Filling, Recovered aggregate, Method of mining, Underground mining

1. GİRİŞ

Madencilik işlemleri sonucunda yeraltında oluşan boşlukların, uygun bir malzeme kullanarak tahkimat sağlamak, topukların kazanımı ve/veya atıkları depolamak amacıyla yapılan doldurma işlemine dolgu denir. Yeraltı madenciliğinde yeraltında üretimin güvenli bir şekilde yapılabilmesi, yerüstünde oluşabilecek çökmeleri

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: 0 (536) 698 51 52 ; e-mail / e-posta: gokhankulekci@gmail.com

engelleme, işletme artıklarının kullanılması, istenilen üretim metodlarının uygulanması, çıkarılan değersiz kısımların ve cevher işlendikten sonra oluşan atığın güvenli depolanabilmesi için dolgu işlemi uygulanır [1,2,3,4].

Dolgu uygulaması, yeraltı madenciliğinde tahkimat amaçlı, yerüstü stabilitesinin sağlanması ve topuk kazanımı gibi duraylılık problemlerini engellemek ve madencilikte en fazla kullanılan işletme yöntemi olan kes- doldur yöntemini efektif kullanabilmek için sıklıkla tercih edilmektedir. Bunun yanında yeraltından ve cevher hazırlama tesisinden çıkan atıkların yeryüzünden uzaklaştırılması yönüyle çevreye verilen olumsuz etkiyi azalmaktadır [5]. Dolgu sistemi tercihi ve uygulamasının doğru yapıldığı durumlarda ekonomik olarak işletmeye katkı sağlayacaktır [6].

Gelişen Dünya şartlarında birçok mega kentte kentsel dönüşüm yapılması ve şehir planlarının yeniden oluşturulması zaruri hale gelmiştir. Yapılan ve yapılacak olan kentsel dönüşüm sonrasında oluşacak inşaat atıklarının depolanması ve yeni inşaatlar için gerekli olan agrega temini büyük çevresel problemler oluşturacaktır. Bu çevresel problemlerin ortadan kaldırılması ve oluşacak atıkların değerlendirilmesi adına çalışmalar yapılmaktadır. Kentsel dönüşüm sonucu oluşan inşaat molozlarının GKA olarak kullanılması bu yöntemlerin başında gelmektedir [7]. Bir metreküplük betonun üretim maliyeti içerisinde en büyük payı %40 ile çimento tutarken, ikinci sırada %20 ile iri agrega gelmektedir [8]. İnşaat ve yıkıntı atıklarından elde edilen beton atıkları, kırılıp parçalandıktan sonra en çok, iri ve ince agrega olarak kullanılabilir [8,9]. Geri kazanılmış agregalar (GKA) doğal agregalara göre çok daha ucuzdur [10,11]. Buna göre GKA'nın, yeniden kullanımı ile önemli ölçüde ekonomik kazanç sağlanabilecektir. Ayrıca beton atıklarının taşıma ücretleri, depolama alanı ücretleri ve çeşitli vergiler sebebi ile depolama alanlarına atılmaları, geri kazanımının maliyetine göre çok daha pahalı duruma gelmiştir. Ayrıca atıkların depolama alanlarına atılmasının maliyetleri gün geçtikçe artmaktadır.

Bu çalışma gerek yeraltı madenciliğinde kullanılan doğal agrega tüketimini azaltmak, gerekse de inşaat atıklarının depolama ve çevresel etkilerini azaltmaya yöneliktir. Bu amaca ulaşabilmek için madencilik işlemleri sonrasında oluşan boşlukların doldurulmasında doğal agrega yerine inşaat atıklarından elde edilen GKA kullanılabilirliği incelenmiştir.

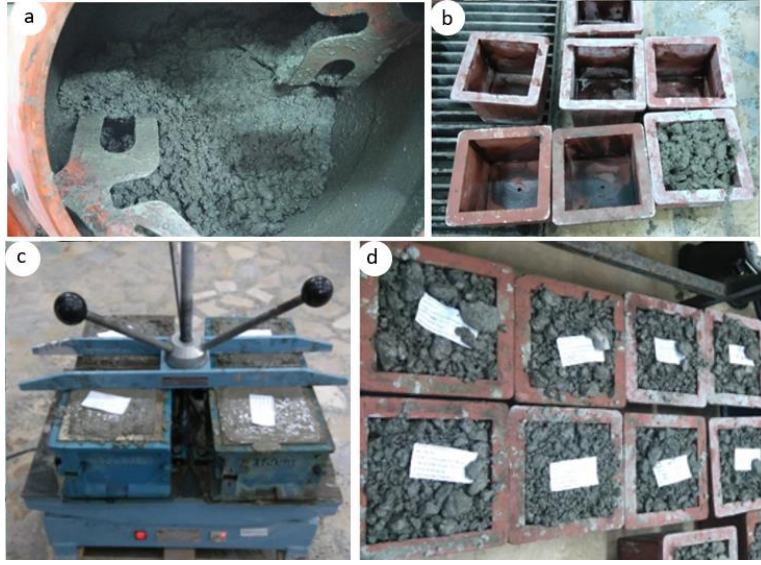
2. MATERYAL VE METOT

Yeraltı dolgu deneyleri, yeraltı madenciliğinde yeraltında açılan açıklıkların doldurulması amacı ile kullanılan kütle betonda, doğal agrega yerine geri kazanılmış agregaların kullanılabilirliğinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çimento ve çökme oranı sabit tutularak doğal agrega yerine yüzde 0, 25 oranlarında geri kazanılmış agrega kullanılarak karışımlar hazırlanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Geri kazanılmış agregada dolgu betonda kullanımına yönelik deneysel tasarım

Toplam numune sayısı adet	90
Numune Boyutları (cm)	15x15x15
Slamp değeri, (inch)	6.0
Bağlayıcı Tipi	Çimento
Bağlayıcı Oranı, (%)	%5
Agrega Tipi	Geri Kazanılmış
Agrega Boyutu	0-31.5 mm
Agrega Oranı, (%)	0, 25
Kür süresi (gün)	7, 28, 56, 90, 180, 270

Hazırlanan karışım oranlarına uyularak 36 adet 15x15x15 cm boyutlarında küp numuneler dökülmüştür. Dökülen numuneler kür havuzuna konularak 7, 28, 56, 90, 180, 270 günlük kür süresi sonun da tek eksenli basınç dayanımı, çökme, ultrasonik hız tayini deneyleri yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. a) Mikserde harç karılması, b) küp kalıpların yağlanması ve döküm işlemi c) küp numunelerin sıkıştırılması d) Dolgu amaçlı dökülen küp numuneler

2.1. Çökme Testi

Yeraltı dolgusunda kullanılan kütle betonun mekanik deneylerini yapmak için doğal agregaya yerine kullanılan geri kazanılmış agregaya ile üretilen betonda çökme deneyi TS EN 12350-2'ye uygun şekilde yapılmıştır [12].

Doldurma işleminden sonra kesik huni düşey şekilde yukarıya doğru çekilmiş, kalıbın üst seviyesi ile çöken betonun en yüksek noktası arasındaki mesafe (h, cm) ölçülmüş taze betonun çökmesi (slump) belirlenmiştir.

2.2. Tek Eksenli Basınç Dayanım Deneyi

Geri kazanılmış agregaların (GKA) yeraltında oluşturulan boşlukların doldurulması amaçlı kullanılan dolguda performansını görmek için Tek eksenli basma dayanım deneyleri yapılmıştır. GKA kullanılarak dökülen 36 adet numune 7, 14, 28, 56, 180 ve 270 günlük kür süresince kür tanklarında bekletilmiştir. Kür süresini tamamlayan numuneler 200 tonluk pres makinesi ile tek eksenli basma dayanım testleri yapılmıştır.

2.3. Ultrasonik Ses Geçiş Hızı Tayini Deneyi

GKA'nın yeraltı beton dolgusunda kullanılabilirliğini araştırılmıştır. Bu amaçla tek eksenli basınç dayanımı öncesi kalıplardan çıkarılan 15x15x15 cm küp numunelerin ölçüm yapılacak numunenin alt ve üst yüzeyleri ile alıcı ve gönderici jeofon arasında sağlıklı bir bağlantı kurmak ve hava boşluklarını engellemek için jeofonların yüzeyleri özel jel ile kaplanarak ölçüm için hazır hale getirilmiştir. Önceden belirlenen kür süreleri (7, 14, 28, 56, 180 ve 270 gün) sonunda ASTM C 597 (2016) standartlarına uygun olarak 0,1 µs hassaslıkta sinyal süresine ve 24-500 kHz sinyal frekansına sahip Pundit Lab⁺ model test cihazı ile yapılmıştır [13].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Hazırlanan 150x150x150 mm küp numuneler 7, 14, 28, 56, 180, 270 günlük kür süresi sonunda tek eksenli basınç dayanımı, çökme, ultrasonik hız tayini deneyleri yapılmıştır bulunan sonuçlar başlıklar halinde irdelenmiştir.

3.1. Çökme Testi

Geri kazanılmış agregaların dolgu amaçlı yeraltında kullanılabilirliği ölçmek amacı ile yapılan çökme testinde su çimento oranı sabit tutularak slump hunisi ile yapılan çökme testlerinde slump değerleri %25 GKA için 5.6 cm

kontrol numunesinde ise slump değeri 5.1 cm çıkmıştır (Tablo 2). Geri kazanılmış agregaya ve doğal agregaya ile üretilen bütün betonların mekanik özelliklerini karşılaştırabilmek için bütün serilerde slump değeri ölçülmüş ve ortalama 5-5.5 cm arasında olması sağlanmıştır. Üretilen tüm serilerde işlenebilirliği TS EN 206-1 standardında verilen kıvam sınıflarından S2 sınıfında (50-90 mm) olduğu görülmüştür. Bu oran yeraltında dolgu uygulanabilirliği için yeterli bir katlıktır.

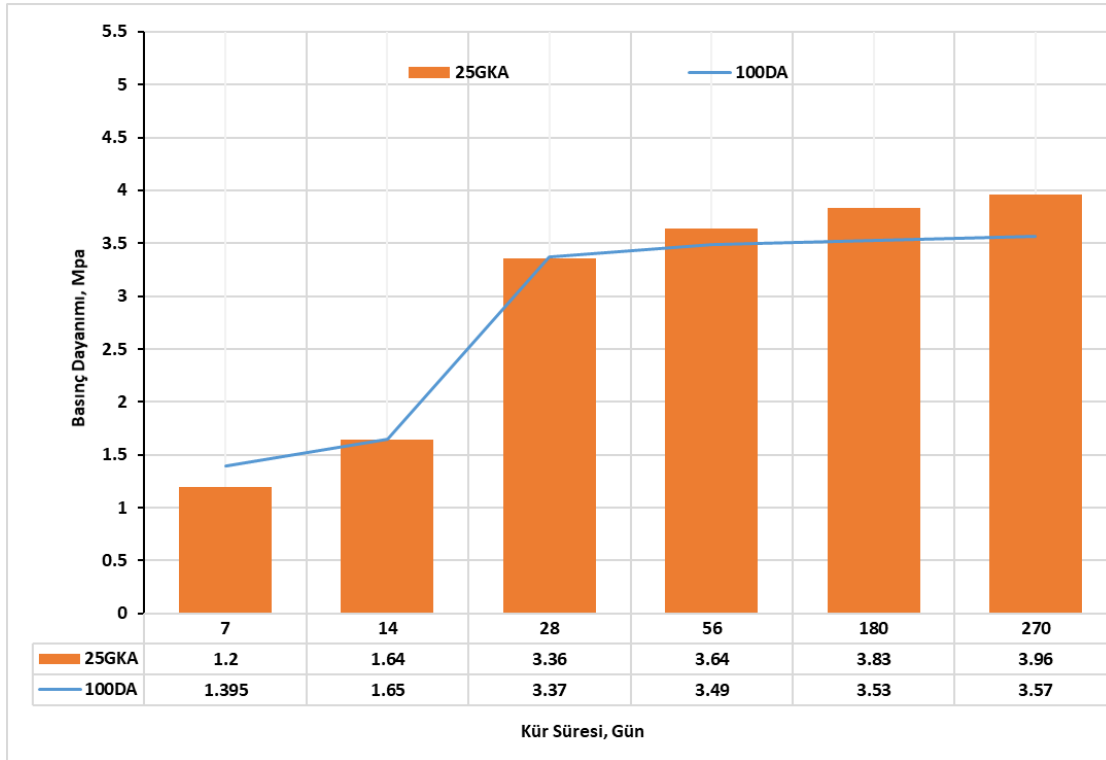
Tablo 2. Dolgu beton çökme değerleri

Karışım Oranları (%)	KOD	Çökme değeri	
		İnch	cm
100 Doğal agregaya	100DA	2.01	5.1
25 Geri kazanılmış agregaya	25GKA	2.20	5.6

3.2. Tek Eksenli Basınç Dayanım

Geri kazanılmış agreganın madencilikte yeraltında dolgu amaçlı kullanılabilirliğini saptamak 15 x15x15 cm boyutlarında ki küp numuneler üzerinde tek eksenli basınç dayanım deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler de kontrol numunesi olarak 0-31,5 cm boyutlarında %100 doğal agregaya (DA) kullanılmıştır. GKA ise doğal agregaya ikame olarak 0-32mm boyutlarında %25 oranında kullanılarak tek eksenli basınç dayanım değerleri karşılaştırılmıştır.

Yeraltı dolgusunda kullanılması amaçlanan GKA lar ile yapılan tek eksenli basınç dayanım deneylerinde GKA oranı ve kür süresi arttıkça dayanım değerlerinin arttığı, tamamen DA dan oluşan 100GDA küp numunelerinin 7 günlük kür süresinde dayanımı 1.4 Mpa iken 270 gün sonunda %155 artarak 3.57MPa olduğu bulunmuştur. 25GKA numunelerinin 270 gün sonunda dayanımlarının referans numunelerinden %10 daha fazla olduğu, referans numunelerinin sadece kısa kür süresi (7, 14, 28 gün) sonunda %25 GKA 'lı betonlardan dayanımlarının yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 2).

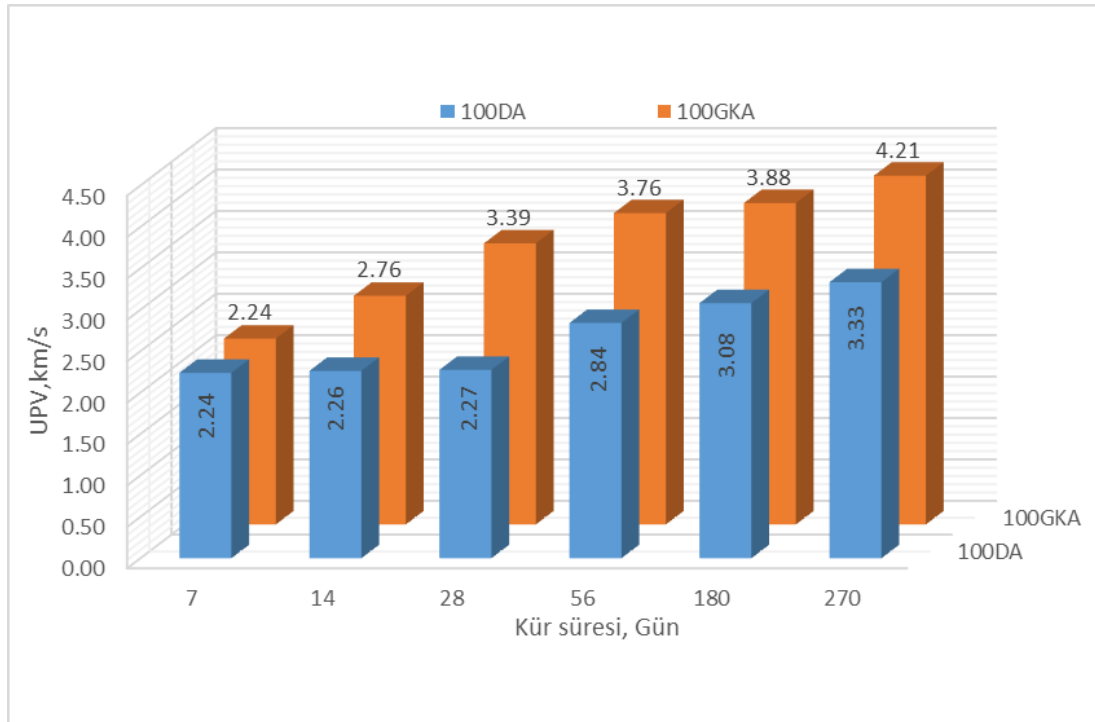


Şekil 2. GKA içerikli küp numunelerin kür süresi ile basınç dayanım ilişkisi

Sonuç olarak, iri boyutlu GKA oranı arttıkça dayanımda belirgin bir artışın olduğu Doğal agregaya yerine yeraltında inşaat atıklarının dan elde edilen agregaların kullanılabileceği görülmüştür. Uzun kür süresi sonunda doğal agregaya göre %33 dayanım farkı sağlamıştır.

3.3. Ultrasonik Ses Geçiş Hızı Tayini

GKA nın yeraltında dolgu amaçlı kullanımına yönelik iri GKA ile dökülen 15x15x15 cm'lik küp numuneler üzerinde yapılan ultrasonik P dalga hızı deneylerin de kür süresine bağlı olarak P-dalga geçişlerinin genel olarak arttığı, doğal agrega (DA) katkılı betonlara nazaran geri kazanılmış agregaya (GKA) katkılı püskürtme betonlarda geçişlerin daha hızlı olduğu görülmüştür. 270 günlük kür süresi sonunda doğal agregaya ile oluşturulan referans numunelerin geçiş hızı 3,33 km/n iken tamamen GKA dan oluşan beton numunelerinde hızı 4,21km/s olarak ölçülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Kür süresine bağlı GKA ve UPV ilişkisi

Genel olarak madencilikte yeraltı dolgusu amacı ile kullanılacak betonlarda iri GKA oranı arttıkça UPV hızının da arttığı belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR

Bina molozlarından elde edilen iri agregaların madencilikte yeraltında dolgu amaçlı kullanılabilirliğini belirlemek için hazırlanan 150*150*150 mm küp numuneler üzerinde yapılan; Yeraltında uygulanan kaya dolguların büyük bir çoğunluğu dozer ve kamyonlar yardımı ile yerine yerleştirilmektedir. Bu nedenle katı oranlarının yüksek olması ve ayrışmaması istedir. Bu nedenle çalışmada kullanılan dolgu beton örneklerinin çökme oranları ölçülmüş ve ortalama 5-5.5 cm arasında olduğu ve TS EN 206-1 standardında verilen kıvam sınıflarından S2 sınıfında (50-90 mm) olduğu saptanmıştır. Yüksek kıvam geri kazanılmış agregaların sahaya uygulanabilirliğini artıracığı düşünülmektedir.

Tek eksenli basınç dayanım testlerinde beton numunelerinde doğal agregaya yerine iri boyutlu GKA oranı arttıkça dayanımda belirgin bir artışın olduğu,

Madencilikte yeraltındaki boşlukları doldurmak amacı ile dökülen kütle betonların iri GKA oranı arttıkça UPV hızının da arttığı ve GKA'ların yeraltında oluşan boşlukların doldurulmasında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Archibald, J., Gange, D.D., Nantel, J., ve Hassani, F., 2003. "Underground Mine Backfill", Vol. I.
- [2] Amaratunga, L. ve Hein, G.G., 1997. Development of a High Strength Total Tailings Paste Fill Using Fine Sulfide Mill Tailings, Proceedings Of The 29th Annual Conference of The Canadian Mineral Processors, Ottawa (Ontario)-Canada, 293-305.
- [3] Benzaazoua, M., Belem, T., ve Bussiere, B., 2002. Chemical Factors That Influence the Performance of Mine Sulphidic Paste Backfill, "Cement and Concrete Research", 32, 1133-44.
- [4] Külekçi, G., 2013. Mermer ve Tuğla Atıklarının Macun Dolguda Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- [5] Weaver, W.S. ve Luka, R., 1970. Laboratory Studies of Cement-Stabilized Mine Tailings. CIM Bulletin, 63, 701, September, pp. 988-1001.
- [6] Nanthanathan, N., 2006. Backfill Optimization Using Mine Tailings for Improved Ground Stability in Underground Mines., Dalhousie University, Canada.
- [7] Külekçi, G., 2018. Karadeniz Bölgesi'ndeki İnşaat Yıkıntı Atıklarının Agregat Yerine Kullanılabilirliğinin ve Madencilikte Kullanım Alanlarının Araştırılması, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- [8] Poon, C.S., 2007. Management of Construction and Demolition Waste, Waste Management, 27, 159-160.
- [9] Rakshvir, M. ve Barai, S.V., 2006. Studies on Recycled Aggregates-Based Concrete, Waste Manage Res., 24, 225-233.
- [10] Rao, A., 2005. Experimental Investigation on Use of Recycled Aggregates in Mortar and Concrete, Thesis Submitted to the Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur
- [11] Lennon, M., 2005. Recycling Construction and Demolition Wastes A Guide for Architects and Contractors, The Institution Recycling Network.
- [12] TS EN 12350-2, 2010. Beton- Taze beton deneyleri- Bölüm 2: Çökme (slump) deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [13] ASTM C 597-16, 2016. Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA.

UÇUCU KÜLÜN, ÇİMENTOLU MACUN DOLGUNUN MEKANİK DAYANIMINA ETKİSİ

Ataç BAŞÇETİN¹, Hasan EKER^{2*}

¹ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 34320, İstanbul

² Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane*

ÖZ

Bu çalışmada; küre bakır madeninden alınan cevher hazırlama tesis atıklarının, ağırlıkça % 5, % 7 ve % 9 oranlarında Portland çimentosu (PÇ, CEM I 42;5 R) ve su ile karıştırılmasıyla oluşturulan CPB'deki PÇ yerine (ikame) Çatalağzı Termik santralinden alınan uçucu kül (UK) (ağırlıkça % 10, % 20, % 30 ve % 40 oranlarında) kullanılarak UK'ün CPB'nin mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen CPB numuneleri, 25 °C sıcaklıkta ve en az % 80 nem koşullarında kür kabini içinde bekletilmiş ve 3, 7, 14 ve 28 günlük kür süreleri sonunda Tek Eksenli Basınç Dayanımı (TEBD) ve Ultrasonik P- Dalga Hızı (Pundit) deneylerine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre; % 9 çimento oranlarının 28 günlük kür süresi sonunda PÇ yerine %10 oranında UK'ün kullanılmasıyla çimento miktarı ve maliyetinden % 10 tasarruf sağlanmıştır. Ayrıca çimento üretimi sırasında sera gazı etkisi oluşturan CO₂ salınım miktarını da azaltma imkanı oluşmuştur. Buna ilaveten termik santral atığının yeniden kullanımı sağlanarak işletmeye, ekonomik bir gelir sağlanmıştır. Sonuç olarak bu çalışmayla madencilik sektörümüze işletme, çevre ve maliyet açısından önemli faydalar sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: çimentolu macun dolgu (CPB), uçucu kül, tek eksenli basınç dayanımı, ultrasonik P- Dalga Hızı (pundit).

EFFECT OF FLY ASH ON THE MECHANICAL STRENGTH OF CEMENTED PASTE BACKFILL

ABSTRACT

In this study; cemented paste backfill (CPB) mixtures were formed by mixing 5%, 7% and 9% by weight of Portland cement (PC, CEM I 42.5 R) and water. The effect of UK on CPB was investigated by using fly ash (UK) (10%, 20%, 30% and 40% by weight) taken from Çatalağzı Thermal Power Plant. The obtained CPB samples were kept in the curing cabinet at a temperature of 25 °C and at least 80% humidity and were subjected to Uniaxial Compressive Strength (UCS) and Ultrasonic P-Wave Velocity (UPV) tests at 3, 7, 14 and 28 days curing times. According to the results obtained; After the 28 days of curing time, 5%, 7% and 9% quantity of cement and cost savings were achieved by using 10% UK instead of cement. Also, it was possible to reduce the amount of CO₂ emitted by greenhouse gases during cement production. In addition, a re-use of thermal power plant waste was provided and an economic income was obtained. As a result of this study, significant benefits have been provided in terms of operation, environment and cost to our mining sector.

Keywords: cemented paste backfill (CPB), fly ash, uniaxial compressive strength, ultrasonic P-pulse velocity

1. GİRİŞ

Geleneksel atık bertaraf yöntemlerini içeren mevcut teknolojilerin güvenli olmayan birçok atık barajını miras bırakması, halkın artan ilgi ve baskısı, küresel ve ulusal ölçekte artan sıkı yasal düzenlemeler, maden atıklarının yönetiminde yeni açılımları zorunlu kılmıştır [1]. Bu yüzden, son zamanlarda macun dolgu teknolojisi tesis

*Hasan EKER. Tel.05447397903; hasaneker@gumushane.edu.tr / eker_hasan78@hotmail.com.

atıklarının yeraltı üretim boşluklarında emniyetli bir şekilde depolanmasına olanak sağladığı için tercih edilmektedir [2].

Macun dolgu teknolojisi diğer bir ifadeyle CPB malzemesi, %75-85 pülpte katı oranındaki (PKO) tesis atığının (<20 µm malzeme miktarı en az %15 olan) %3-9 bağlayıcı (çimento ve puzolan malzemeler) ve pompalanabilir kıvamda olması için yeterli su (proses suyu, musluk ve göl suyu) ile karışımı olarak tanımlanmaktadır [3-4-5-6].

Macun dolgu karışımlarının sıvılaşma riskini ve barikat göçmesini önlemek için erken kür sürelerinde ≤ 0.15 MPa dayanıma sahip olması gerekmektedir [7-8]. Macun dolgu malzemesi, ara katlı göçertme yönteminin kullanıldığı madenlerde yeraltı boşluklarına doldurularak stabiliteyi sağlamaktadır. Bu amaçla macun dolgunun kullanılabilirliği için 28 günlük kür süresinde CPB'nin dayanımı ≤ 0.7 MPa olmalıdır [9-10]. Ayrıca işçilerin ve ekipmanların güvenli bir şekilde çalışabilmesi ve tavan tahkimatı olarak kullanılabilirliği için tek eksenli basınç dayanımının ≤ 4 MPa olması istenmektedir [11].

Macun dolgunun dayanım özelliğini tek eksenli basınç dayanımı yönteminin yanında tahribatsız, ucuz, daha kısa sürede ve kolay bir şekilde pundit yöntemiyle belirlenmeye çalışılmışlardır [12-13-14]. Pundit yönteminde; numune içerisine gönderilen P dalgalarının, alt yüzeyinden üst yüzeyine geçme süresi ölçülerek dalga hızı hesaplanmaktadır.

Bu çalışmada; küre bakır madeninden alınan cevher hazırlama tesis atıklarının, ağırlıkça % 5, % 7 ve % 9 oranlarında Portland çimentosu (PÇ, CEM I 42,5 R) ve su ile karıştırılmasıyla oluşturulan CPB'deki PÇ yerine (ikame) Çatalağzı Termik santralinden alınan uçucu kül (UK) (ağırlıkça % 10, % 20, % 30 ve % 40 oranlarında) kullanılarak UK'ün CPB'nin mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Malzeme

Atık malzeme, macun dolgu tesisinde (Küre, Kastamonu) yer alan vakumlu disk filtre çıkışındaki bant konveyör üzerinden alınmış ve 500 kg kapasiteli varillere doldurularak İstanbul Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölüm laboratuvarına getirilmiştir. Macun karışımlarda kullanılan atığın yoğunluğu $3,61 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Tane boyut dağılım aralığı ise $0,417 \text{ µm}$ ile $630,957 \text{ µm}$ olarak değişmektedir. 20 µm 'dan daha ince tane oranı %24,88'tir. Ayrıca atık malzemesi ağırlıkça %15-35'i $< 20 \text{ µm}$ arasında olduğundan iri boyutlu macun dolgu malzemesi sınıfına girmektedir. Mineralojik bileşimi ise kalsit (CaCO_3) ve kuvars (SiO_2) daha sonra ise sırasıyla pirit (FeS_2) (%67.8), kamosit (Demir Silikat, $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+})_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{O})_8$), jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), manyetit (Fe_3O_4) ve siderit ($\text{Fe}^{2+}\text{CO}_3$) oluşmaktadır. Atığın kimyasal analizine göre; en fazla %54.28 değeri ile hematit minerali bulunmaktadır. Demirin ağırlıklı olarak piritten, kamosit, hematit ve sideritten geldiği ifade düşünülmektedir. Kuvars (SiO_2) ise, katı atığın içerdiği en yüksek değerlerden biri (%12.26) olarak gözükmektedir [15].

Deneyisel çalışmalarda bağlayıcı olarak Çatalca'da yer alan çimento fabrikasından temin edilen Portland çimentosu (PÇ) CEM I 42,5 R kullanılmıştır. PÇ yerine ikame olarak Çatalağzı Termik santralinden (Zonguldak) alınan uçucu kül (UK) kullanılmıştır. Ayrıca macun dolgu karışımlarında şebeke hattından alınan musluk suyu kullanılmıştır.

2.2. Metot

Bakır madeni cevher hazırlama tesis çıkışından alınan atık, çimento (ağırlıkça %5-7 ve 9) ve su ile karıştırılarak referans numuneler oluşturulmuştur. Sonrasında kullanılan ağırlıkça %5-7 ve 9 çimento miktarlarının her biri için %10, 20, 30 ve 40 oranlarında uçucu kül (UK) ikamesi içeren macun karışımları oluşturulmuştur. Macun dolgu numuneleri mikser ile 7 dk karıştırılarak oluşturulmuştur (Şekil 1a). Karıştırma sonrasında macun dolguya ASTM C 143 [17] standartına göre çökme (slump) deneyi gerçekleştirilmiştir (Şekil 1b). Macun dolgu karışımları 18 cm slump değeri ve %80 katı oranına göre hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlar 50 mm çapında ve en az 100 mm yüksekliğindeki drenajlı (alt kısmında 4 adet en az 1 mm çapa sahip) silindirik plastik kalıplara yerleştirilmiştir (Şekil 1c). En az %80 nem içeren ve 25°C sıcaklığa ayarlanan kür kabini 3, 7, 14 ve 28 gün kür sürelerinde bekletilmiştir (Şekil 1d).



Şekil 5. Çimentolu macun dolgu numunelerinin hazırlanma aşamaları [16]

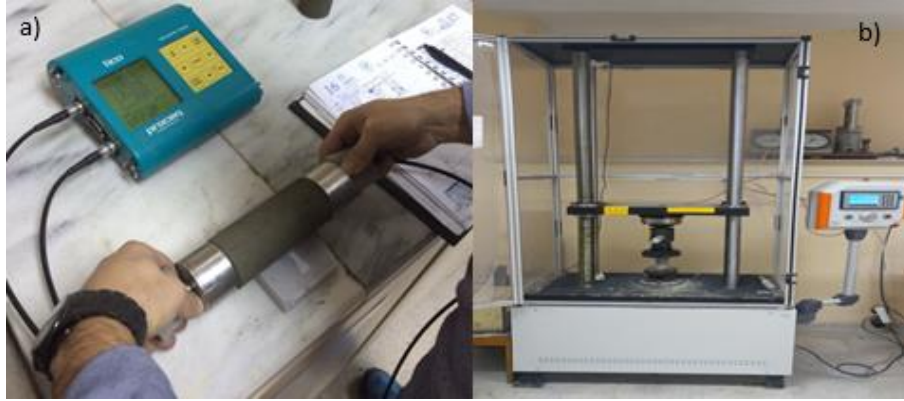
2.2.1. Ultrasonik Dalga Hızı (Pundit) Deneyi

Önceki çalışmalar macun dolgunun dayanım özelliği tek eksenli basınç dayanımı yöntemi yanında tahribatsız, ucuz, daha kısa sürede ve kolay bir şekilde pundit yöntemiyle de belirlenebileceğini ortaya koyulmuştur. Ultrasonik P-Dalga Hızı (Pundit) Deneyleri; ASTM C 597 [18] standartına uygun olarak 0,1 µs hassaslıkta sinyal süresine ve 54 kHz sinyal frekansına sahip transdüserler (jeofonlar) yardımıyla proceq-tico marka test cihazıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 2a).

% 5-7-9 çimento oranları ve uçucu kül (ağırlıkça % 10, % 20, % 30 ve % 40) ikameli, 3, 7, 14 ve 28 günlük kür süresinde 144 adet silindirik (50x100 mm) macun dolgu numunesi kullanılmıştır. Her bir kür süresi için 3 adet numune test edilmiş olup, sonuçlardan elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır. Deney öncesinde numunelerin alt ve üst yüzeylerinin pürüzlülüğü düzeltilmiştir. Ayrıca boyları 0,1 mm hassaslıkta elektronik kumpas ile ölçülmüştür. Kumpastan elde edilen boy değerleri cihaza uzunluk olarak girilmiştir. Jeofonlar ile numunenin alt ve üst yüzeyleri arasında düzgün bağlantı kurmak için her iki yüzeye de jel kaplanmıştır ve her numune için Ultrasonik P- dalga hızı değerleri elde edilmiştir.

2.2.2 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

50×100 mm boyutlarında hazırlanan silindirik macun dolgu numuneleri üzerinde ASTM C 39 [19] standardına uygun olarak deney gerçekleştirilmiştir. 3, 7, 14 ve 28 günlük kür sürelerine ulaşan % 5-7-9 çimento oranları ve UK ağırlıkça % 10, % 20, % 30 ve % 40 oranlarında çimento yerine kullanılmasıyla elde edilen numuneler 50 kN yükleme kapasitesine sahip 1 mm/dk sabit yükleme hızında otomatik kontrollü preste (Şekil 2b) kırılarak dayanım değerleri, belirlenen kür süreleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Silindirik macun dolgu numunelerinin boy/çap oranı en az 2 cm olup, numunelerin alt ve üst yüzeyleri deney öncesi düzeltilmiştir. Her bir kür süresi için 3 adet numune deneyde test edilmiş olup, elde edilen değerlerin ortalaması sonuç olarak alınmıştır.

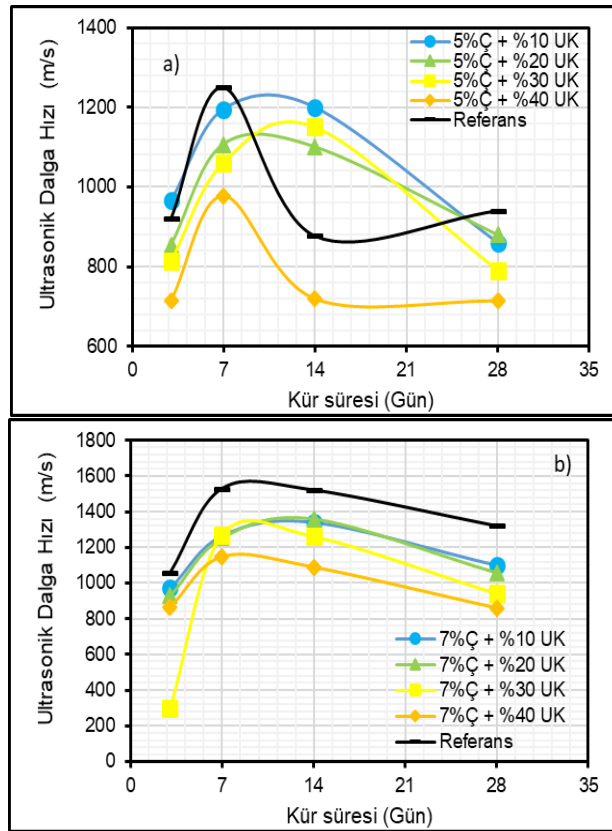


Şekil 6. Test cihazları; a) ultrasonik dalga hızı ölçüm, b) tek eksenli basma dayanımı ölçüm [15]

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

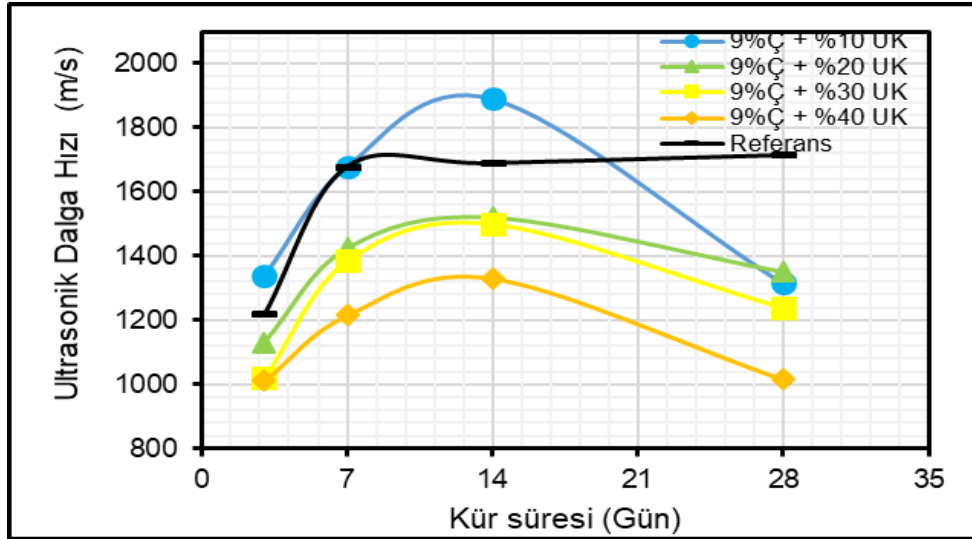
3.1. Ultrasonik Dalga Hızı (Pundit/UPV) Deney Sonuçları

Şekil 3a'ya göre; UPV değerleri %5 çimento oranında tek eksenli basınç dayanımı sonuçlarından farklı bir eğilim göstermektedir. Ama Referans numuneleri, UK numuneleriyle benzer bir eğilim göstermektedir. UPV değerleri; kür süresine bağlı olarak 715 - 1250 μ/s arasında değişmektedir. 7. kür süresiyle birlikte değerlerde bir düşüş görülmektedir. Pundit değerlerinin $0.5 < UCS < 1.0$ MPa arasında olanların 860-1250 μ/s , $UCS < 0.5$ olanların ise 715-1107 μ/s olduğu görülmektedir.



Şekil 7. UPV Hızları; a) %5 çimentolu ve UK ikameli, b) %7 çimentolu ve UK ikameli.

Şekil 3b'ye göre; UPV değerleri %7 çimento oranında tek eksenli basınç dayanımı sonuçlarından farklı bir eğilim göstermektedir. UPV değerleri; kür süresine bağlı olarak 300 - 1530 μ/s arasında değişmektedir. 7. kür süresiyle birlikte değerlerde bir düşüş görülmektedir. Pundit değerlerinin UCS <0.5 olanların 300-970 μ/s , 0.5 < UCS < 1.0 MPa arasında olanların 860-1530 μ/s , UCS>1 MPa olanların ise 1060-1520 μ/s olduğu görülmektedir.



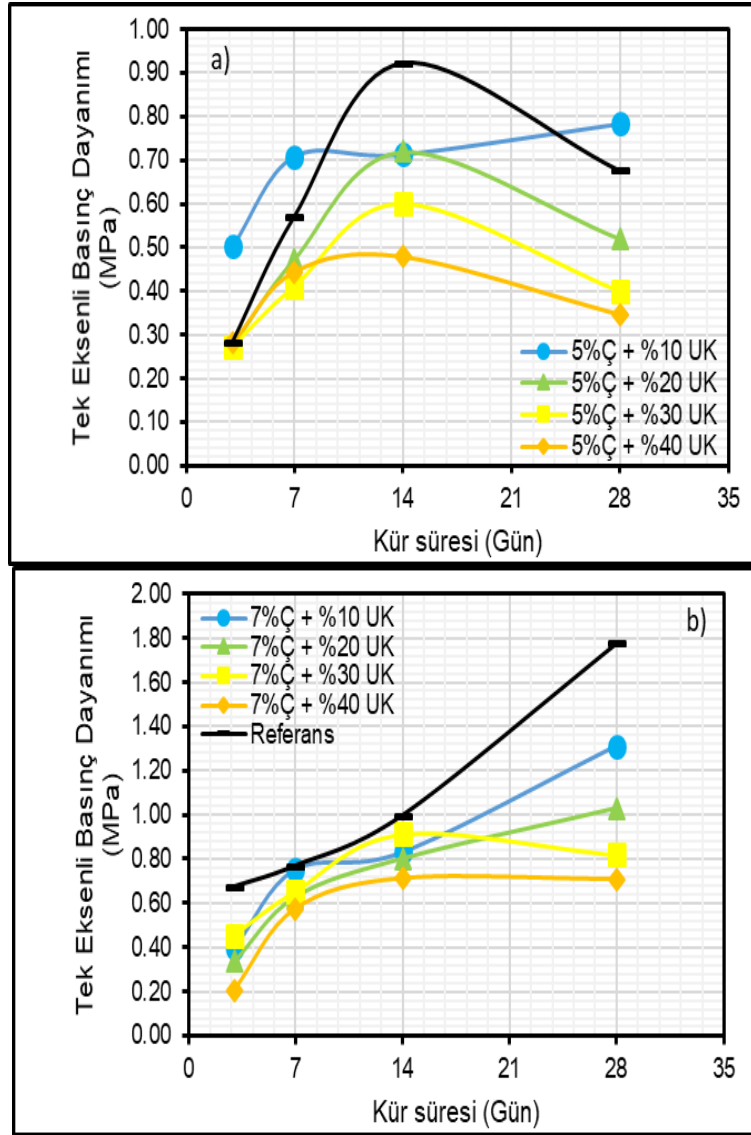
Şekil 8. %9 çimentolu ve UK ikameli UPV Hızları

UPV değerleri %9 çimento oranında tek eksenli basınç dayanımı sonuçlarından farklı bir eğilim göstermektedir. UPV değerleri; kür süresine bağlı olarak 1010 - 1715 μ/s arasında değişmektedir. 14. kür süresiyle birlikte değerlerde bir düşüş görülmektedir. Pundit değerlerinin UCS <0.5 olanların 1010-1020 μ/s , 0.5 < UCS < 1.0 MPa arasında olanların 1130-1385 μ/s , UCS>1 MPa olanların ise 1220-1715 μ/s olduğu görülmektedir (Şekil 4).

3.2. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

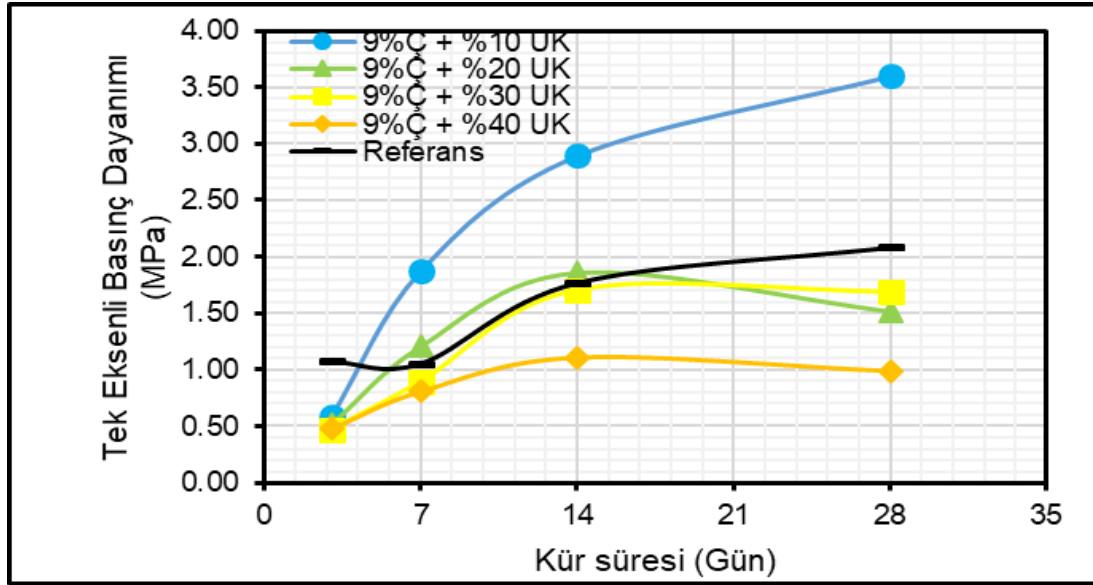
Şekil 5a'ya göre; % 5 çimento içeren macun dolgu karışımında uçucu külün eklenmesi basınç dayanımını artırmadığı görülmektedir. 14. kür süresine kadar UK içeren (%10, %20, %30 ve %40) numuneler sürekli dayanım kazanmıştır. Bugünden itibaren %10 UK karışımı hariç diğerlerinde (Referans, %20, %30 ve %40) dayanım düşmüştür. 28 günlük kür süresinde istenilen ≥ 0.7 MPa dayanım sınır değerini sadece %10 karışım oranında geçmiştir. Tavan tahkimatı olarak istenilen ≥ 4 MPa sınır değerini geçen karışım oranı bulunmamaktadır. Ayrıca sıvılaşma riski sınırı olan ≥ 0.15 MPa değerini bütün karışım oranları sağlanmaktadır.

% 7 çimento içeren macun dolgu karışımında uçucu külün eklenmesi basınç dayanımını artırmadığı görülmektedir. 28. kür süresine kadar UK içeren (%10, %20) numuneler sürekli dayanım kazanmıştır. 28. günde %30 UK dayanımının değerinin azaldığı ve %40 UK değerinin ise sabit olduğu görülmektedir. 28 günlük kür süresinde istenilen ≥ 0.7 MPa dayanım sınır değerini Referans, %10, %20, %30 ve %40 karışım oranlarında geçilmiştir. Tavan tahkimatı olarak istenilen ≥ 4 MPa sınır değerini geçen karışım oranı bulunmamaktadır. Ayrıca sıvılaşma riski sınırı olan ≥ 0.15 MPa değerini bütün karışım oranlarında sağlanmaktadır. (Şekil 5b).



Şekil 9. TEBD sonuçları; a) %5 çimentolu ve UK ikameli, b) %7 çimentolu ve UK ikameli.

Şekil 6'a göre; % 9 çimento içeren macun dolgu karışımında uçucu külün eklenmesi basınç dayanımını artırdığı görülmektedir. 14. kür süresine kadar UK içeren (%10, %20, %30 ve %40) numuneler sürekli dayanım kazanmıştır. Bugünden itibaren %10 UK karışımı hariç diğerlerinde (%20, %30 ve %40) dayanım düşmüştür. 28 günlük kür süresinde istenilen ≥ 0.7 MPa dayanım sınır değerini bütün karışım (Referans, %10, %20, %30 ve %40) oranlarında geçilmiştir. Tavan tahkimatı olarak istenilen ≥ 4 MPa sınır değerini geçen karışım oranı bulunmamaktadır. Ayrıca sıvılaşma riski sınırı olan ≥ 0.15 MPa değerini bütün karışım oranları sağlamaktadır.



Şekil 10. %9 çimentolu ve UK ikameli numunelerin TEBD dayanımı.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada; küre bakır madeninden alınan cevher hazırlama tesis atıklarının, ağırlıkça % 5, % 7 ve % 9 oranlarında Portland çimentosu (PÇ, CEM I 42;5 R) ve su ile karıştırılmasıyla oluşturulan CPB'deki PÇ yerine (ikame) Çatalağzı Termik santralinden alınan uçucu kül (UK) (ağırlıkça % 10, % 20, % 30 ve % 40 oranlarında) kullanılarak UK'ün CPB'nin mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. CPB numuneleri, 25 °C sıcaklıkta ve en az % 80 nem koşullarında kür kabini içinde bekletilmiş ve 3, 7, 14 ve 28 günlük kür süreleri sonunda Tek Eksenli Basınç Dayanımı (TEBD) ve Ultrasonik P- Dalgı Hızı (Pundit) deneylerine tabi tutulmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre; % 9 çimento oranlarının 28 günlük kür süresi sonunda PÇ yerine %10 oranında UK'ün kullanılmasıyla çimento miktarı ve maliyetinden % 10 tasarruf sağlanmıştır. Ayrıca çimento üretimi sırasında sera gazı etkisi oluşturan CO₂ salınım miktarını da azaltma imkanı oluşmuştur. Buna ilaveten termik santral atığının yeniden kullanımı sağlanarak işletmeye, ekonomik bir gelir sağlanmıştır. Sonuç olarak bu çalışmayla madencilik sektörümüze işletme, çevre ve maliyet açısından önemli faydalar sağlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Tarafından Desteklenmiştir. Proje numarası: FDK-2018-24707”

KAYNAKLAR

- [1] KARAPINAR, N. “Maden Atık Yönetimi; Macun Teknolojisi Kullanımı”, Madencilik, 48(1), 31-42, 2009.
- [2] ERÇIKDI B, CİHANGİR F., KESİMAL A., DEVECİ H., “Tesis Atıklarının Yönetiminde Macun Dolgu Teknolojisi”, Madencilik Türkiye, 70-75, 2012.
- [3] KESİMAL, A, ERÇIKDI, B, YILMAZ, E, “The Effect Of Desliming By Sedimentation On Paste Backfill Performance”, Miner Eng 16(10):1009–1011, 2003.
- [4] ERÇIKDI, B, BAKİ, H, İZKİ, M, “Effect of Desliming of Sulphide-Rich Mill Tailings on the Long-Term Strength of Cemented Paste Backfill”, J Environ Manage 115:5–13, 2013.

- [5] YILMAZ, T, ERÇIKDI, B, CİHANGİR, F, “Yüksek Fırın Cürufu ve Perlit İkamesinin Çimentolu Macun Dolgunun Mekanik ve Mikroyapı Özelliklerine Etkisi”, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(2), ss, 239-251, Haziran 2017.
- [6] YILMAZ, E, GURESCİ, M. “Design and Characterization of Underground Paste Backfill”, in: Paste Tailings Management, Yilmaz E, Mamadou, F, Eds, Springer, London/Berlin/Switzerland, Cham, pp,111-144, 2017.
- [7] BEEN K, BROWN ET, HEPWORTH N, “Liquefaction Potential of Paste Fill at Neves Corvo Mine”, Portugal. IMM Transact Sect A 111(1):47–58, 2002.
- [8] ROUX LK, BAWDEN WF, GRABINSKY MW, “Liquefaction Analysis of Early Age Cemented Paste Backfill”. In: 8th international symposia on mining with backfill, Beijing, China, p 233–241, 2004.
- [9] BRACKEBUSCH, FW, “Basics of Paste Backfill Systems”. Miner Eng 46(10):1175–1178, 1994.
- [10] LANDRIAULT, D, “Paste Backfill Mix Design for Canadian Underground Hard Rock Mining”. In: Proceedings of the 97th annual general meeting of the CIM rock mechanics and strata control session, Nova Scotia, Canada, p 652–663, 1995.
- [11] GRICE T, “Underground Mining with Backfill. in: the Second Annual Summit on Mine Tailings Disposal Systems”, Brisbane, Australia, p 5–15, 1998.
- [12] YILMAZ, T, “Effect of Sample Size on the Strength and Ultrasonic Pulse Velocity of Paste Backfill”, M,Sc, Thesis, Karadeniz Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, 93p, 2013.
- [13] YILMAZ, T, ERÇIKDI, B, KARAMAN, K, KÜLEKÇİ, G, “Assessment Of Strength Properties of Cemented Paste Backfill by Ultrasonic Pulse Velocity Test”, Ultrasonics 54:1386–1394, 2014.
- [14] YILMAZ, T, ERÇIKDI, B, “Predicting the Uniaxial Compressive Strength of Cemented Paste Backfill from Ultrasonic Pulse Velocity Test”, Nondestructive Testing and Evaluation, doi:10.1080/10589 759, 2016.
- [15] BAŞÇETİN, A. EKER, H. TÜYLÜ, S. ADIGÜZEL, D. “Bir Bakır Madeni Artıklarının Dayanım Özelliklerinin Belirlenmesi”, KAYAMEK’2018- 12. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, 3-5 Ekim 2018, Trabzon, Türkiye, s. 162-167, 2018.
- [16] BAŞÇETİN, A. EKER, H. TÜYLÜ, S. ADIGÜZEL, D. “Zeolit İkamesinin Çimentolu Macun Dolgunun Mekanik Özelliklerine Etkisi”, Proceedings of the 4 th International Underground excavations symposium, UYAK 2018, 13-14 Eylül 2018, İstanbul, s. 575-581, 2018.
- [17] ASTM C 143, Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015, www.astm.org
- [18] ASTM C 597, Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, www.astm.org, 2016.
- [19] ASTM C 39, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018, www.astm.org, 2018.

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ OTURUMU

DOĞAL AFET YÖNETİMİNDE WEB CBS TEKNOLOJİSİ KULLANIMI: ÜNYE TAŞKIN BİLGİ VE YÖNETİM SİSTEMİ (UTBİS)

Fatih OCAK^{1*}, Muhammet BAHADIR²

*1 Samsun Üniversitesi, Kavak MYO, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 55850, Samsun
2 Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 55270, Samsun*

ÖZ

Son yıllarda etkilerini daha çok hissettiğimiz doğal afetlerin başında taşkınlar gelmektedir. Taşkın olayını eğitim, jeoloji, toprak, arazi kullanımı, yağışın süresi, miktarı vb. gibi birçok coğrafi faktör etkilemektedir. Taşkın etkisi derecesini ortaya koymak ve risk analizlerini yapabilmek için tüm bu parametrelerin birlikte planlanması gerekmektedir. Bu çalışma ile Ordu ili Ünye ilçesi için WEB tabanlı Taşkın Bilgi ve Yönetim Sistemi (UTBİS) uygulaması geliştirilmiştir. Afet yönetiminde tahmin ve risk analizi, afet durum analizi ve afet yönetimi şeklinde üç aşamada planlanma yapılması gerekmektedir.

Çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla uygulamaya dönük, sürdürülebilir kullanım ve afet yönetimine ait bir örnek ortaya çıkarılmıştır. Yöntem olarak akıllı telefon ile afetlerde koordinasyonu, afetzedelere hızlı müdahale ve afet sonrası yönetim için web teknolojisinin birleştirici platform yapısı öngörülmüştür. Bunun için interneti olan herhangi bir cihaz üzerinden QR kod okutarak erişilebilen UTBİS uygulaması ile bölge halkı taşkın öncesinde oturduğu binanın taşkın risk durumunu görebilecektir. Asıl olarak olası bir taşkın durumunda anlık olarak bulunduğu yerleşim yerinin ve binanın risk altında olup olmadığını, ne kadar zarar görebileceğini, taşkın esnasında nerelerin güvenli bölge olduğunu ve bu bölgelere (toplanma alanlarına) en hızlı nasıl gidebileceğini UTBİS üzerinden öğrenebilecektir. Ayrıca taşkına maruz kalan afetzedeler için, herhangi bir vatandaş sistem üzerinden yardım çağırabilecek, afetzedenin konum bilgisini, fotoğrafını, ismini ve en yakınına ait bir telefon numarasını sisteme yükleyebilecektir. Vatandaşlardan gelen yardım çağrıları ise anlık olarak yetkili kurumun 7/24 aktif olan çağrı izleme ekranına düşecek ve afetzedelere en hızlı şekilde müdahale edilebilecektir. Yine afetzedelerin bilgileri çağrı izleme operatörleri tarafından kullanılan ortak veri tabanına girilecek ve bölge halkı yakınlarının durumlarını UTBİS üzerinden takip edebileceklerdir.

Bu tür uygulama örnekleri çeşitli kamu kurumlarının daha iyi hizmet vermesine yardımcı olacaktır. Ayrıca akıllı belediyeçilik, akıllı kent vb. uygulamaların artık hayatımıza girmesi ile afet yönetimine farklı boyut kazandıracak teknolojik çalışmalar da yapılmalıdır. Üretilen bu örnek sistem diğer tüm afetler için uygulanabilecek yeterliliktedir. Çalışma ile afet yönetiminde yeni nesil teknolojiye maksimum fayda sağlamak amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: taşkın, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), web CBS, UTBİS

USING OF WEB GIS TECHNOLOGY IN NATURAL DISASTER MANAGEMENT: FLOOD INFORMATION AND MANAGEMENT SYTEMS OF UNYE (UTBİS)

ABSTRACT

Over the last years, floods have been at the forefront of natural disasters that we feel more affected. Many geographical factors such as slope, geology, soil, land use, duration of precipitation, quantity etc. affect the flood event. All these parameters need to be planned together in order to reveal the extent of the flood and to carry out risk analyzes. With this study, WEB based Flood Information and Management System (UTBİS) application for Unye city of Ordu province was developed. Disaster management requires planning in three stages: prediction and risk analysis, disaster analysis and disaster management.

In the study, an example of sustainable use and disaster management with the help of Geographic Information Systems (GIS) was developed. As a method, the unified platform structure of web technology for smart phone and disaster coordination, rapid intervention for disaster victims and post-disaster management is envisaged. For this,

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 536 455 2922 ; e-mail / e-posta: fatihocak05@gmail.com

the UTBİS application which can be accessed by reading the QR code through any device with internet, the people of the region will be able to see the flood risk situation of the building which is sitting before the flood. Using UTBİS application in the event of a flood can experience, where they are safe during floods and how quickly they can go to the meeting area. In addition, for disaster-victims exposed to floods, any citizen will be able to call for assistance through the system and will be able to upload the location information, photo, name and nearest phone number of the disaster-victim to the system. Calling for help from the citizens will instantly fall on the call monitoring screen, which is active 7/24 of the competent authority, and it will be able to intervene in the fastest way. The information of the disaster-victims will be entered into the common database used by the call monitoring operators and the people of the region will be able to follow the status of their relatives via UTBİS.

Examples of such practices will help various public agencies provide better service. In addition, intelligent municipality, intelligent city and so on. technological studies that will give different dimension to disaster management should be done because the applications enter into our lives. This sample system is sufficient for all other disasters. The aim of the work is to provide maximum benefit from the next generation technology for disaster management.

Keywords: flood, geographic information systems (GIS), web GIS, UTBİS

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak akıllı sistemlerin de hayatın içine birebir girdiği görülmektedir. Bu sistemler sayesinde şahıslar, kurum ve kuruluşlar birçok işini (fatura ödeme, e-belediye, e-devlet, online imar durum vb.) tek bir tuşla yapabilmekte ve zamandan önemli tasarruf etmektedirler. Bu ve buna benzer kolaylıklar sayesinde akıllı sistemlerin hayatın vazgeçilmez bir parçası olduğu gerçeğini artık göz ardı etmek mümkün değildir. Bu itibarla ülkemizin bulunduğu coğrafi konum nedeniyle önemli doğal afetlere maruz kaldığı gerçeği de göz önünde bulundurulduğunda, akıllı diye tabir edilen bu sistemlerin doğal afetlerin önlenmesi ve yönetilmesi konusunda kullanılması gerektiği gerçeği ortaya çıkmaktadır. Bu bakış açısıyla ülkemizde meydana gelen doğal afetlerin etkilerini fiziksel tedbirlerle en aza indirmek ne kadar önemliyse, afet sonrası yönetimi de coğrafi bilgi sistemleri ile yönetilebilmek o denli önemlidir. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) karmaşık olan her türlü yapıyı yönetebilmektir [1]. CBS sayesinde meydana gelen doğal afetin yönetimi mümkündür ve afet sonrası zarar tespit çalışmalarında önemli kolaylıklar sağlar. Yine CBS ile afetlerin tarihsel kayıtları tutulabilir, maddi zararlar kayıt altına alınabilir, bu zararlara göre ne kadar yardım yapılacağı belirlenebilir, afet öncesi ve sonrası şehrin fiziksel durumu modellenir. Ayrıca bu sistem afet öncesi risk analizlerinin yapılmasında ve afet sonrası hasar tespit çalışmaları gibi önemli ve stratejik konularda büyük ölçüde fayda sağlamaktadır [3, 4, 5, 6]. Coğrafi bilgi sistemlerinin bu avantajlarını daha da genişletebilmek, vatandaş-yetkili idare ortaklığı ile afet sonrası çalışmaları yürütmek ve vatandaşları bilgilendirmek gibi özellikler ise ancak web tabanlı teknolojilere bağlıdır. Günümüz dünyasında internet altyapısının daha da güçlü olması, insanların akıllı telefon kullanma oranının artması ise coğrafi bilgi sistemlerine web teknolojilerinin kapılarını açmaktadır. İnternet teknolojisi ile dışarı açılan CBS, artık akıllı sistemler ile bütünleşme imkânı bulabilmekte ve hayatın her alanında kullanılabilir bir şekle bürünmektedir. İşte web ve coğrafi bilgi sistemlerinin birleşmesi, afet yönetiminde önemli kolaylıklar sağlayan web CBS kavramını gündeme taşımaktadır. Web CBS, CBS ve web'in kombinasyonudur; web, siber ortamda mesafe kısıtlamasını kaldırır ve böylece insanlara CBS uygulamaları ile küresel olarak etkileşime girme ve neredeyse bilgiye anında erişme özgürlüğünü sağlar [2].

CBS ve web CBS'nin yukarıda bahsedilen özellikleri sayesinde afet yönetimi çalışmalarında web ve mobil uygulamaların kullanılması önem arz etmektedir. Ancak literatür çalışmaları incelendiğinde web tabanlı afet bilgi ve yönetim çalışmalarına rastlanmamıştır. Yapılan çalışmaların çoğunlukla doğal afetlerin risk modellemeleri ve analizleri şeklinde olduğu görülmüştür [3, 4, 5, 6]. Doğal afet yönetimine farklı bir bakış açısı ve ivme kazandırması planlanan bu çalışmada taşkın ve seller örneği üzerinde durulmuştur. Özellikle son yıllarda ülkemizde görülen bu türdeki doğal afetlerin artması bu çalışmanın konusunu belirlemede önemli bir etken olmuştur.

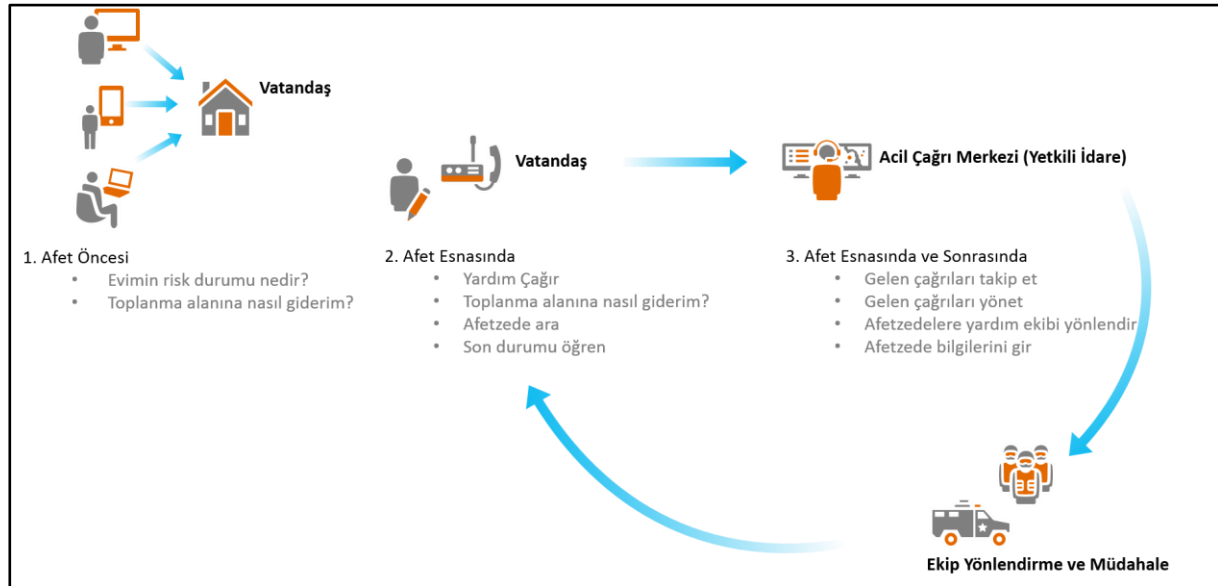
Çalışma kapsamında Ünye Taşkın Bilgi ve Yönetim Sistemi (UTBİS) ismini verdiğimiz bir web CBS uygulaması geliştirilmiştir. Bu uygulama web CBS'nin sağlamış olduğu avantajlar sayesinde internet üzerinden vatandaşın kullanıma açılacaktır. Böylece vatandaşlar, olası bir sel ya da taşkın durumunda kendi yaşadığı yerleşim yerinin risk altında olup olmadığını, ne kadar zarar görebileceğini, taşkın esnasında nerelerin güvenli bölge olduğunu (toplanma alanı) ve bu bölgelere en hızlı nasıl gidebileceğini önceden öğrenebilecek ve de

229

2.1. Ünye Taşkın Bilgi ve Yönetim Sistemi (UTBİS) Nedir?

Ünye Taşkın Bilgi ve Yönetim Sistemi coğrafi bilgi sistemleri alt yapısını kullanan örnek bir web CBS uygulamasıdır. UTBİS diye kısalttığımız bu uygulama taşkın ve sel afetleri için oluşturulmuş risk modellerini kullanan ve bu risk modellerine göre belirlenen taşkın/sel risk sınıflarını baz alarak hem yetkili birimlere hem de vatandaşa yaşadıkları yer ve yapılar hakkında afet öncesi ve sonrası anlık bilgi veren örnek bir taşkın bilgi sistemi modeli uygulamasıdır. Bu uygulama tamamıyla coğrafi bilgi sistemlerine ait taşkın afet risk analiz modellerinin oluşturulması, risk sınıflarına göre zarar görebilirlik analizleri ve internet teknolojisi bütünleştirilerek ortaya konmuştur. UTBİS diye kısalttığımız uygulamanın hem web hem de mobil olmak üzere erişilebildiği farklı iki yapısı vardır. Bu yapı sayesinde vatandaşlar interneti olan herhangi bir cihaz üzerinden uygulamaya rahatlıkla erişme imkânına sahiptirler. Yine telefonlarına indirecekleri QR kod uygulaması sayesinde de uygulamanın açık adresine ihtiyaç duymadan UTBİS’e erişmeleri mümkündür.

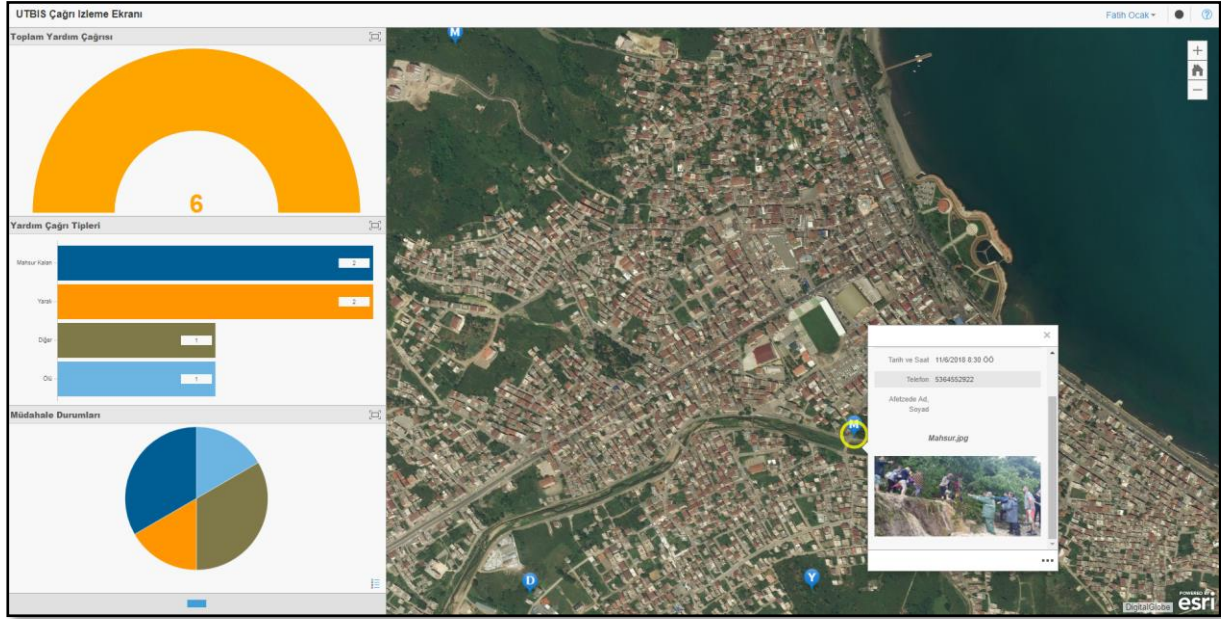
UTBİS afet öncesi, afet esnası ve afet sonrası kullanılabilir bir çalışma yapısı sergilemektedir (Şekil 2). Afet öncesinde vatandaşlar evlerinin, iş yerlerinin vb. risk durumlarını gerek ad-soy ad, gerek T.C. kimlik numaraları ile sorgulayabilir ve daha önce belirlenmiş ve de kendileri için atanmış toplanma alanlarına en kısa güzergâh analizi gerçekleştirebilirler. Yine afet esnasında UTBİS’i kullanarak vatandaşlar yardım çağırabilir, afete maruz kalmış yakınlarının durumlarını sorgulayabilir ve afet çalışmalarının son durumunu takip edebilirler. UTBİS kapsamında kurulabilecek acil durum merkezi ise afet esnası ve sonrasında yardım çağrılarını takip edebilecek, yönetebilecek ve afetzedelere acil müdahale ekiplerini yönlendirebilecektir.



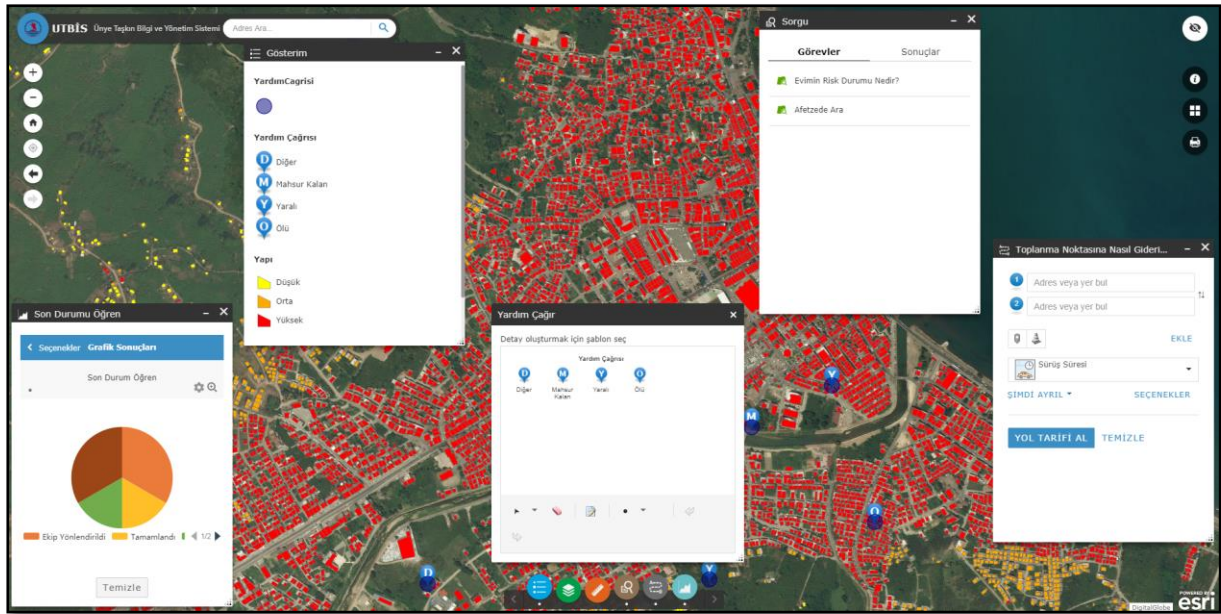
Şekil 2. UTBİS’in çalışma yapısı

UTBİS kullanıcıların erişebileceği ve yetkililerin kullanabileceği şekilde farklı iki ara yüze sahiptir (Şekil 3, 4). Şöyle ki; vatandaşlar afet esnasında kendi kullandıklarına açık olan ara yüzden yardım çağrısında bulunabilecek, gelen yardım çağrılarını da ancak yetkililer kendilerine özel tasarlanan ara yüzlerden takip edecek ve olaya müdahale edeceklerdir. Böylece vatandaş-yetkili idare iş birliği sağlanarak afetzedelere en kısa sürede yardım etme durumu söz konusu olacaktır.

UTBİS’in vatandaşa açık olan ara yüzünde standart haritacılık işlemleri dışında (büyütme, küçültme, konum, altlık harita seçenekleri vb.) insanların yardım çağrısında bulunabileceği “Yardım Çağır”, evlerinin risk durumlarını ve yakınlarının afet esnasında son durumlarını öğrenebilmeleri için “Sorgu”, afet öncesi ve esnasında kendileri için daha önce belirlenen toplanma alanlarına en kısa güzergâh kullanarak gidebilmeleri adına “Toplanma Noktasına Nasıl Giderim?” ve afetzedelere yapılan müdahalelerin (Kaç kişi kurtarıldı? Kaç kişi mahsur? Kaç kişi yaşamını yitirdi? vb.) son durumunu öğrenebilmeleri için “Son durumu Öğren” gibi özel araçlara da sahiptir (Şekil 4).



Şekil 3. UTBİS yetkili idare ara yüzü



Şekil 4. UTBİS kullanıcı ara yüzü ve özellikleri

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ünye Taşkın Bilgi ve Yönetim Sistemi (UTBİS) web CBS uygulaması taşkın ve sel gibi doğal afet planlaması ve yönetimi adına örnek bir uygulamayı teşkil etmektedir. UTBİS oluşturulurken Ünye ilçesi idari sınırları kullanılmıştır. İlçede yaşanan taşkınlar buranın çalışma sahası olarak seçilmesinde etkili olmuştur. Ancak UTBİS, sadece Ünye idari sınırları ile kısıtlı kalmayıp, taşkın ve sel afetine maruz kalabilecek her yerleşim yeri için

ölçeklendirilebilir niteliktedir. Bu itibarla sadece Ünye ilçesi idari sınırları sadece uygulamada altlık veri olarak kullanılmıştır.

Doğal afet yönetiminde afet öncesi, afet esnası ve sonrası birlikte düşünmek gerekir. Afet öncesi durumlarda erken uyarı sisteminin hayata geçirilmesi, insanların afetlere karşı eğitim verilmesi, imar çalışmalarının afet risk sınıfları gözetilerek yapılması vb. gibi durumları kapsar. Özellikle erken uyarı sistemi önemli can kayıplarının önüne geçilmesinde son derece önem arz etmektedir. Ancak böyle bir sistem henüz faal değildir. Çünkü böyle bir sistemin hayata geçirilebilmesi için gerek kamu, gerek özel kurum ve kuruluşların desteğine ihtiyaç duyulmaktadır. UTBİS'in bünyesinde de erken uyarı sistemi faal değildir. Şu hali ile UTBİS afet öncesi bilgilendirme ve afet sonrası yönetim için önem arz etmektedir. Şartların olgunlaşması halinde erken uyarı sisteminin UTBİS'e entegre edilmesi için de herhangi bir engel yoktur.

UTBİS tamamıyla web ve CBS teknolojisini kullanan bir uygulama olduğu için birçok unsuru bir arada düşünmek gerekir. Bu nedenle UTBİS ve benzeri uygulamaların kullanılacağı yerleşim yerlerinde;

- Taşkın/sel afet risk sınıfları belirlenmelidir.
- Belirlenen risk sınıflarına göre yapıların zarar görebilirlik durumları ortaya konmalıdır.
- Bölge halkına ilgili afetler konusunda eğitimler verilmelidir.
- Bölge halkının teknoloji kullanım oranı artırılmalıdır.
- Bölgedeki yetkili birimlerin taşkın/sel afetine karşı fiziksel tedbirler alması zorunludur.

Yukarıdaki şartların sağlanması halinde UTBİS olası bir taşkın/sel afeti sonrasında önemli faydalar sağlayacaktır. Bu faydalar taşkın afetinin zararının minimum seviyede tutulup, afetzedelere en kısa sürede müdahale etmeye kadar geniş bir yelpazede düşünülebilir.

4. SONUÇLAR

UTBİS ile elde edilen/edilecek sonuçları şu şekilde özetlemek mümkündür:

- UTBİS web CBS teknolojisinin avantajlarını kullanarak literatürde doğal afet çalışmalarına yeni bir ivme, farklı bir bakış açısı kazandıracaktır.
- UTBİS'in internet alt yapısını kullanıyor olması yapılan doğal afet risk analizlerinin web uygulamaları üzerinden paylaşılabılır bir yapıya bürünmesini sağlamaktadır.
- Afet öncesi bölge sakinleri evlerinin olası bir taşkın/sel anındaki risk durumunu öğrenebilecektir.
- Olası bir afet anında vatandaşların yardımı ile afetzedelere yardım için ekipler daha hızlı yönlendirilebilecektir.
- Olası bir afet anında bölge halkı UTBİS ile yakınlarının son durumlarını öğrenebileceklerdir.
- Bölge halkı afet öncesi ve afet esnasında kendileri için belirlenen toplanma alanlarına en kısa güzergâhı (yürüyerek, araç ile vb.) kullanarak gidebileceklerdir.
- İlgili yerleşim yerinde gelen taşkın/sel afetlerinin gerçekleşmesinden itibaren gerçekleşme tarihini, etki alanını, fiziksel hasar ve can kayıplarının adet/oranlarının arşivlenmesi sağlanabilecektir.
- UTBİS'e entegre edilebilecek erken uyarı sistemi özelliği ile birlikte doğal afetlerden önce bölge halkına uyarı mesajları gönderilmesi de mümkün olacaktır. Böyle bölge halkı kendileri için önceden belirlenmiş toplanma alanlarına giderek can kayıplarının en aza indirilmesi sağlanacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma birinci yazarın “Ünye Şehir Sellerinin Zarar Görebilirlik Yöntemi ile İncelenmesi” adlı yüksek lisans tezinin uygulama kısmından üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] OCAK, F., “Ünye Şehir Sellerinin Zarar Görebilirlik Yöntemi İle İncelenmesi”, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 2018.
- [2] OCAK, F., Web CBS (Yayınlanmamış kitap çalışması), 2017.

-
- [3] TUROĞLU, H., “Bartın’da Meydana Gelen Sel ve Taşkınlara Ait Zarar Azaltma ve Önleme Önerileri”, İ.T.Ü. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V, Bildiriler Kitabı (sf: 104-110), İstanbul, 02-03 Haziran 2005.
- [4] SUNKAR, M., TONBUL, S., “Batman’da 31 Ekim-1 Kasım 2006 Tarihinde Yaşanan Taşkın Nedenleri”, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu, Tebliğler Kitabı (sf: 349-361), Afyonkarahisar, 22-24 Mart 2010.
- [5] ÖZDEMİR, H., “Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde CBS-UZAL ve Hidrolik Modellemenin Entegrasyonu”, DSİ XI. Bölge Müdürlüğü, Taşkın Konferansı, Edirne, 19-20 Haziran 2008.
- [6] BAHADIR, M., “Samsun’da Meydana Gelen 4 Temmuz ve 6 Ağustos 2012 Taşkınlarının Klimatik Analizi”, İstanbul Üniversitesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi (sf: 28-50), İstanbul, 2014.

KARAÇAM DERESİ (TRABZON) HAVZASI'NDA HEYELAN RİSK ANALİZİ

Fatih IŞIK*, Muhammet BAHADIR**

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 52200 Samsun.

ÖZ

Günümüzde farklı disiplinler tarafından heyelan alanlarının belirlenmesi ve etki derecesinin tespitine yönelik farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu konuda coğrafi bilgi sistemleri (CBS) heyelan ile ilgili çalışmaların yapılmasında önemli bir teknolojik imkân sağlamaktadır. Bu çalışma ile Karaçam Deresi Havzası'nda heyelan risk analizleri yapılmış ve arazi çalışmaları ile elde edilen bulgular karşılaştırılmıştır. Çalışma sahası büyük kısmıyla Trabzon ili sınırları içerisinde. Çalışmada yöntem olarak analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmıştır. Sahaya yönelik yapılan analizler neticesinde oluşturulan heyelan haritası incelendiğinde; sahanın doğu yamacı genelde heyelan riskinin yüksek olduğu kesimlerdir. Bu alanda hem eğim değerinin yüksek olması, hem de yoğun inşaat çalışmalarının varlığı heyelan oluşumuna müsait bir durum oluşturmaktadır. Kavlatan ve Uzuntarla'nın doğusu, Karaçam'ın güneydoğusu, Balkodu Deresi'nin doğu yamacı heyelan riskinin yüksek olduğu diğer alanlardır. Sahanın güneyindeki yüksek düzlük alan, Kamara Tepe'nin kuzeyi, Ziyaret Tepe'nin doğusu ve Şekersu'nun güneybatısı ise heyelan riskinin az olduğu yerlerdir. Çalışmanın sonucunda havzada yaşayan insanlar için risksiz alanlar belirlenerek daha güvenli yaşam alanları ortaya konulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Doğal Afet, Heyelan, CBS, Karaçam Deresi, Trabzon.

LANDSLIDE RISK ANALYSIS IN KARAÇAM CREEK BASIN (TRABZON)

ABSTRACT

Nowadays different methods are used for the determination of landslide area by different disciplines and efficiency of detection. In this issue, geographic information systems (GIS) technology provides a significant opportunity to carry out the work related to landslides. In this study landslide risk analyzes were made in Karaçam Stream Basin and the findings obtained by field studies were compared. The majority of the study area is in Trabzon province. Analytical hierarchy method is used as the method of study. In addition, geomorphology parameters have been added to the registration while the method is being constructed. When the landslide map created on the basis of the analyzes made for the area was examined, the following findings were achieved. The eastern slope of the scenery is generally those where the risk of landslides is high. In this area both the high slope value and the presence of intensive construction work are suitable for landslide formation. The east of the Kavlatan and Uzuntarla, the southern part of Karaçam, the other areas where the Balkodu River has a high risk of eastern slope landslide. The high plain area to the south of the scenery, the north of Kamara Hill, the east of Ziyaret Hill and the southwestern part of Şekersu are places where there is less risk of landslides. As a result of the work, risk free areas will be determined for people living in the basin and safer living spaces will be revealed.

Keywords: Natural disaster, Landslide, CBS, Karaçam Creek, Trabzon.

* Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Öğrencisi, 0362 312 19 19 /5027 (fatihtrbzon.61@gmail.com).

1. GİRİŞ

“Kütle hareketleri, yerkabuğunu meydana getiren kayaçların çözülmesi sonucunda oluşan çeşitli boyuttaki unsur ve toprakların, esas olarak yer çekimi etkisiyle, kendiliğinden ve kütle halinde yamaçlardan aşağılara doğru hareket etmesi veya yer değiştirmesi sürecidir” [1]. Kütle hareketlerinin oluşumunda yerkabuğunun yapısı, toprağın kalınlığı, yeryüzü ve yeraltı suları etkili olmaktadır. Bu hareketler içinde yer alan heyelan ülkemizde çokça can ve mal kayıplarına neden olup afet boyutuna dönüşmüştür. Gökçe vd. [2], tarafından yapılan bir çalışmaya göre ülkemizde meydana gelen afetler içerisinde heyelanın %45 oranla en fazla gerçekleşen doğal afet olduğu ve yaklaşık 59.345 kişinin bu afetten etkilendiğini belirtmeleri bu durumu desteklemektedir. Böylesi doğal tehlikeler nedeniyle yaşanan sosyal ve ekonomik kayıplar yönetimde planlı çalışmanın önemini arttırmıştır. Bundan mütevellî farklı bilimlerde çalışan araştırmacılar son 20 yıldır heyelan afeti ile ilgili bilimsel çalışmalar yaparak yerel yöneticiler ve karar vericiler için bir altlık sağlanmaya çalışmaktadırlar. Araştırmalarının çoğunda heyelanın oluşum nedenleri ile çözüm önerileri belirtilip heyelan duyarlılık haritaları üretilmektedir. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak yapılan heyelan duyarlılık haritaları değerlendirildiğinde istatistiksel modellerin en çok kullanıldığı görülmektedir [3]. Literatür değerlendirilmesi yapıldığında da heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesinde analitik hiyerarşi süreci (AHP) yönteminin çokça kullanıldığı görülmüştür [4-9].

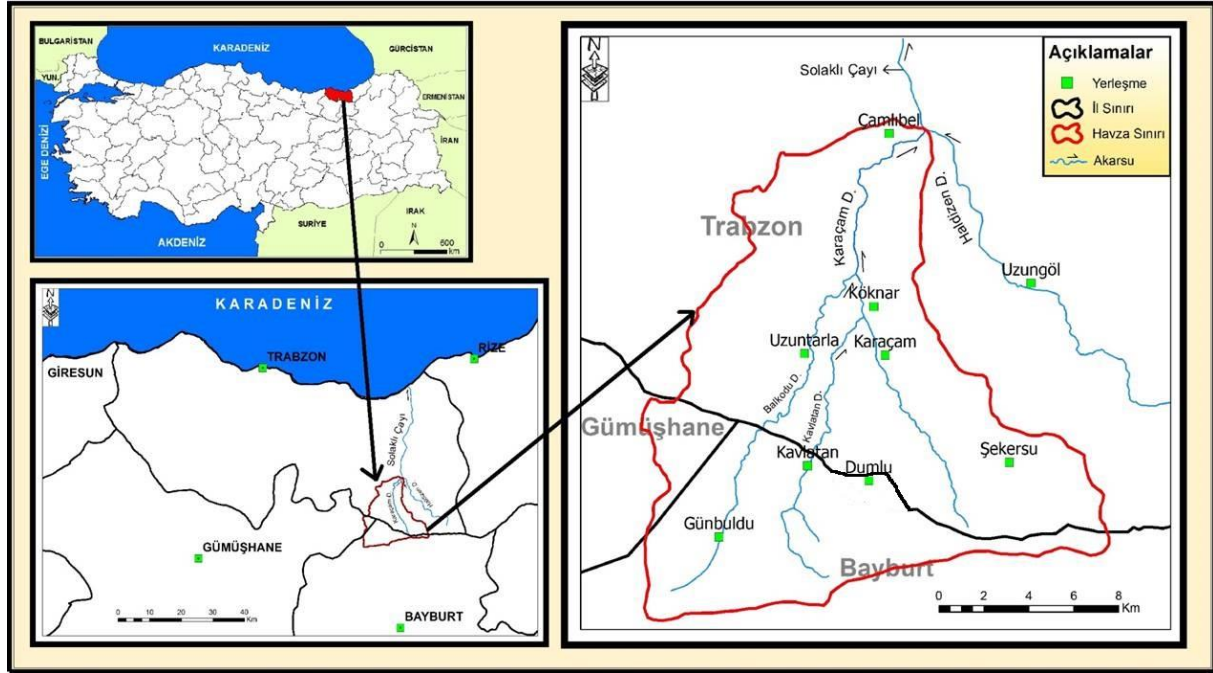
Heyelan oluşum şartları düşünüldüğünde genel olarak eğim, fazla yağış ve killi toprak unsurlarının birleşimiyle ortaya çıktığı görülmektedir. Karadeniz Bölgesi’nin bu üç unsuru barındıran bir yapıya sahip olması heyelan afetinin fazla yaşanmasına sebep olmaktadır. Özellikle bu bölge içerisinde Doğu Karadeniz Bölümü Türkiye’de en fazla heyelanın yaşandığı bölümdür. Çünkü arazi yapısı dik eğimli ve fazla yağış alan bir özelliğe sahiptir. Bölümde heyelan sayısına göre Trabzon ili Rize’den sonra en çok heyelanın yaşandığı ikinci ildir [10]. Trabzon ili yüz ölçümünün %62,4’ü heyelana duyarlılık haritasının orta risk veya daha riskli grup içinde olduğu, ayrıca il topraklarının %21,7’si heyelana duyarlılık açısından iyi kabul edilebilir seviyede olduğu belirtilmiştir [11]. Trabzon genelindeki 4 yıllık verilere dayanarak yapılan incelemede ise 178 heyelan olayı kayıt altına alınmış ve 460 bina için kullanılamaz, yani nakil kararı alınmıştır [12].

Yapılan haber arşiv incelemelerinde 2 Şubat 2016 tarihinde Çaykara-Karaçam-Bayburt yolu güzergâhı üzerinde Alçak Köprü mevkiinde karın erimeye başladığı dönemde heyelan meydana gelmiştir [13]. Yine 14 Nisan 2016 tarihinde Çamlıkaya HES su toplama alanının hemen yan tarafında büyük bir heyelan meydana gelmiştir (Şekil 1), [14].



Şekil. Çamlıbel Mahallesi’nin 2 km ilerisinde Çamlıkaya HES su toplama alanının hemen yan tarafında meydana gelen heyelan [Kaynak: 14].

Çalışma sahası, Doğu Karadeniz Bölümü’nde Trabzon, Bayburt ve Gümüşhane illeri arasında yer alan Karaçam Deresi Havzası olarak belirlenmiştir. Ana hatlarıyla bir üçgeni andıran havza su bölümü çizgisiyle sınırlandırılmıştır. Kaynağını Soğanlı Dağları’nın kuzey yamaçlarından alan Karaçam Deresi, 25 km’lik bir akıştan sonra doğudan gelen Haldizen Deresi ile birleşerek Solaklı Çayı’nı oluşturur. Havza yaklaşık 250 km² yüzölçümüne sahiptir (Şekil 2). 2017 yılı nüfus verilerine göre de havzada toplam 2.453 kişi yaşamaktadır [15].



Şekil 2. Karaçam Deresi Havzası'nın lokasyon haritası.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada, 1/25.000 ölçekli topografya haritalarından, 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalarından, 1/100.000 ölçekli jeomorfoloji haritasından, il arazi varlığı haritasından ve doğal afet verilerinden yararlanılmıştır.

Çalışma alanının iklim özelliklerinin belirlenmesinde Trabzon ve Uzungöl Meteoroloji İstasyonu'na ait veriler birlikte değerlendirilip kullanılmıştır. Sahaya ait heyelan risk haritasının oluşturulmasında kullanılan parametrelere ait haritaların (eğim, bakı ve yükseklik) üretilmesinde 30x30 boyutunda Aster GDEM görüntüsü [16] kullanılmıştır. Bu görüntülere sayısal veriler eklenmiş, ağırlıklı bindirme ve çakıştırma ile analizler yapılmıştır. Çalışmadaki haritaların üretilmesinde ArcGIS 9.3 programı kullanılmıştır. Daha sonra program içerisinde heyelan oluşumuna neden olan parametreler işlenip bir veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan her bir veri ortam şartlarına bağlı kalacak şekilde en çok tercih edilen ağırlıklı bindirme metodu kullanılarak 1 ile 5 arasında ağırlık değeri verilmiştir (Tablo 1). Heyelan oluşumuna neden olan faktörler ve alt birimlere ait etki değerleri yapılan literatür incelemeleriyle havza için uygun ölçütler belirlenip değerler verilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanı geçmiş yıllardan günümüze kadar birçok heyelana maruz kalmış bir alandır. Heyelan olayı havzanın fiziki ve beşeri coğrafya özelliklerine bağlı olarak şekillenmekte ve afet boyutuna dönüşmektedir. Sahada heyelan oluşmasının başlıca nedenlerini sıralayacak olursak:

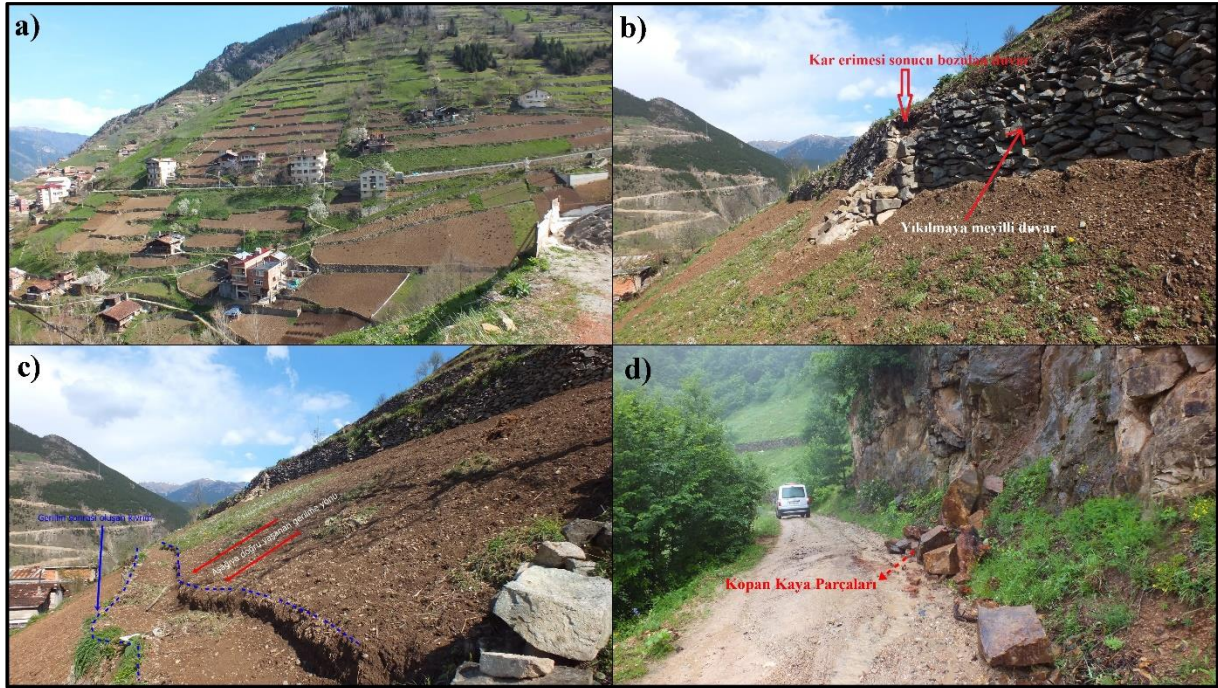
Araştırma sahasının jeolojik yapısı heyelanların oluşmasında en önemli etkidir. Sahada yaşanan heyelan olayları çoğunlukla Kaçkar granitoyidi formasyonunda gerçekleşmektedir. Paleosen yaşlı bu formasyon, kırıklı ve çatlaklı bir yapıya sahiptir. Bu nedenle çatlaklar ve kırıklar boyunca yağmur ve kar suları sızarak bazı blokların ana kayadan ayrılıp düşmesine ve heyelan olayının yaşanmasına sebep olmaktadır.

Tablo 1. Heyelan riskinde kullanılan parametrelere ve alt parametrelere ait etki değerleri.

Parametreler	Alt Parametreler	Etki Değeri	Risk Zonlama Değeri (%)	Parametreler	Alt Parametreler	Etki Değeri	Risk Zonlama Değeri (%)
Jeoloji	Alüvyon	1	20	Baki	Kuzey sektörü (K, KD, KB)	5	10
	Volkanik Kaya	3			Güney Sektörü (G, GD,GB)	1	
	Kireçtaşı	3			Doğu Sektörü	2	
	Granit, granitoyid	4			Batı Sektörü	2	
Jeomorfoloji	Yamaçlar	5	20		Toprak	Düz	
	Yüksek aşınım düzlükleri	1		Alüvyal topraklar		5	
	Alçak aşınım yüzeyleri	2		Kolüvyal topraklar		2	
Eğim (°)				20		Arazi Kullanımı	Gn-Kahverengi Podzolik T.
	0-5	1	Yüksek dağ çayırı toprakları		2		
	5,1-15	1	Orman		1		
	15,1-20	1	Tarım		2		
	20,1-25	1	Yağış		Mera	5	10
	25,1-30	1			Tarım dışı (Yerleşme, yol vb.)	2	
	30,1-35	4			1200-1300	1	
	35,1-40	4			1301-1400	2	
	40,1 +	2			1401-1500	3	
		1501-1600	4				
		1601-+	5				

Sahanın iklimatik özellikleri heyelan olayının yaşanmasında bir diğer unsurdur. Havza Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesi içinde yer almaktadır. Bayrak ve Ulukavak, Trabzon'da meydana gelen heyelanların olma nedenini %99 yağış olduğu belirtilmiştir [12]. Özellikle bu sahada yağışlar uzun süreli ve çise şeklinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle de suyun zemine sızması daha kolay gerçekleşmektedir. Ayrıca ilkbahar mevsiminde hava sıcaklıklarının artmaya başlaması ile birlikte erimeye başlayan karlar yavaş bir şekilde zemine sızmakta ve zeminde su ağırlığı meydana getirerek heyelana sebep olmaktadır. Bu durum toprak kaybını önlemek için yöre insanının tarla kenarlarında yapmış olduğu duvarların her yıl ilkbahar başlarında yıkılmasından da görülmektedir (Şekil 3a-b).

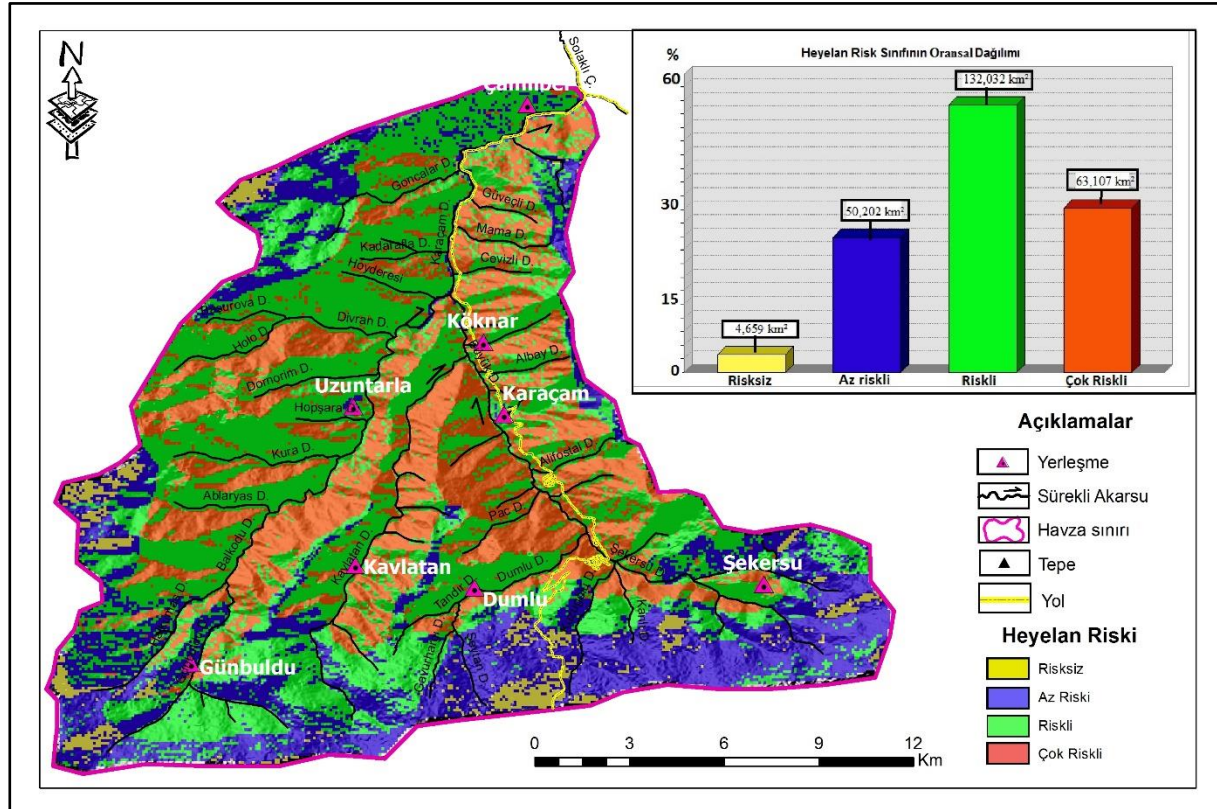
Havza engebeli bir araziye sahip olması ve akarsular tarafından derince yarılmış vadilerin bulunması eğim değerlerinin yüksek olmasına neden olmuştur. Normal olarak saha doğal denge halindedir. Ancak yamaçların dengesi insan faaliyetleri sonucu bozulmaktadır. Örneğin; yol açma, bina yapma ve taş çıkarma gibi mühendislik faaliyetleri için yapılan kazı çalışmalarında uygun şev açısı ve şev yüksekliğinin verilmemesi heyelanlara sebep olmaktadır [17]. Özellikle bu durum yapımı hala devam eden Of-Çaykara-Bayburt yolunda çokça görülmektedir. Arazinin eğim değeri arttıkça heyelan olayının yaşanma riski de artmaktadır. Araştırma sahasının eğim değerlerinin 40°'i bulması özellikle çıplak yamaçlarda kaya düşmesine neden olmaktadır. Eğim bazı alanlarda toprakta gerilmeye neden olup toprağın yavaş bir şekilde kaymasına neden olmaktadır (Şekil 3b). Ayrıca eğimin fazla olduğu bazı yayla yollarında kaya parçaları kopup yöre insanı için tehlike oluşturmaktadır (Şekil 3c).



Şekil 3. Karaçam Mahallesi’nde kar erimesi sonucu bozulmuş duvar (a), eğim nedeniyle tarım alanında oluşan gerilme (c) ve yayla yollarında yaşanan küçük kaya düşmeleri (d).

Bitki örtüsünün özelliği heyelanların oluşmasında da önemli etkindir. Yoğun bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda heyelan olaylarını azaltıcı etkide bulunurken bitki örtüsünün seyrekleşmesi heyelan olayı hızlandırmaktadır. Çünkü bitki örtüsü toprağı kökleriyle birlikte tutarak toprağın kaymasını azda olsa engellemektedir. Havzada yaşanan antropojen faaliyetler nedeniyle bitki örtüsü tahrip edilmekte ve bu nedenle de heyelan afetinin yaşanmasına zemin hazırlamaktadır. Havzada arazi kullanım özelliği heyelanın oluşmasında bir diğer unsurdur. Yörede yapılan çalışmalar ve gözlemler sırasında geçmişten bu güne insanlar orman alanlarını tarım alanlarına dönüştürdüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca sahada yol çalışmaları ile taş ocağı çalışmalarında yaşanan patlatmalar ve ağır tonajlı arabaların geçişi sırasında oluşan titreşimlerde heyelanları tetikleyen bir diğer etkili unsurdur.

Tüm bu veriler ve arazi çalışmaları ışığında heyelan oluşum şartlarına bağlı kalınarak ağırlıklı bindirme yöntemi ile araştırma sahasının heyelan risk haritası oluşturulmuştur. Bu harita incelendiğinde sahanın doğu yamacı genelde heyelan riskinin yüksek olduğu kesimdir. Bu alanda hem eğim değerinin yüksek olması hem de yoğun inşaat çalışmalarının yaşanması heyelan oluşumuna müsait bir durum oluşturmaktadır. Kavlatan ve Uzuntarla’nın doğusu, Karaçam’ın güneydoğusu Balkodu Deresi’nin doğu yamacı heyelan riskinin yüksek olduğu diğer alanlardır. Sahanın güneyindeki yüksek düzlük alan, Kamara T.’nin kuzeyi, Ziyaret T.’nin doğusu ve Şekersu’yun güneybatısı ise heyelan riskinin az olduğu yerlerdir (Şekil 4). [15].



Şekil 4. Araştırma sahası heyelan risk haritası [15].

4. SONUÇLAR

Doğu Karadeniz Bölümü içerisinde heyelanlar insanların mülklerini, tarım alanlarını, yollarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle heyelan afetine maruz kalmadan önce önlem alınması gerekmektedir. Bu bağlamda son yıllarda heyelan risk analizi konusunda çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmalarda CBS programı çokça kullanılmakta ve önemli avantaj sunmaktadır. Bu çalışmada da Karaçım Deresi Havzası'nın heyelan risk analizi yapılmıştır. Yapılan analizde havzanın %25'de heyelan riskinin çok yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sahanın doğu yamaçları heyelan riskinin yüksek olduğu alanlar iken yüksek aşınım düzlüklerinin bulunduğu güney kısmının tamamı ve kuzeybatı köşesi riskin düşük olduğu yerlerdir. Doğu yamaçlarda eğimin fazla olması ve yamaç dengesini bozan çalışmaların varlığı heyelan riskini arttırmaktadır. Riskin oransal dağılımına göre de sahanın %25,6'sı (63,107 km²) çok riskli, %52,4'ü (132,032 km²) riskli, %20,2'si (65,144 km²) az riskli ve %1,8'i (4,659 km²) risksiz orana sahiptir. Bu gibi sonuçlar içinde doğal süreçlerin afet haline gelmemesi için tedbirler alınmalıdır. Afet riski taşıyan yerleşmelerde can ve mal ve güvenliğini sağlamak amacıyla uygun mühendislik uygulamaları yapılmalıdır. Benzer çalışmaların güvenilirliğinin artırılmasında heyelan ile ilişkili parametrelere ait envanter verileri oldukça önemlidir. Bu kapsamda kurumların bu verileri oluşturması ve akademi ile paylaşması elzemdir.

KAYNAKLAR

- [1] HOŞGÖREN, M., Y. Jeomorfoloji Terimleri Sözlüğü I, (1. Baskı). Çantay Kitapevi, İstanbul, Türkiye, 2011
- [2] GÖKÇE O., ÖZDEN S., DEMİR A., "Türkiye'de Afetlerin Mekânsal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri", Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, Ankara. 2008.

- [3] DAĞ S., BULUT F., ALEMDAĞ S., KAYA A., “Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Kullanılan Yöntem ve Parametrelere İlişkin Genel Bir Değerlendirme”. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1(2), 151-176, 2011.
- [4] YALÇIN A., “GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations”, Catena, 72(1), 1–12, 2008.
- [5] AKGÜN A., TÜRK N., “Landslide susceptibility mapping for Ayvalık (Western Turkey) and its vicinity by multicriteria decision analysis”, Environmental Earth Sciences, 61, 595-611, 2010.
- [6] YALÇIN A., REİS S., AYDINOĞLU A.C., YOMRALIOĞLU T., A “GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process, bivariate statistics and logistics regression methods for landslide susceptibility mapping in Trabzon”, NE Turkey, Catena, 85, 274-287, 2011.
- [7] HASEKİOĞULLARI G.D., ERCANOĞLU M., “A new approach to use AHP in landslide susceptibility mapping: a case study at Yenice (Karabuk, NW Turkey)”, Natural Hazards, 63, 1157–1179, 2012.
- [8] KAVZOĞLU T., ŞAHİN E.K., ÇÖLKESEN İ., “Landslide susceptibility mapping using GIS-based multi-criteria decision analysis, support vector machines, and logistic regression”, Landslides, 11, 425–439, 2014.
- [9] AKINCI, H., ÖZALP, A. Y., KILIÇER, S. T., “Coğrafi Bilgi Sistemleri ve AHP Yöntemi Kullanılarak Planlı Alanlarda Heyelan Duyarlılığının Değerlendirilmesi: Artvin Örneği”. Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, Cilt:1, Sayı:1-2, Sayfa:40-53, 2015.
- [10] FİLİZ, M., AVCI, H. “Trabzon İlinde Meydana Gelen Heyelanlar Ve Heyelanların Bölgeye Etkileri”, SDU International Technologic Science, 3, 31-38. 2013.
- [11] REİS, S., YOMRALIOĞLU, T., “Coğrafi Bilgi Sistemleri İle İl Ölçeğinde Afet Yönetim Amaçlı Planlama”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, 2005.
- [12] BAYRAK, T., ULUKAVAK M., “Trabzon Heyelanları”, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1,2, 20-30, 2009.
- [13] <http://www.caykaragundem.com/haber/karacam-yolu-heyelan-nedeniyle-kapandi-4133.html> (Erişim tarihi: 05.07.2018)
- [14] <https://www.caykaragazetesi.com/dev-kaya-kutlesi-uc-mahallenin-yolunu-kapadi/> (Erişim tarihi: 05.07.2018)
- [15] IŞIK, F. “Karaçam Deresi Havzası’nın (Trabzon) Uygulamalı Jeomorfolojisi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi”, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Samsun, 2017.
- [16] <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Erişim Tarihi: 20. 10. 2016)
- [17] BAYRAKDAR, C. “Fırtına Deresi Havzasının Uygulamalı Jeomorfoloji Etüdü”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2006.

MİNERALOGİ-PETROGRAFİ OTURUMU

NİĞDE VOLKANİK KOMPLEKSİ (KB NİĞDE) ERKEN-GEÇ PLİYÖSEN YAŞLI MELENDİZ VOLKANİTLERİNİN HİDROTERMAL ALTERASYON ÖZELLİKLERİ

Murat ÇİFLİKLİ^{1*}, Ömer BOZKAYA²

¹ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde

² Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20070, Denizli

ÖZ

Niğde ilinin kuzeybatısında, Niğde Volkanik Kompleksine ait Erken-Geç Pliyosen yaşlı piroklastik akma çökelleri ve bazaltik ve andezitik kayalardan oluşan Melendiz volkanitleri içerisinde hidrotermal alterasyon zonları gözlenmektedir. Bu çalışmada, alterasyon türü ve koşullarının belirlenmesi amaçlanmış olup, alterasyon zonlarından alınan örnekler üzerinde optik ve elektron mikroskop, X-ışınları kırınımı (XRD) ve X-ışınları flüoresans spektrometresi (XRF) incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Hidrotermal alterasyon ürünü örnekler başlıca silis (kuvars, kristobalit, opal-CT), kil (dioktahedral smektit, kaolinit/halloysit), sülfat (alünit) ve demir oksit-hidroksit (hematit, götit/limonit) mineralleri içermektedir. Kil mineralleri çoğunlukla gözeneklerde neoformasyon ürünü, daha az da feldspatları ornatmış biçimde gözlenmektedir. Alünitler iri (100 µm) ve ince (20 µm) taneli çubuksu prizmatik topluluklar şeklinde gözlenmektedir. Mineral birliktelikleri hidrotermal alterasyonun asidik ortamda (pH <5) ve düşük sıcaklık (<200 °C) koşullarında (arjilik alterasyon) meydana geldiğini göstermektedir. Smektit ve özellikle kaolin minerallerince zengin killi alterasyon ürünlerinin gelişmesi bölge için önemli bir endüstriyel hammadde potansiyeli oluşturmaktadır.

Anahtar kelimeler: Porfiri Au yatağı, arjilik alterasyon, kil/fillo-silikat, mineraloji, jeokimya

HYDROTHERMAL ALTERATION PROPERTIES OF EARLY-LATE PLIOCENE MELENDİZ VOLCANICS FROM NİĞDE VOLCANIC COMPLEX (NW NİĞDE)

ABSTRACT

In the north-western part of Niğde, the hydrothermal alteration zones are observed in Early-Late Pliocene Melendiz volcanics belonging to Niğde Volcanic Complex, composed of pyroclastic flow deposits, basaltic and andesitic volcanic rocks. In this study, it is aimed to determine the alteration types and conditions and optical and electron microscope, X-ray diffraction (XRD) and X-ray fluorescence spectrometry (XRF) studies were carried out on samples taken from the alteration zones. Hydrothermally altered samples include silica (quartz, cristobalite, opal-CT), clay (dioctahedral smectite, kaolinite/halloysite), sulphate (alunite) and iron oxide-hydroxide (hematite, goethite / limonite) minerals. Clay minerals are mostly developed in the pores as neoformation products, and rarely developed in the feldspars as replacement. Alunites are observed as coarse- (100 µm) and fine-grained (20 µm) rod-like prismatic assemblages. Mineral associations suggest that the hydrothermal alteration was occurred in acidic (pH <5) and low temperature (<200 °C) (argillic alteration) conditions. The development of clayey alteration as smectite- and especially kaolin-rich products are made an important industrial raw material potential for the region.

Keywords: Porphyry Au deposit, argillic alteration, clay/phyll-silicate, mineralogy, geochemistry

*Murat Çiflikli / Sorumlu yazar. Tel.: 0 388 225 4006; e-mail / e-posta: muratc@ohu.edu.tr

1. GİRİŞ

Niğde ilinin kuzeybatısında Geç Neojen-Kuvaterner yaşlı Niğde Volkanik Kompleksine ait Erken-Geç Pliyosen yaşlı piroklastik akma çökelleri, piroksen-olivinli bazalt, piroksenli bazaltik andezit, andezit ve dasit dayklarından oluşan Melendiz volkanitleri içerisinde hidrotermal alterasyon zonları gözlenmektedir. Piroklastik ve lav ürünlerinin etkileyen alterasyon beyaz-sarımsı beyaz renkli silis ve kil minerallerinde zengin oluşumlara neden olmuştur. Orta Anadolu Volkanik Bölgesi içerisinde güney kesimini temsil eden Niğde Volkanik Kompleksi kayaçları (Şekil 1); Anadolu'daki diğer Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanik aktivitelerde olduğu gibi, neotektonik periyot sırasında oluşan tektonik olaylarla kökensel ilişkili olup [1], bölgede volkanik kayaçları konu alan çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir ([2] ve içindeki referanslar).

Çalışmanın konusunu oluşturan düşük sıcaklık (epitermal) alterasyonları, asidik çözeltiyle karakteristik olup, cevher ve endüstriyel mineralizasyonlar için önemli bir kılavuz niteliğindedir. Alüminyum silikatların bozulması, silis zenginleşmesine ve silisçe-zengin arjilik alterasyon zonlarının gelişimine neden olmaktadır [3,4]. Arjilik alterasyon 100-300 °C arasındaki sıcaklık koşullarında, yüksek H⁺ metasomatizması ve asidik ortamı temsil eden kil/fillosilikat minerallerinin (halloysit, kaolinit, dikit, pirofillit) oluşumuyla karakteristiktir [3]. Bu tür ortamlarda kil/fillosilikat minerallerinin yanı sıra silis (opal, opal-CT, kristobalit, tridimit, kuvars) ve sülfat (alünit) minerallerinin oluşumuna da neden olmaktadır. Arjilik alterasyon zonu, aşırı asidik (düşük pH) koşullardan nötral (düşük-orta pH) koşullara doğru sırasıyla silika, alünit, alünit-kaolin ve kaolin grubu şeklinde alt mineral birlikteliklerine ayrılmaktadır [4].

Bu çalışmada, daha önce herhangi bir inceleme gerçekleştirilmemiş olan alterasyon zonlarının mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenerek alterasyon türü ve koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda alterasyon ürünü kayaçların dokusal özellikleri ve mineral birliktelikleri ortaya konularak alterasyon türü ve koşulları hakkında bilgiler sunulacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Niğde ili kuzeyinde Ballı, H.Abdullah ve Murtaza köyleri arasında yüzeylenen alterasyon zonlarından itibaren toplam 35 adet sistematik örnek alınmıştır. Örnekler üzerinde optik (OM) ve elektron mikroskop (SEM), X-ışınları kırınımı (XRD) ve X-ışınları flüoresans spektrometresi (XRF) incelemeleri gerçekleştirilmiştir.

OM ve SEM incelemeleri ile kayacı oluşturan bileşenler ve bunların dokusal özellikleri tanımlanarak kayaçların adlandırılmalarının yanı sıra; bozulma ve bozunma ürünleri aydınlatılmaya çalışılmıştır. SEM incelemeleri Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarlarında Zeiss Evo 40X VP marka elektron mikroskopunda gerçekleştirilmiştir. Elektron mikroskop incelemesi yapılacak örnekler 5 mm'lik parçalara ayrılıp tozlardan arındırıldıktan sonra altın kaplanarak ikincil elektronlar (secondary electrons; SEM-SE) yardımıyla üç boyutlu görüntüler alınmıştır. Mineral kimyası analizleri SEM üzerine monte edilmiş EDS sistemi yardımıyla belirlenmiştir.

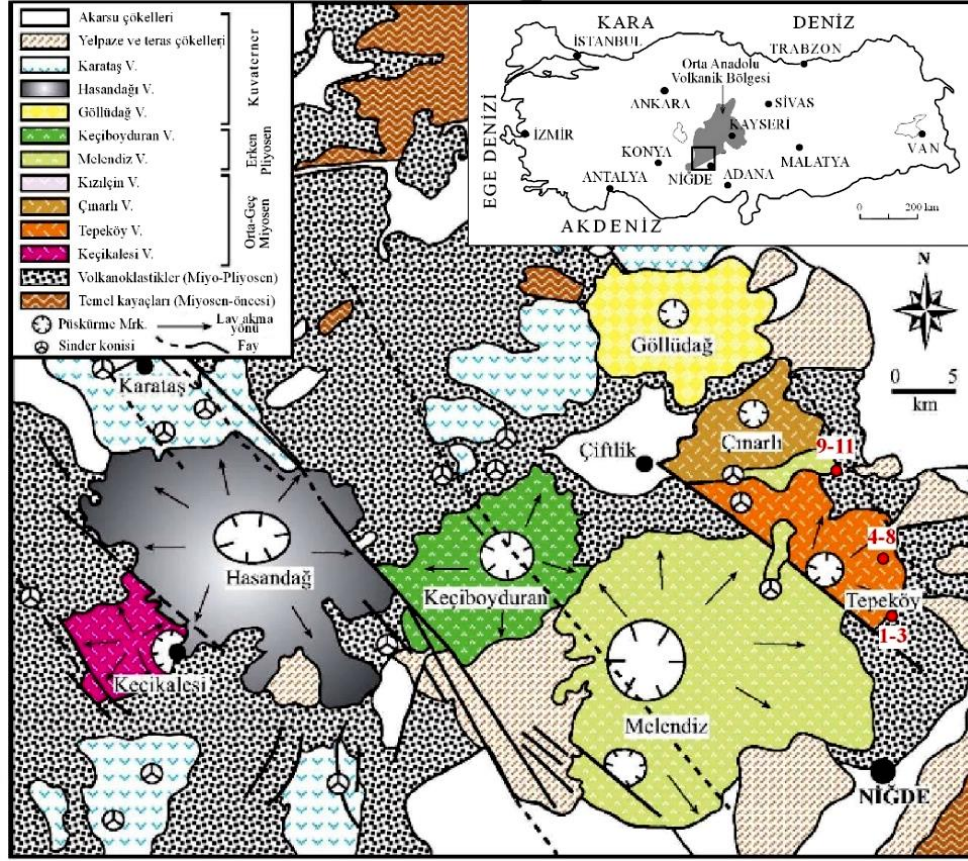
XRD yöntemi, alterasyon ürünü kayaçların tüm kayaç ve kil boyu bileşenlerinin mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi amacıyla 22 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. XRF analizleri alterasyon ürünlerinin kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi amacıyla 13 üzerinde uygulanmıştır. XRD ve XRF analizleri Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarlarında Philips Panalytical Empyrean ve Zetium marka cihazlarda yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Litoloji ve Alterasyon

Melendiz volkanitleri içerisinde gelişen hidrotermal alterasyon zonlarının arazi görünüşleri Şekil 2'de verilmiştir. Piroklastik ve lav ürünlerini etkileyen hidrotermal alterasyon beyaz-sarımsı beyaz renkli silis ve kil minerallerince zengin oluşumlara neden olmuştur. Ballı köyü batısındaki arama ve işletme amaçlı açılmış yarmalarda, aşırı bozulmuş ve sarımsı-beyaz renkli kilce zengin seviyelerin tabakalanma göstermeleri bunların piroklastik kayaçlar olduğuna işaret etmektedir (Şekil 2a). Ballı köyü ve Murtazaköy yakınlarındaki işletme yarmalarında hidrotermal alterasyon sonucu oluşan killeşmiş tüflere yamacıklar biçiminde silisli ve limonitli

oluşumlar eşlik etmektedir (Şekil 2b-c). Limonitli ve silisli yamacıklı killeşmiş tüfler içerisinde, çatlak ve/veya boşluk dolguları biçiminde birkaç cm kalınlığa sahip, çok hafif ve beyaz renkli saf kil oluşumları gözlenmiştir. Bu durum, mevcut alterasyonalrı üzerleyen daha genç alterasyonların varlığına işaret eder niteliktedir. Silisçe zengin zonlar, midye kabuğu (konkoyidal) kırınımlı, amorf veya ince taneli (submikroskopik) silis oluşumlarıyla karakteristiktir. Sarımsı-kırmızı demiroksit-hidroksit oluşumları yüksek miktarda silis içermektedir.

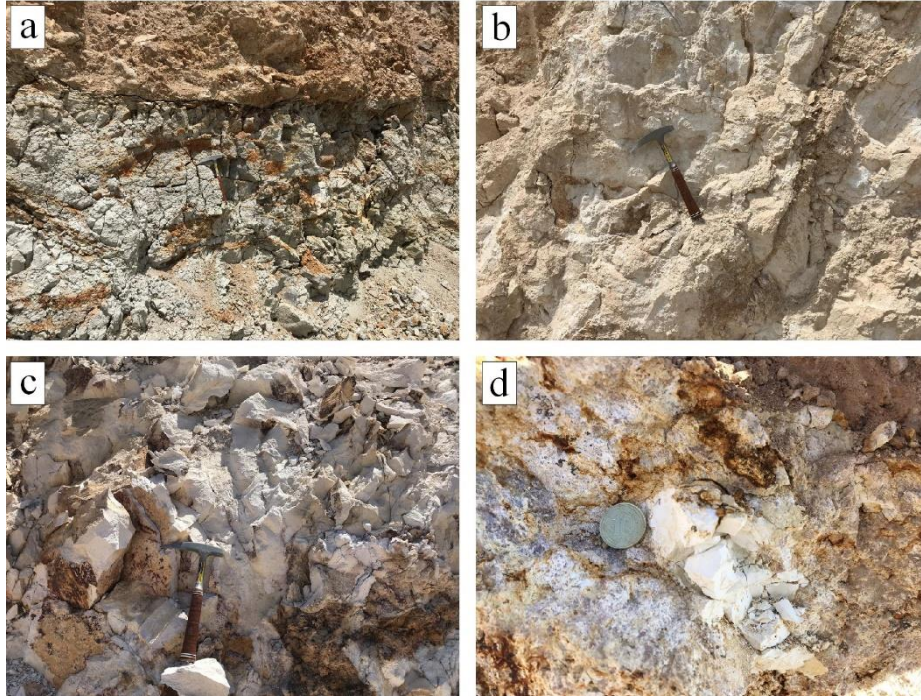


Şekil 1. Niğde kuzeybatısının jeoloji haritası ve örnek yerleri (Jeolojik harita [1,2]'den alınmıştır).

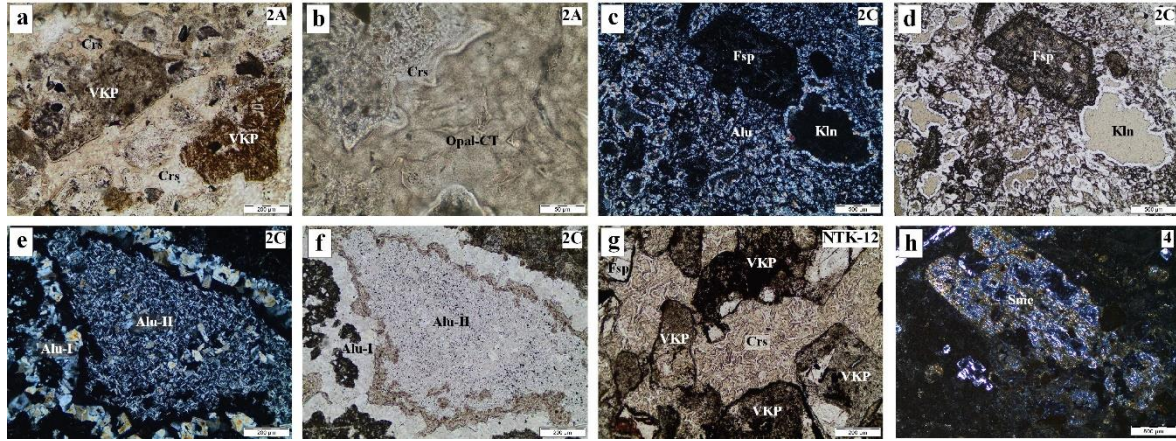
3.2. Petrografi

Alterasyon zonlarından alınan örneklerin optik mikroskop görünümü Şekil 3'de verilmiştir. Grimsi-beyaz renkli bozuşmuş piroklastik kayaç örneğinde, vitroklastik porfirik doku korunmuş olup, amorf silis (Opal-CT) ve kristobalitler volkan camının silisleşmesini yansıtır biçimde kristal ve volkanik kayaç parçacıkları arasında gelişmiştir (Şekil 3a). Simektitler büyük ölçüde volkan camından itibaren matrikste ve yer yer feldispatları ornatır biçimde gelişmiştir. Kristobalitler seritsi görünümüyle amorf silislerden ayırt edilmektedir (Şekil 3b). Diğer bir bozuşmuş piroklastik kayaç örneğinde, matrikste ve bozuşmuş feldispat kristallerini ve gözenekleri çevreler biçimde gelişmiş alünitler ile gözenek dolgusu kaolinit oluşumları gözlenmiştir (Şekil 3c-d). Alünitler çatlak dolgusu ve gözenekleri çevreler biçimde iri-taneli (100 µm) yassı prizmatik kristaller ve gözenek dolgusu biçiminde ince taneli (20 µm) çubuksu prizmatik topluluklar şeklinde birbirini izleyen iki farklı evrede gelişmiş bir doku sergilemektedir (Şekil 3e-f). Bordo-kahverenkli bozuşmuş piroklastik kayaç örneğinde (vitrik kül tüf), volkanik kayaç parçacıklarının arasını dolduran volkan camı solucanımsı biçimli haloysit ve kristobalitlere dönüşmüştür (Şekil 3g). Plajiyoklaz fenokristallerinin yoğun olduğu kristal kül tüf örneğinde, plajiyoklazların büyük ölçüde bozularak simektite dönüştüğü gözlenmektedir (Şekil 3h).

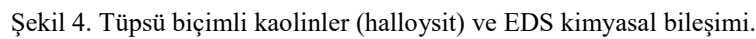
Kaolince zengin örneğin taramalı elektron mikroskop incelemesinde tüpsü biçimli (halloysit) ve tipik kaolin bileşimi sergiledikleri belirlenmiştir (Şekil 4).



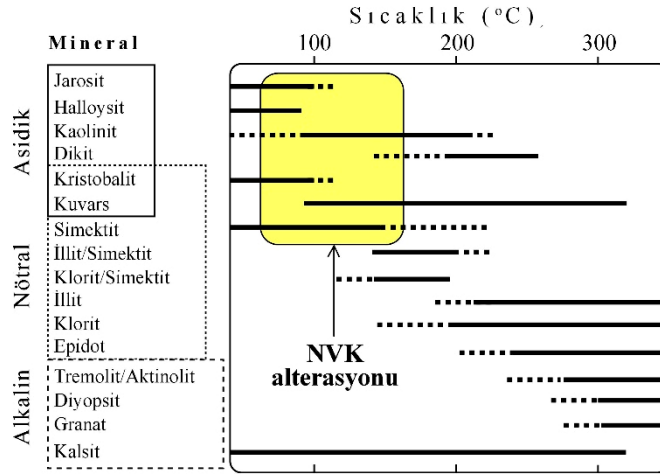
Şekil 2. Melendiz volkanitlerinin hidrotermal alterasyon zonlarının arazi görünüşleri. (a) Aşırı killeşmiş tabakalı tüfler ve üzerindeki güncel alüvyon örtü (Ballı köyü batısı), (b-c) Silisli ve limonitli yamacıklar içeren kaolince zengin aşırı killeşmiş tüfler (Murtazaköy batısı), (d) Limonitli, silisli yamacıklı killeşmiş tüfler içerisinde hafif ve beyaz renkli saf kil oluşumları (Ballı köyü batısı).



Şekil 3. Melendiz volkanitlerine ait bozuşmuş kayaçların optik mikroskop görünüşleri. (a) Vitroklastik porfirik dokulu piroklastik kayaçlarda volkanik kayaç parçacıkları (VKP) arasında silisleşmiş (kristobalit-Crs) volkan camı ve killeşmiş feldispatlar (tek nikol), (b) Volkan camında amorf silis ve şerit biçimli kristobalit (Crs) oluşumları (tek nikol), (c-d) Bozuşmuş piroklastik kayaçlarda feldispat ve gözenekleri çevreyen alünit (Alu) ve gözenek dolgusu kaolinit (Kln) oluşumları (c-çift nikol, d-tek nikol), (e-f) Gözenek çeperini oluşturan iri kristal boyutlu alünit (Alu-I) ve gözenek dolgusu ince kristal boyutlu alünit (Alu-II) oluşumları (e-çift nikol, f-tek nikol), (g) Litik kül tüflerde ve solucanımsı kristobalit ve kaolinit (halloysit) oluşumları (tek nikol), (h) Kristal kül tüflerde tümüyle simektite (Sme) dönüşmüş plajiyoklaz fenrokristali (çift nikol).



246



Şekil 6. Mineral birlikteliklerine göre alterasyon koşulları. Mineral sıcaklık çizgileri [4,5].

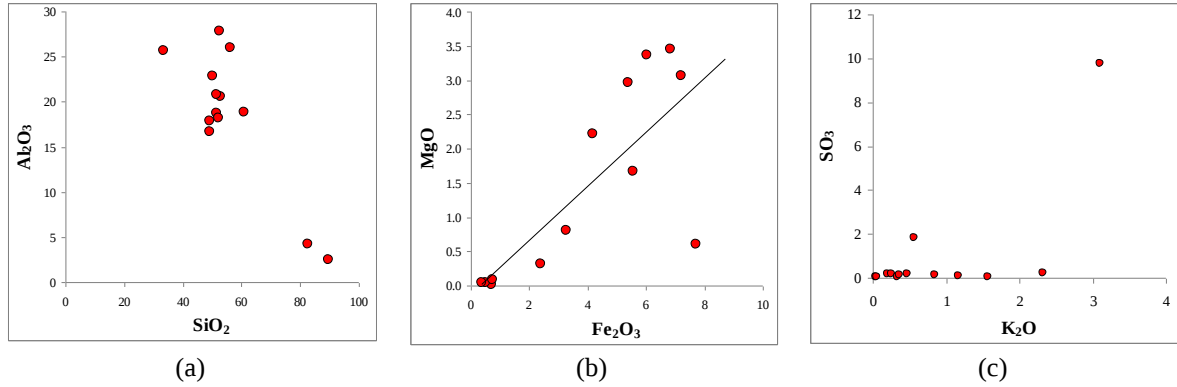
3.4. Jeokimya

Hidrotermal alterasyonla ilişkili kayaçların ana element oksit bileşimleri Tablo 1’de verilmiştir. Alterasyon ürünü kayaçların kimyasal bileşimlerdeki farklılıklar örneklerin alındığı bölgelerden ziyade mineralojik bileşimleriyle ilişkilidir. Silisce zengin iki örnek hariç Al_2O_3 içerikleri % 16.63 - 27.83 arasında değişmektedir. Feldispat içeren örneklerde CaO içeriklerinin (% 1.20 - 2.30), NaO içeriklerine (% 1.20 - 2.30) göre yüksek olması, feldispatların anortitce zengin olmalarıyla ilişkilidir. K_2O içerikleri alüinitli örneklerde maksimum (% 3.10) değere ulaşmaktadır. Alüinit içermeyen simektitce zengin örneklerdeki yüksek K_2O içerikleri ise simektitlerin illitik bileşen içermeleriyle ilişkili gözükmemektedir. Bozmuş kayaçların kimyasal verileri Al_2O_3 - SiO_2 , MgO - Fe_2O_3 ve SO_3 - K_2O diyagramlarında değerlendirilmiştir (Şekil 6). Silisce zengin iki ve alüinitce zengin bir örnek hariç, SiO_2 dar, buna karşın Al_2O_3 geniş bir aralık sunmaktadır (Şekil 7a). MgO ve Fe_2O_3 içeriklerinin pozitif korelasyon sunması (Şekil 7b), bunların amfibol ve biyotit gibi ferromagnezyen minerallerin bozulmasından ileri gelmektedir. SO_3 ve K_2O içerikleri alüinit içeren iki örnek hariç, K_2O içeriklerinin sülfatlardan bağımsız, killere ilişkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Niğde Volkanik Kompleksi (NVK) alterasyon zonlarına ait örneklerin ana element oksit bileşimleri. (Mineral kısaltmaları [6]’den alınmıştır).

Bölge	Ballı					Yayla yolu					H.Abdullah		Murtaza
Min. Bileşim	Crs+Opal-CT+Cra	Sme+Kln+Fsp+Crs	Sme+Kln+Fsp+Crs	Alu+Kln	Crs+Opal-CT+Cra	Sme+Kln+Fsp	Sme+Kln	Sme+Fsp+Crs	Sme+Fsp	Sme+Kln+Crs+Cal	Kln+Alu	Sme+Fsp	Sme+Fsp
% Oksit	1	2A	2B	2C	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	82.57	56.23	52.88	33.50	89.62	60.81	50.32	51.67	51.48	49.26	52.46	49.25	52.10
TiO ₂	1.25	0.85	0.72	0.40	1.72	0.78	0.85	0.78	0.88	0.76	0.80	0.81	0.81
Al ₂ O ₃	4.25	26.03	20.58	25.72	2.44	18.85	22.88	20.80	18.71	16.63	27.83	17.91	18.15
Fe ₂ O ₃	0.72	2.39	5.57	0.52	0.36	3.28	4.19	7.72	7.20	5.40	0.73	6.83	6.04
MnO	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.13	0.06	0.40	0.01	0.04	0.03
MgO	0.01	0.32	1.67	0.04	0.04	0.81	2.21	0.60	3.06	2.97	0.09	3.45	3.36
CaO	0.42	0.65	1.78	0.20	0.22	2.30	1.12	1.20	1.37	4.71	0.27	1.91	1.74
Na ₂ O	0.06	0.01	0.01	0.01	0.45	0.90	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
K ₂ O	0.20	1.17	1.57	3.10	0.25	2.32	0.04	0.85	0.33	0.06	0.57	0.47	0.36
P ₂ O ₅	0.62	0.11	0.15	0.31	0.03	1.15	0.05	0.06	0.11	0.09	0.40	0.11	0.08
SO ₃	0.20	0.08	0.05	9.78	0.17	0.24	0.05	0.13	0.06	0.04	1.82	0.18	0.15
LOI	9.50	12.72	15.10	26.60	4.93	9.63	19.25	15.40	17.60	20.83	15.85	19.66	18.00
Toplam	99.81	100.57	100.10	100.19	100.24	101.09	101.01	99.35	100.87	101.16	100.84	100.63	100.83

Fsp= Feldispat, Sme= Simektit, Kln= Kaolinit, Alu= Alüinit, Crs=Kristobalit, Cra=Krandallit, Cal= Kalsit



Şekil 7. NVK bozuşma gösteren kayaların kimyasal bileşimlerinin (a) Al₂O₃ - SiO₂, (b) MgO - Fe₂O₃ ve SO₃ - K₂O diyagramlarındaki dağılımı.

4. SONUÇLAR

Niğde Volkanik Kompleksi'nin Melendiz Volkanitlerinin özellikle piroklastik seviyelerinde yaygın olmak üzere hidrotermal alterasyonlar gözlenmiştir. Alterasyon zonlarından alınan örnekler başlıca silis (kuvars, kristobalit, opal-CT), kil (smektit, kaolinit), sülfat (alünit) ve demir oksit-hidroksit (hematit, götit/limonit) mineralleri içermektedir. Mineral birliktelikleri hidrotermal alterasyonun asidik ortamda (pH <5) ve düşük sıcaklık (<200 °C) koşullarında (arjilik alterasyon) meydana geldiğini göstermektedir. Farklı tane boyutlu alünitlerin varlığı hidrotermal çözeltilerin soğumasıyla birlikte birbirini izleyen kristalleşmelerin kanıtı olarak değerlendirilmiştir. Smektit ve özellikle kaolin minerallerince zengin (SiO₂: % 47-59, Al₂O₃: % 17-28) aşırı killi alterasyon ürünlerin gelişmesi, bölge için önemli bir endüstriyel hammadde potansiyeli oluşturmaktadır. Alterasyonla ilişkili saf smektit ve kaolinit fraksiyonları ile alünitce zengin örneklerin varlığı, duraylı (oksijen, hidrojen) ve radyojenik (K-Ar, Ar-Ar) izotop incelemelerinin yapılmasına olanak sağlamakta olup, hidrotermal çözeltilerin kökeni ve alterasyon yaşının ve süresinin belirlenmesi açısından önemli bir potansiyel niteliğindedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar arazi çalışması ve örnek alımı sırasındaki katkılarından dolayı Dr. Sinan Altuncu'ya teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- [1] GÖNCÜOĞLU, M.C., TOPRAK, V., "Neogene and Quaternary volcanism of central Anatolia: a volcano-structural evaluation", Bull. de la Section de Volcanologie Soc. Géol. France. 26, 1-6, 1992.
- [2] AYDIN, F., DİRİK, R.K., SÖNMEZ, M., Niğde Volkanik Kompleksinin Jeokronolojisi ve Petrojenezi: Neo-Kuvaterner Döneminde Orta Anadolu'daki Manto Bileşimi, Magma Gelişimi ve Jeodinamik Süreçler Üzerine Uygulamalar. TÜBİTAK Projesi, No: 108Y003, 142s.
- [3] PIRAJNO, F., Hydrothermal Processes and Mineral Systems. Springer, London, 2010.
- [4] CORBETT, G.J., LEACH, T.M., "Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization". Special Publications of the Society of Economic Geologists, Special Publication, No. 6, 237 pp, 1998.
- [5] BERGER, G., VELDE, B., "Chemical-parameters controlling the propylitic and argillic alteration process", Eur. J. Mineral., 4, 1439-1455, 1992.
- [6] WHITNEY, D.L., EVANS, B.W., "Abbreviations for names of rock-forming minerals", American Mineralogist, 95, 185-187, 2010.

HİDROJEOLJİ OTURUMU

NIĞDE YERALTI SULARININ SU KALİTESİ VE İZ ELEMENT İÇERİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ, ORTA ANADOLU, NIĞDE, TÜRKİYE

Abdurrahman LERMI^{1*}, Gökhan ERTAN¹ ve Emmanuel Daanoba SUNKARI¹

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde, Türkiye

ÖZ

Niğde civarında 2016 yılı ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde toplam 37 adet kuyu ve kaynak suyu örneklenmiştir. Bölgedeki karbonat kayaçların baskın olmasının bir yansıması olarak baskın su türleri, Ca-SO₄-HCO₃ tiplerindedir. Yer altı sularının arsenik içeriği bakımından her iki mevsimde toplanan örneklerin yaklaşık % 50'si, WHO ve Türk standartlarına göre izin verilen 10 µg/L sınırın aşmış durumdadır. İlkbahar mevsiminde toplanan örneklerden bildirilen As konsantrasyonu ortalama olarak 24.9 µg/L ile 0.69-391.14 µg/L arasında değişirken, düşüşte As konsantrasyonu ortalama 12.9 µg/L ile 0.29-43.64 µg/L arasında değişmiştir. TDS, EC, Ca²⁺, SO₄²⁻, ve NO₃⁻ haricinde diğer tüm hidrokimyasal parametreler içme suyu için izin verilen sınırlar içinde kalmaktadır. Yüksek olan parametreler ise, büyük ölçüde ilde tarımsal kimyasalların (sülfat ve nitrat gübreleri) uygulanması gibi antropojenik aktivitelere ve kısmen jeojenik kökene bağlıdır. Buna göre, kuyu su kaynaklarındaki yüksek arsenik, derin kaynaklı sivilardan ve bu suların kayaçlarla uzun süreli etkileşimi sonucunda zenginleşmiş olmalıdır.

Anahtar kelimeler: yeraltı suyu kalitesi, arsenik kontaminasyonu, su-kaya etkileşimi, antropojenik kaynaklar

ASSESSMENT OF NIĞDE GROUNDWATER IN TERMS OF WATER QUALITY AND TRACE ELEMENT CONTENTS, CENTRAL ANATOLIA, TURKEY

ABSTRACT

A total of 37 well and spring water samples were collected around Niğde in the spring and fall seasons of the year 2016 and analyzed using hydrogeochemical and multivariate statistical analysis to understand the hydrochemistry. The dominant water type is Ca-SO₄-HCO₃, which is a reflection of the widespread occurrence of carbonate rocks in the area. About 50% of the samples collected in both seasons have elevated arsenic concentration when compared with the WHO and Turkish standard institute permissible limit of 10 µg/L. The As concentration reported from the samples collected in the spring season ranged from 0.69-391.14 µg/L with an average of 24.9 µg/L, whereas in the fall, the As concentration changed from 0.29-43.64 µg/L with an average of 12.9 µg/L. All other hydrochemical parameters fall within the permissible limits for drinking water except TDS, EC, Ca²⁺, SO₄²⁻, and NO₃⁻, largely due to anthropogenic activities. Arsenic in the well water sources might have evolved from deep crustal fluids or arsenic-bearing rock sources.

Keywords: groundwater quality, arsenic contamination, water-rock interaction, anthropogenic sources

1. INTRODUCTION

The study area forms part of the Niğde Massif and is dominated by varying lithologies (Fig. 1). Upper Miocene to Pliocene ignimbrite, pebbles, sandstones, limestones, andesites, basalts, tuffs and agglomerates, which are erupted products of the Hasandag volcanic unit overly the basement rocks along the western and southern flanks of the area and are covered by Quaternary alluvial and travertine deposits in some localities serving as the major aquifer rocks. The northwestern and southeastern lithologies are separated by the Niğde fault which has affected most of the rocks.

Previous studies limited to analysis of heavy metals in sediments of watersheds within the Niğde Province reported elevated As concentrations (> 250 mg/kg) in the sediments [1][2][3]. The elevated concentrations of As

in the sediments is worrying since the As loading in the groundwater sources in the province might be due to leaching from the sediments as a result of intense precipitation [4]. Therefore, this study is focused on understanding the chemistry of the high arsenic groundwater mainly from springs and wells in the Niğde Province of central Turkey and their suitability for drinking and agricultural purposes.

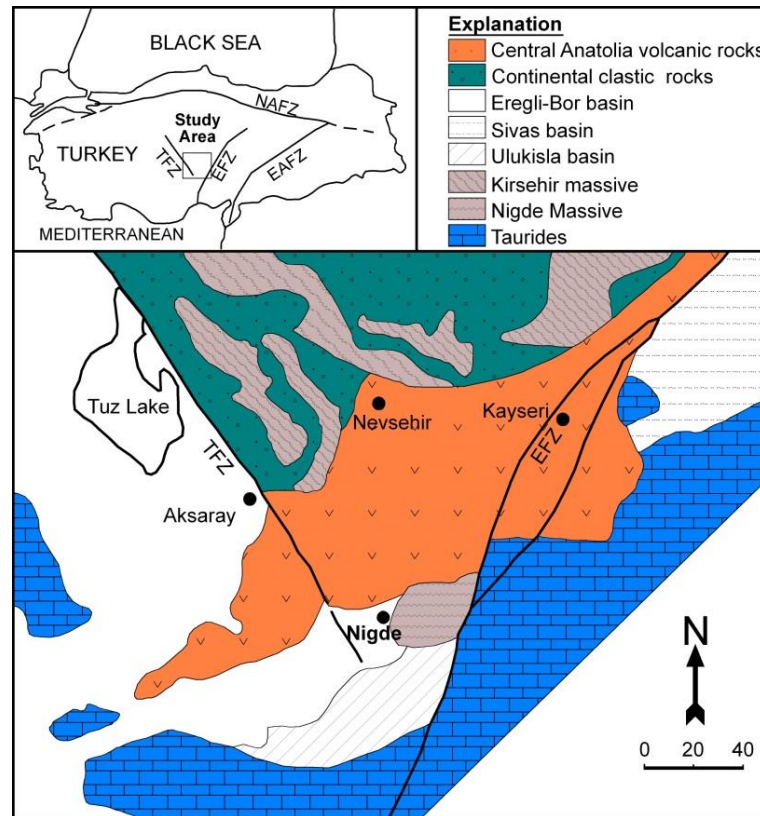


Figure 1. Simplified geological map of central Anatolia showing the location of the Niğde Massif where the study is focused

2. MATERIAL AND METHOD

A total of 37 groundwater samples comprising of 24 samples from active wells and 10 samples from springs were first collected in May (spring season) 2016 and again in December (fall season) 2016 from the study area to observe the seasonal variations. The samples were collected and stored in 100 mL polyethylene bottles following standard procedures and sent to Kocaeli University Central Laboratory for hydrogeochemical analysis. The hydrogeochemical results obtained were displayed on Piper and Schoeller diagrams using AquaChem software version 4.0. Spatial distribution maps of the parameters with higher concentrations in the groundwater were generated by kriging interpolation method using Surfer software version 13.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Hydrochemistry

The major ion abundance in the groundwater is in the order $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ and $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^-$, implying that Ca^{2+} and HCO_3^- are the abundant ions. This accounted for the dominance of $\text{Ca-CO}_3\text{-SO}_4$ -

HCO₃ water type with other mixed water types in the area (Fig. 2a, b), reflecting significant weathering, dissolution of local carbonate rocks and gypsum, calcite precipitation, and de-dolomitization processes.

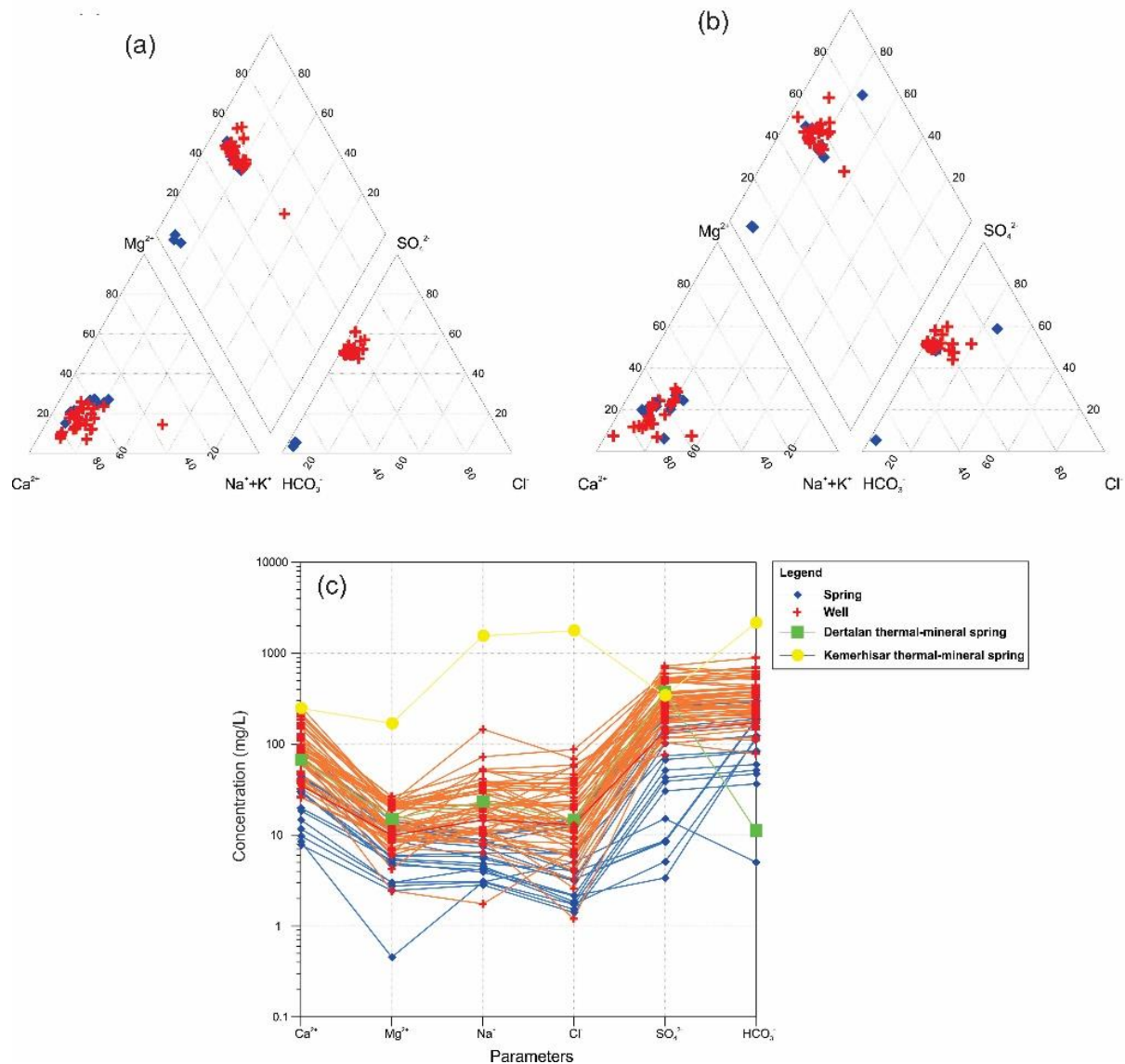


Figure 2. (a) and (b) Piper diagrams showing the groundwater type in the spring and fall seasons, respectively and (c) Schoeller diagram showing the influence of surrounding thermal-mineral springs on the groundwater quality

From the Schoeller diagram, it is observed that the concentration of all the major ions in the well water samples are higher than those of the spring water samples in both seasons (Fig. 2c). A comparison of the studied samples with adjacent thermal-mineral springs in the area mainly Dertalan thermal-mineral spring water [5] and Kemerhisar thermal-mineral spring water [6] reveals a significant overlap of the well samples with the Dertalan thermal-mineral spring water (Fig. 2c).

The trace element concentrations are found to be generally within the acceptable guideline values and do not differ in both seasons except Arsenic (As). As exceeded the WHO [7] and TSE-266 [8] acceptable limit of 10 µg/L for 18 samples (~ 50%) in the spring season and reduced to 12 samples (~ 32%) in the fall. These samples were mainly well water samples around Sazlica, Niğde city center, Gümüşler, Kemerhisar, and Bor areas (Fig. 3). Interestingly, the As concentration reported from the samples collected in the spring season ranged from 0.69-

391.14 $\mu\text{g/L}$ with an average of 24.9 $\mu\text{g/L}$, whereas in the fall, the As concentration changed from 0.29-43.64 $\mu\text{g/L}$ with an average of 12.9 $\mu\text{g/L}$.

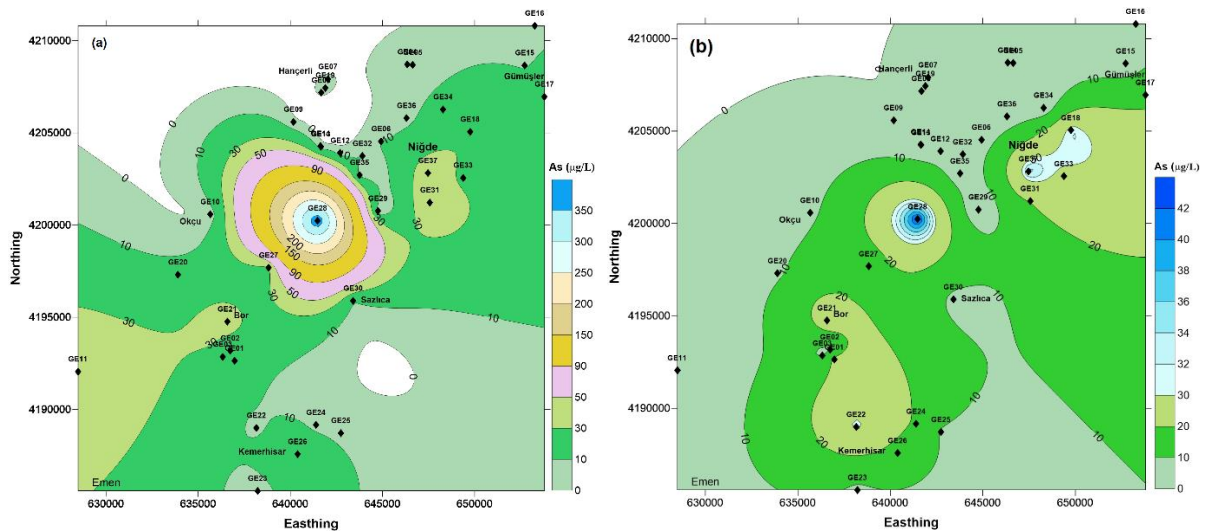


Figure 3. Spatiotemporal variation of the arsenic concentration in the groundwater during (a) spring season and (b) fall season

3.2. Factors influencing groundwater chemistry

All the groundwater samples fall within the central parts of Gibbs diagrams [9], suggesting that chemical weathering of rocks and dissolution of minerals are the principal controls of the groundwater chemistry (Fig. 4a, b). Nevertheless, the increase in TDS against $\text{Na}/(\text{Na}+\text{Ca})$ observed in Figure 4a implies that other processes such as cation exchange of Na^+ and Ca^{2+} are also controls of the groundwater chemistry [10]. Anthropogenic contributions from farming activities and domestic waste are also culprits for the variation in groundwater chemistry.

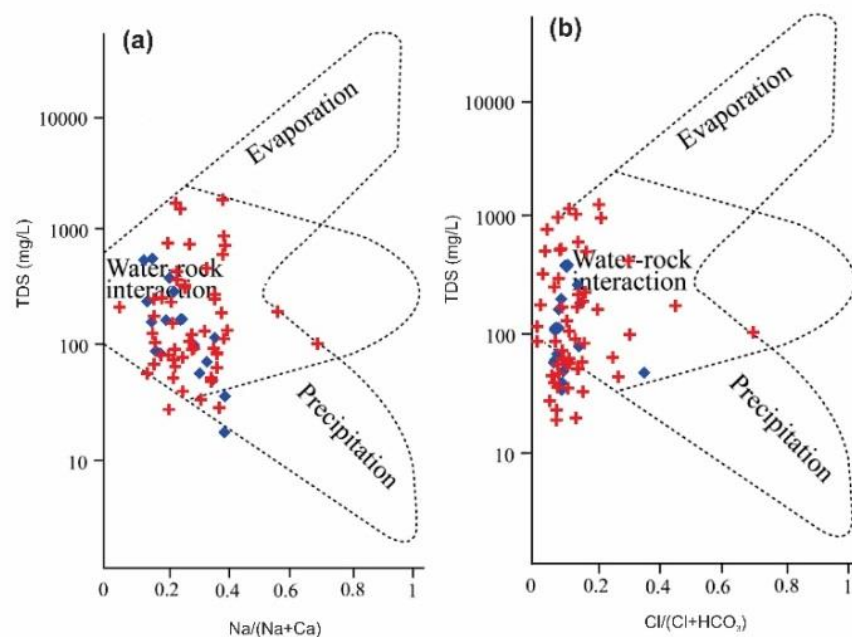


Figure 4. Gibbs plots (a) TDS against $\text{Na}/(\text{Na}+\text{Ca})$, (b) TDS against $\text{Cl}/(\text{Cl}+\text{HCO}_3)$

3.3. Water quality assessment

The samples are generally suitable for drinking in regard of their low concentrations which are below both the WHO [7] and TSE-266 [8] drinking water guideline values for pH, temperature, dissolved oxygen, Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , and F^- . However, four well samples are above the WHO [7] and TSE-266 [8] drinking water guideline values (1000 mg/L) and (200 mg/L) for TDS and Ca^{2+} , respectively. Consumption of such water will be detrimental to human health since higher TDS values will cause bad odour of the water and drinking water must not have any sort of odour and high Ca^{2+} contents can lead to cerebrovascular disorders and make the water hard for other domestic purposes [11].

On the Wilcox diagram (Fig. 5), all the water samples fall within category C1-S1, C2-S1 and C3-S1, implying low sodium (alkali) hazard and excellent irrigation water. In all, the spring water samples are the best option for irrigation purposes than the well samples since they have lower salinities than the well samples (Fig. 5).

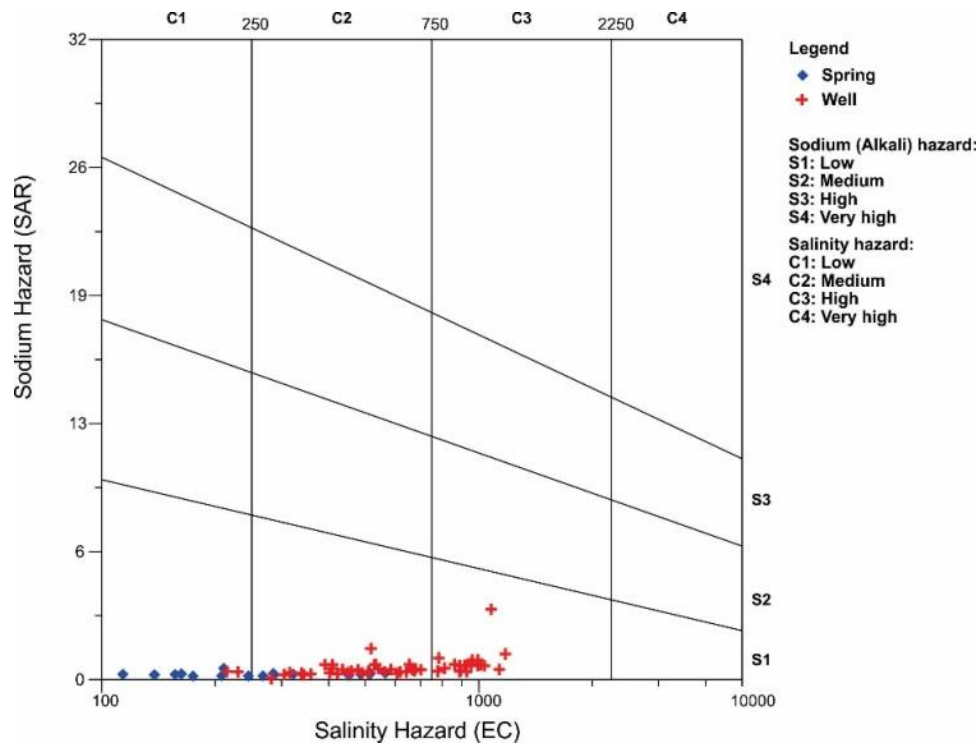


Figure 5. Irrigation water quality assessment using Wilcox diagram [12]

3.5. Sources of arsenic

Oxidation and dissolution of sulphide minerals such as pyrite, chalcopyrite, and arsenian pyrite are invoked as the main sources of the arsenic in the groundwater. The positive correlation between As and SO_4^{2-} suggests that the two may have been released from a common sulphide source (Fig. 6a). Generally, the high As concentrations ($> 10 \mu\text{g/L}$) appear to be related to groundwater samples with high SO_4^{2-} concentrations ($> 400 \text{ mg/L}$). But geochemical processes dissociated the As- SO_4 relation followed by buffering of the solution pH due to silicate and carbonate dissolution, and thus enriching the groundwater with As in some sampling points. The positive correlation between Fe and As (Fig. 6b) is a clear evidence that the As-rich minerals in the study area are in proximity to Fe-oxides responsible for As adsorption and may have originated from same source.

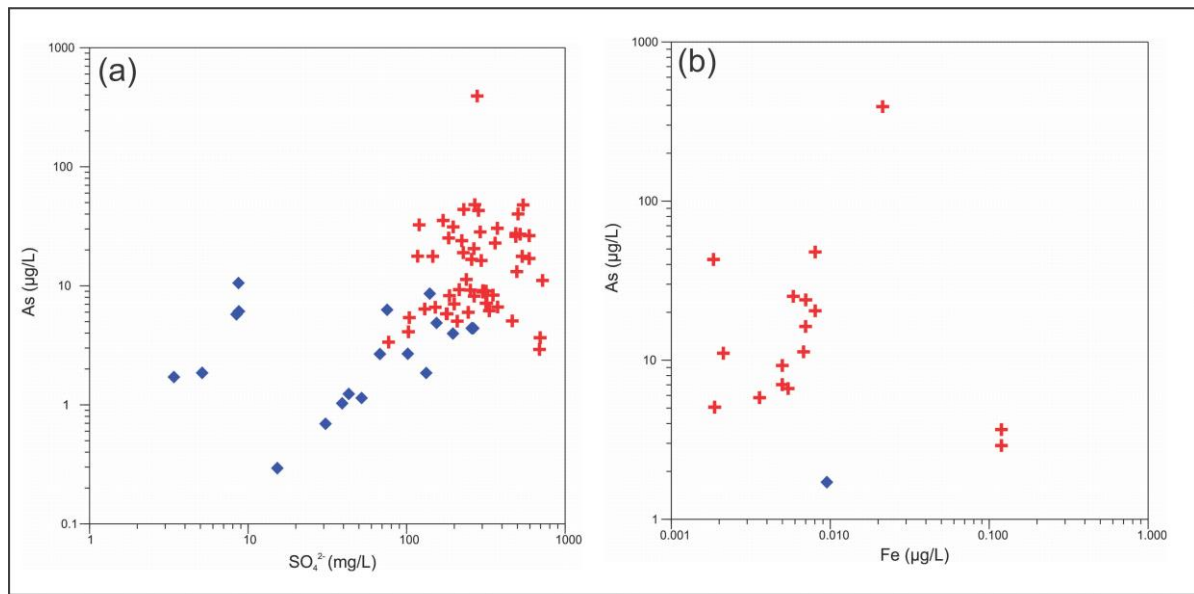


Figure 6. Relationships between As and some ions (a) As vs. SO_4^{2-} and (b) As vs. Fe

4. CONCLUSIONS

The dominant water type is $\text{Ca-SO}_4\text{-HCO}_3$, which is a signature of the local geology in the area. Water-rock interaction manifested by chemical weathering is the principal hydrogeochemical process controlling the chemistry of the groundwater but some influence from anthropogenic sources may have also played a critical role on the groundwater chemistry. All the physico-chemical parameters generally comply with the WHO and Turkish national guideline values for drinking water except TDS, EC, Ca^{2+} , SO_4^{2-} , NO_3^- , and As. The well water samples have quite high salinities than the spring water samples. Therefore, using the well water for irrigation purposes may pose salinity problems to the soils and thus, requires mixing of the water before use to offset the salinity effect.

Arsenic contamination of the groundwater is primarily attributed to chemical weathering and dissolution of rocks that contain arsenic-bearing minerals and secondary Fe-oxides under anaerobic conditions. We recommend that the arsenic should be mitigated by coagulation of the water with ferric chloride (or alum), intensive filtration prior to usage, elimination by the use of iron oxide-coated sand or iron saturated sand, adsorption on treated zeolites, and direct adsorption on zero-valent iron.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Scientific Research and Projects Unit of Niğde Ömer Halisdemir University (Project No: FEB2015-09). The third author thanks TÜBİTAK BİDEB 2215 Graduate Scholarship Program for International Students for the continuous support as a doctoral fellow during this research.

REFERENCES

- [1] AKÇAY, M., Genesis of the stibnite-cinnabar-scheelite deposits of the Gumusler area, Niğde, central Turkey and implications on their gold potential, University of Leicester, UK (Doctoral dissertation, Geology), 1994. <http://hdl.handle.net/2381/34995>.
- [2] YALCIN, M.G., NARİN, I., SOYLAĞ, M., "Heavy metal contents of the Karasu creek sediments, Niğde, Turkey", Environmental monitoring and assessment, 128(1-3), 351-357, 2007.

- [3] KESKİN, Ş., “Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Akkaya Dam, Niğde, Turkey”, Environmental monitoring and assessment, 184(1), 449-460, 2012.
- [4] NATH, B., JEAN, J., LEE, M.K., YANG, H.J., LİU, C.C., “Geochemistry of high arsenic groundwater in Chia-Nan Plain, southwestern Taiwan: possible sources and reactive transport of arsenic”, J. Contam. Hydrol. 99, 85–96, 2008, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jconhyd.2008.04.005>.
- [5] ŞENER, M.F., ŞENER, M., UYSAL, İ.T., “The evolution of the Cappadocia Geothermal Province, Anatolia (Turkey): geochemical and geochronological evidence”, Hydrogeology Journal, 25(8), 2323-2345, 2017.
- [6] AŞİN, M., CANİK, B., NOTSU, K., “Hydrogeochemistry of thermal and mineral waters of different groundwater circulation system in Niğde, Central Anatolia, Turkey”, Workshop of Turkish Association of Petroleum Geologists. Special publication 5, 149-160, 2000.
- [7] WHO, Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum. WHO, Geneva, 2017.
- [8] TSE-266, İçme Suları Standardı. Türk Standartları Enstitüsü (vol. 266., pp.1-25) Baskı TSE, TS, Ankara, 2005.
- [9] GIBBS, R.J., “Mechanisms controlling world water chemistry”, Science, 17, 1088-1090, 1970. doi:10.1126/science.170.3962.1088.
- [10] LI, P., WU, J., QIAN, H., “Hydrochemical appraisal of groundwater quality for drinking and irrigation purposes and the major influencing factors: a case study in and around Hua County, China”, Arabian Journal of Geosciences 9(1), 15, 2016. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2059-1>.
- [11] YANG, C.Y., “Calcium and magnesium in drinking water and risk of death from cerebrovascular disease”, Stroke, 29(2), 411-414, 1998. <https://doi.org/10.1161/01.STR.29.2.411>.
- [12] WILCOX, L.V., Classification and Use of Irrigation Waters. Department of Agriculture, United States, Circular No. 696, 16 p, Washington D.C., 1950.

ASSESSMENT OF SEAWATER INTRUSION INTO THE COASTAL AQUIFER OF GA WEST MUNICIPALITY, GHANA

**Emmanuel Daanoba SUNKARI^{1*}, Mahamuda ABU², Patrick Suuchullo
BAYOWOBIE², Uğur Erdem DOKUZ¹**

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde, Türkiye

²University for Development Studies, Faculty of Geosciences, Department of Earth Science, P.O. Box 24, Navrongo, Ghana

ABSTRACT

The impact of seawater intrusion on the underlying coastal aquifer in Ga West Municipality was investigated in this study. A total of 29 groundwater samples were collected from active boreholes for hydrogeochemical analysis and interpreted using hydrogeochemical plots and bivariate statistical diagrams. Na-HCO₃-Cl and Na-Ca-HCO₃-Cl are the dominant water types in the area. These type of waters are interpreted to originate primarily from seawater intrusion and carbonate mineral dissolution with some anthropogenic input. Salinity values (EC) of the groundwater are very high in all the analyzed samples and range from 1768 – 35600 µS/cm with an average value of 10192.17 µS/cm implying significant salinization around the coastal aquifer. A plot of Ca/(HCO₃ + SO₄) against Na/Cl, shows that 14 samples fall in the “Cl-excess” zone (region of higher salinity) while 15 samples plot on the Base-Exchange area implying seawater influence on about 50% of the samples. The plot of rNa/Cl against Cl also strongly point to the influence of seawater intrusion on the groundwater with some anthropogenic input.

Keywords: hydrochemistry, seawater intrusion, anthropogenic input, coastal aquifer, Ghana

GA WEST BELEDİYESİ, GANA KIYI AKİFERİNE DENİZ SUYU GİRİŞİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

Bu çalışmada, Ga West Belediyesi'nde yer alan kıyı akiferi üzerindeki deniz suyu girişiminin etkisi araştırılmıştır. Aktif sondajlardan hidrojeokimyasal analiz için toplam 29 adet yeraltı suyu örneği toplanmış ve hidrojeokimyasal çizimler ve iki değişkenli istatistiksel diyagramlar kullanılarak yorumlanmıştır. Na-HCO₃-Cl ve Na-Ca-HCO₃-Cl bölgedeki baskın su türleridir. Bu tür suların, öncelikle deniz suyu girişi ve bazı antropojenik girdilerle karbonat mineral çözünmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Analiz edilen tüm örneklerde yeraltı suyunun tuzluluk değerleri (EC) çok yüksektir ve kıyı akiferi çevresinde önemli bir tuzlanma anlamına gelen ortalama değer 10192.17 µS/cm olan 1768 - 35600 µS/cm arasındadır. Na/Cl'e karşı bir Ca/(HCO₃ + SO₄) grafiği, "Cl-fazlalık" bölgesinde (yüksek tuzluluk bölgesi) 14 örneğin düştüğünü gösterirken, 15 örnekte deniz suyu etkisine işaret eden 15 örnek taban alanı Numunelerin% 'si. Cl'e karşı rNa/Cl çizimi de bazı antropojenik girdilerle yeraltı sularındaki deniz suyu girişiminin etkisine işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: hidrokimya, deniz suyu girişi, antropojenik girdi, kıyı akiferi, Gana

1. INTRODUCTION

Globally, the alarming rate of freshwater abstraction in coastal areas and the attendant impacts of climate change such as rise of seawater level and erratic precipitation may cause seawater intrusion [1]. Seawater intrusion is gradually becoming a common quagmire in many coastal aquifers. This menace is a serious problem in arid or semi-arid regions of the world [2] like Ghana where groundwater serves as the only freshwater source.

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +905414086813; e-mail / e-posta:
emmanueldaanoba.sunkari@mail.ohu.edu.tr

The Ga West Municipality lies within the coastal river system of Ghana and is located in the Greater Accra region (Fig. 1). It is largely underlain by rocks of the Neoproterozoic Dahomeyan Formation (gneisses ranging from medium-grained foliated biotite-quartz-diorite gneiss to hornblende-quartz-diorite gneiss) and the Togo Series (quartzites, phyllites, schists, and marbles) (Fig. 1). The Togo Series is intruded by a unique granite complex known as the Cape Coast Granites (CCGC) (Fig. 1). There is widespread abundance of carbonate rocks such as limestone and dolomite which have been metamorphosed into marble in some localities. The aquifers are within the weathered/fractured zones of the metamorphic and granitic rocks. This study was conducted to investigate the level of seawater intrusion into the underlying coastal aquifer in the area.

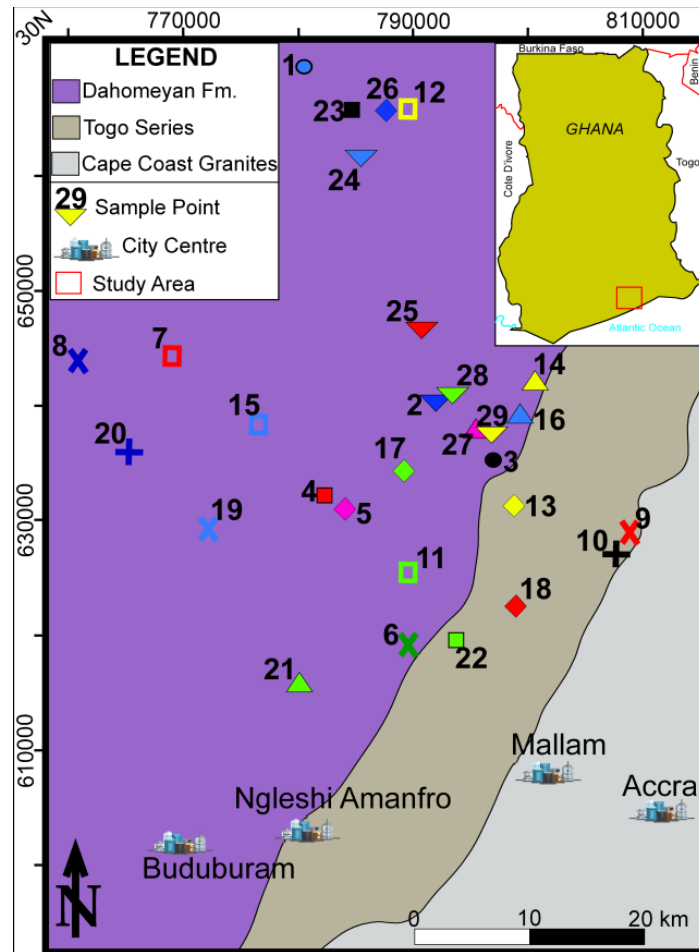


Figure 1. Location and geological map of the Ga West Municipality

2. MATERIAL AND METHOD

A total of 29 groundwater samples were collected from active boreholes across the study area. During the sample collection, care was taken to avoid contamination from any source therefore known standard procedures for well purging were employed. Prior to sample collection, the boreholes were pumped up to 5 minutes to purge the aquifers and avoid contamination from the water to be sampled. The samples were collected using preconditioned 250 mL polyethylene bottles. Physical parameters such as temperature, pH, alkalinity, total dissolved solids (TDS), electrical conductivity (EC) were measured directly in the field using a multi-parameter handheld meter. The samples were later vacuum filtered using a 0.45 µm membrane for major ion analysis in the laboratory. Aliquots of the samples were acidified with 1% v/v HNO₃ for major cation analysis whereas the remaining samples were sent for major anion analysis at the Ghana Atomic Energy Commission (GAEC), Accra.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. General hydrochemistry

Statistical summary of the major hydrochemical parameters analyzed in this study are presented in Table 1. The cation concentrations are in the order: $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. The highest Na^+ concentration (683 mg/L) is observed in sample 22 around the municipal capital (Amasaman). The Ca^{2+} concentrations varied from 9.6-420 mg/L with an average of 105.10 mg/L. The dominant anions observed in the analyzed water samples are HCO_3^- and Cl^- . The HCO_3^- concentrations varied from 350 - 2000 mg/L, with an average of 674.14 mg/L whereas the Cl^- concentrations varied from 29.99 - 3798 mg/L, with an average of 390.27 mg/L (Table 1). Generally, the concentrations of the major anions are in the order: $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$. The salinity (EC) values are very high in all the analyzed samples and range from 1768 – 35600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ with an average value of 10192.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Table 1).

Table 1. Summary statistics of the analysed hydrochemical parameters

Parameters	Minimum	Maximum	Mean	STD	WHO [3]	NSABL*
pH	4.35	7.87	6.79	0.71	6.5 - 8.5	-
TEMP ($^{\circ}\text{C}$)	26.8	30.1	28.3	0.81	NA	-
TDS	884	17800	4467.14	3251.98	500	All
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1768	35600	10192.17	8380.92	500 - 700	All
Ca^{2+} (mg/L)	9.6	420	105.1	118.13	200	5
Mg^{2+} (mg/L)	4.9	631.7	74.55	115.81	NA	-
Na^+ (mg/L)	44.2	683	335.56	184.4	200	22
K^+ (mg/L)	3.2	214	45.57	59.66	200	2
HCO_3^- (mg/L)	350	2000	674.14	326.68	150	All
SO_4^{2-} (mg/L)	10.2	312.2	58.53	62.47	200	1
Cl^- (mg/L)	29.99	3798	390.27	688.4	250	15
NO_3^- (mg/L)	0.11	1.9	0.81	0.41	10	-
PO_4^{3-} (mg/L)	0.01	1.45	0.37	0.4	250 - 500	-
F (mg/L)	0.21	1.88	1.09	0.45	1.5	5
TH	200	6000	775.34	1042.16	200	28

NSABL* = Number of samples above limit, NA = Not available, STD = Standard Deviation

3.2. Water types/hydrochemical facies

The dominant type of water in the Ga West Municipality is Na-HCO₃-Cl followed by Na-Ca-HCO₃-Cl (Fig. 2), reflecting the local geology of the area. The Ca^{2+} and HCO_3^- are primarily from the dissolution of carbonate minerals whilst Na^+ and Cl^- may have been input from salinization by halite dissolution in the unsaturated zones in the coastal area and/or seawater intrusion.

3.3. Seawater intrusion

On a bivariate plot, Na^+ displays positive correlation with Cl^- and some of the samples plot along the 1:1 line (Fig. 3a), strongly pointing to the dissolution of halite and seawater intrusion as the primary source of Na^+ and Cl^- for those groundwater samples [4]. This corroborates well with the findings of Brammer [5] and Kortatsi [6] that most of the soils and rocks in the Accra plains along the Ga West Municipality with peripheral extensions in the Densu Basin contain elevated contents of halite. A comparison of the samples with seawater [7] further suggests some degree of influence from seawater intrusion into the aquifers considering a strong positive correlation (Fig. 3a) of the samples with seawater. The effect of seawater intrusion on the chemistry of the groundwater is observed

in the rNa/Cl against Cl and $Ca/(HCO_3 + SO_4)$ against Na/Cl diagrams (Fig. 3b, c). The samples with Na/Cl ratios < 0.86 , imply that the groundwater has been contaminated by seawater while those with Na/Cl ratios > 1 , may have been contaminated by anthropogenic sources (Fig. 3b; [8]). On the $Ca/(HCO_3 + SO_4)$ against Na/Cl diagram, 14 samples plotted on the “Cl-excess” zone (region of higher salinity) while 15 samples plot on the Base-Exchange area showing seawater influence on about 50% of the samples (Fig. 3c).

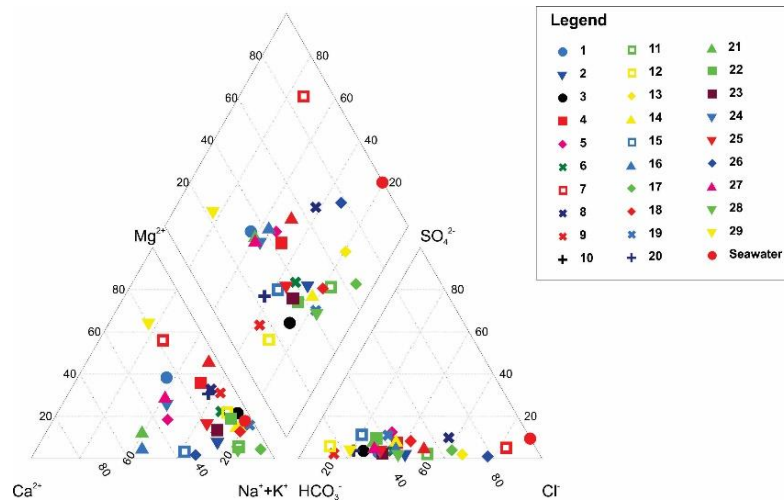


Figure 2. Piper diagram showing the dominant hydrochemical facies

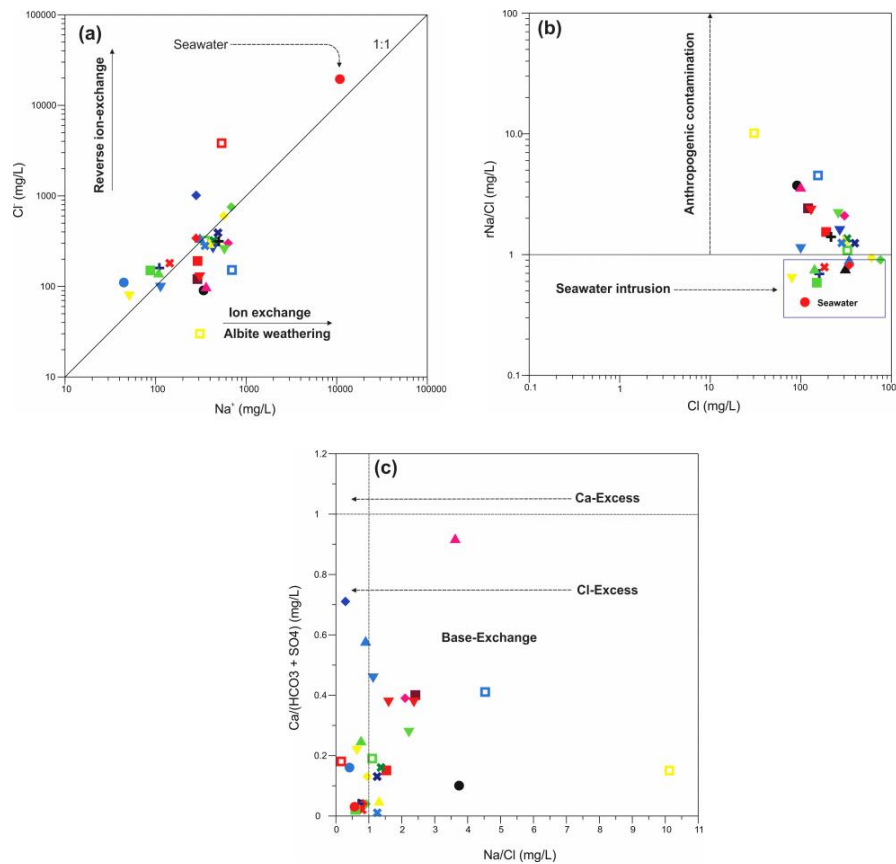


Figure 3. Major ion relationships highlighting the dissolution of halite and the influence of seawater intrusion as well as anthropogenic contamination (a) Na^+ vs Cl^- , (b) rNa/Cl vs Cl , and (c) $Ca/(HCO_3 + SO_4)$

4. CONCLUSION

The major ion concentrations in the analyzed water samples are in the order $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ and $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$, which accounted for the dominance of Na-HCO₃-Cl and Na-Ca-HCO₃-Cl types of water in the area. The groundwater chemistry in the Ga West Municipality is primarily controlled by seawater intrusion and some anthropogenic activities prevalent in the area. All these occur due to the fact that the groundwater has long residence time which has resulted in significant water-rock interaction.

ACKNOWLEDGEMENT

The first author acknowledges the support from the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) BİDEB 2215 Graduate Scholarship Program for International Students as a doctoral fellow at the time of this research.

REFERENCES

- [1] WERNER, A., “A review of seawater intrusion and its management in Australia”, Hydrogeology Journal, 18:281-285, 2010.
- [2] ABDALLA, F., “Ionic ratios as tracers to assess seawater intrusion and to identify salinity sources in Jazan coastal aquifer, Saudi Arabia”, Arabian Journal of Geosciences, 9(1), 40, 2016. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2065-3>.
- [3] WHO, Guidelines for Drinking-water Quality, Third Edition, WHO Press, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland pp. 26-33, 2006.
- [4] ZAREI, M., SEDEHI, F., RAEISI, E., “Hydrogeochemical characterization of major factors affecting the quality of groundwater in southern Iran, Janah Plain”, Chem Erde, 74, 671-680, 2014.
- [5] BRAMMER, H., Soils of the Accra plains, Soil Research Institute, Ghana, CSIR Memoir No. 3, 1967.
- [6] KORTATSI, B.K., “Hydrochemical characterization of groundwater in the Accra plains of Ghana”, Environmental Geology, 50(3), 299-311, 2006.
- [7] ANTHONI, F.J., The chemical composition of seawater, Seafriends, 2006. www.seafriends.org.nz/oceano/seawater.htm.
- [8] NAILY, W., Ratio of Major Ions in Groundwater to Determine Saltwater Intrusion in Coastal Areas, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, 118(1), 012021, 2018.

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ OTURUMU

INVESTIGATION OF GERZE (SINOP) BASEMENT CONDITIONS FOR ENGINEERING GEOLOGY ACCORDING TO FORMATION TYPE

Seda ÇELLEK*

Department of Geology, Faculty of Engineering and Architecture, Ahi Evran University, TR-40100 Kırşehir, Turkey

ABSTRACT

As a result of the field studies conducted for the district of Gerze, an attempt has been made to determine the engineering properties of soils according to the formation types. During the field studies, sampling was carried out for different purposes. Disturbed and undisturbed samples were taken to determine the grain distribution, consistency limits, specific gravity, non-confined compression, effective cohesion, internal friction angle, unit weight, water content, porosity, void ratio, and saturation degree of the soils in the study area. The previously prepared geological map of the field has been updated. Various engineering maps, such as internal friction angle, cohesion distribution, and grain distribution were prepared by finding the physico-mechanical and strength parameters of the ground. An overlapped geological map and landslide inventory map was used to accomplish that. As a result of the preliminary research and field studies, it is foreseen that, if there is not enough engineering research in the selection of settlement areas, there will be problems related to the basement in the area in the near future.

Keywords: Gerze, soil, strength parameters, physico-mechanical properties

GERZE (SINOP) ZEMİN KOŞULLARININ FORMASYONLARA GÖRE MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ AÇISINDAN İNCELEMESİ

ÖZ

Gerze (Sinop) ilçesi için yapılan arazi çalışmaları ile zeminin mühendislik özellikleri içinde bulunduğu formasyona göre ortaya konmaya çalışılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında farklı amaçlar için örnekleme yapılmıştır. Çalışma alanındaki zeminin dane dağılımını, kıvam limitlerini, özgül ağırlığını, serbest basıncı, efektif kohezyon ve içsel sürtünme açısını, birim hacim ağırlıklarını, su muhtevasını, porozitesini, boşluk oranını ve doygunluk derecesini belirlemek için örselenmiş ve örselenmemiş örnekler alınmıştır. Alanda daha önceden hazırlanan jeoloji haritası güncellenerek yeniden hazırlanmıştır. Zeminin fiziko-mekanik ve dayanım parametreleri bulunarak, içsel sürtünme açısı, kohezyon dağılımı ve dane dağılımı gibi çeşitli mühendislik haritaları hazırlanmıştır. Bunun içinde daha önceden hazırlanan çakıştırılmış heyelan envanter haritası ile jeoloji haritası kullanılmıştır. Yapılan ön araştırma ve arazi çalışmalarıyla yerleşim alanı seçiminde yeterli mühendislik araştırmaları yapılmadığı takdirde, alanda zeminle ilgili problemler yaşanacağı ön görülmüştür.

Keywords: Gerze, soil, strength parameters, physico-mechanical properties

1. INTRODUCTION

Gerze, the area chosen for the study, is a settlement where landslides are common due to basement conditions. Therefore, it is of great importance to examine the area in terms of engineering. Although there are six different geological units in the area, the Kusuri and Atbaşı Formations are the most common ones. The results obtained from the samples in engineering studies are given in general, and their distribution within the formations is not examined separately. Previous research has shown that landslides develop in certain formations. In this study, the experimental results of the samples were compared according to the formations. In this way, we have attempted to associate landslides, engineering properties, and the formations within which they are situated.

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.:3820 ; e-mail: sedacellek@ahievran.edu.tr

2. MATERIAL AND METHOD

The samples were taken from the excavated areas at two meters depth with the help of heavy construction equipment. Steel tubes of 38 mm and 15 cm diameter were used for sampling. The rocks in the study area are completely decomposed and transformed into soil. Therefore, geotechnical properties of decomposed material are determined according to soil mechanics principles. During the field work, samples were taken from 30 different points to characterize the entire field area. The geotechnical properties of the ground were determined by experiments on the disturbed and undisturbed samples. As a result of the experiments performed on the samples, the consistency limits of the samples and the corresponding activation coefficients, specific gravity, wet sieve analysis and grain distribution curves were obtained from the hydrometer experiments. Samples were classified according to the United Soil Classification System (USCS). In the experiments on the undisturbed samples, free pressure resistances, effective cohesions, effective internal friction angles, unit volume weights, water contents, porosities, void ratios, saturation degrees, and dry unit volume weights were found. Gerze Municipality has made 80 drillings for the Gerze central area ground. From the samples taken from depths between 15 and 30 meters, the bearing strength and the slip parameters of the ground were determined. In addition, the underground water condition for the study area was examined. Formations and geological units of the area were determined, and the results were compared according to the formations.

3. FINDINGS AND DISCUSSIONS

The field studies and literature data were evaluated with the aim of revealing the geological features of the area. The study prepared by Çellek [1] was used as the reference for that purpose. There are stability problems in landslide areas. In addition, the geology of the area and that of the landslide areas were overlapped to determine the distribution of the unstable areas by formation (Figure 1). The ages of the formations, the thicknesses in the field and the units within them are given in Table 1.

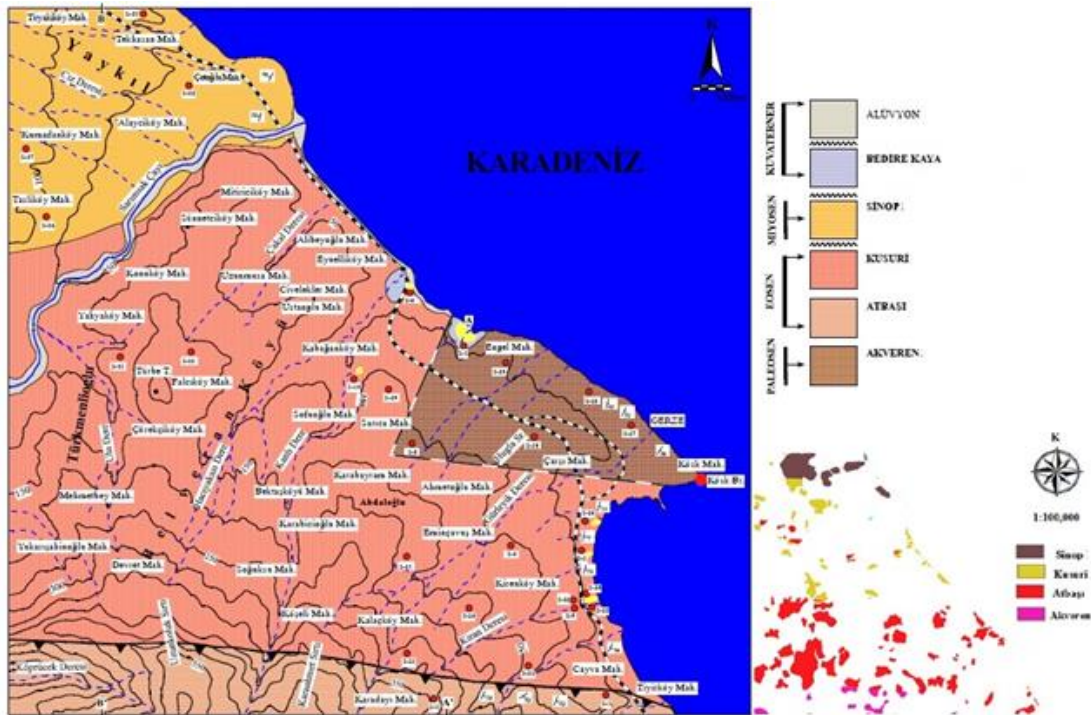


Figure 1. Geology and landslide inventory map of the study area [1,2]

The study area is composed of young sedimentary units. In the study area, flysch intercalations belonging to the Atbaşı and Kusuri Formations were determined, especially in coastal areas. The largest area in the region is covered by those two formations. The Akveren Formation (mostly composed of massive limestones), the Sinop and Bedire Kaya Formations, and alluvium are also exposed in the area.

According to the distribution of the formations in the area, it is observed that the landslides occurred mostly in the Atbaşı, Kusuri, and Sinop formations. The Bedire Kaya Formation, with a very small distribution in the region, is marked on a 1/10,000 scale map but cannot be seen on a 1/100,000 scale inventory map. Despite the small regional distribution, large-scale landslides have developed within the unit. That shows that the most unstable formation in the area is the Bedire Kaya. No landslides are encountered in the alluvium unit; therefore, no samples were taken from alluvium. Small rock falls are noteworthy in the coastal areas where the Akveren Formation is exposed.

Table 1. General information about the formations

Rock Units	Alluvium	Bedire Kaya	Sinop	Kusuri	Atbaşı	Akveren
Conglomerate		X				
Limestone		X	X		X	X
Sandstone		X	X	X	X	
Marl			X	X	X	X
Mudstone		X				
Thickness(m)	5	20	70	500	150	80
Age	Quaternary		Miocene	Eocene		Paleocene

To determine the engineering properties of the area, engineering maps were produced with the results obtained by various experiments (Figure 2 a, b, c, d).

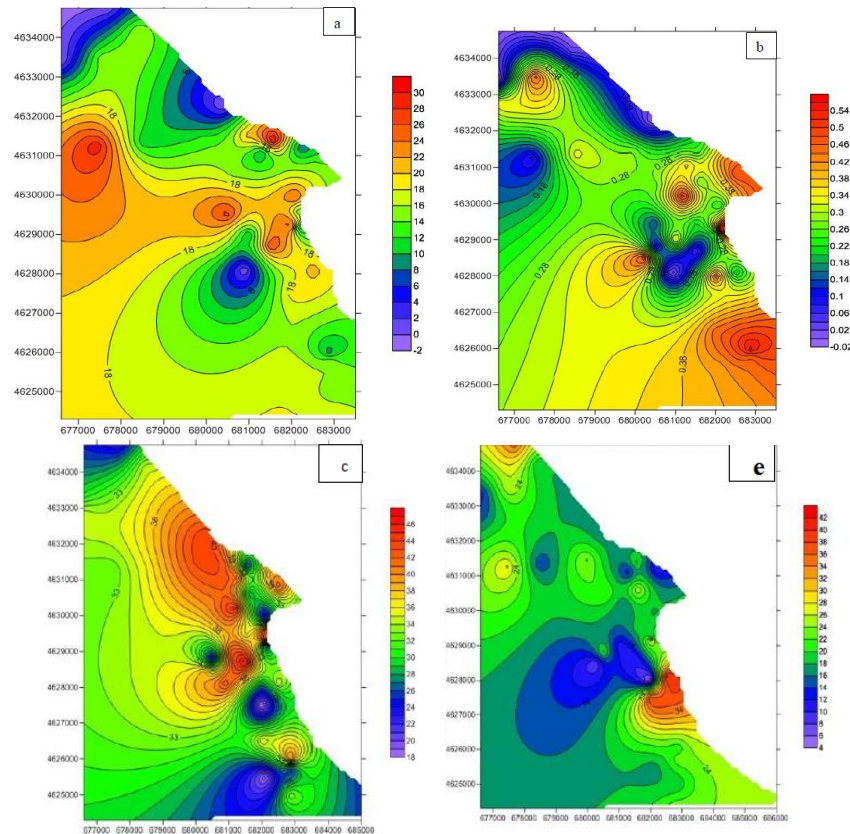


Figure 2. a) Internal friction angle distribution, b) cohesion distribution, c) distribution in clay, d) distribution in sand (%)

When Figure 2 is examined, it is seen that the purple-to-red values increase according to the color scale. In all the Bedire Kaya Formation, internal friction angle values were found to be high, while low cohesion values were noteworthy. In addition, it was observed that the grain distribution of clay is higher and the sand grain distribution is lower. The internal friction angle in the Atbaşı Formation is lower than that of the Bedire Kaya, and the cohesion is high. In the Sinop Formation, the values show a change across the region. In the Atbaşı and Kusuri Formations, it is seen that the values change gradually from the beach toward the interior.

4. RESULTS

The results of the experiments were prepared comparatively according to the formations in the field (Table 2).

Table 2. Experimental results according to formations.

	Bedire Kaya	Sinop	Atbaşı	Akveren 1	Akveren 2	Kusuri 1	Kusuri 2
γ_n (g/cm ³)	2.013	1.953	1.776	1.756	1.872	1.705	1.911
w (%)	22	27	25	25	31	25	30
γ_k (g/cm ³)	1.675	1.549	1.385	1.411	1.517	1.533	1.387
γ_s (g/cm ³)	2.731	2.593	2.648	2.528	2.626	2.501	2.622
e	0.648	0.676	0.911	0.792	0.861	0.684	0.843
n	0.393	0.403	0.477	0.442	0.462	0.406	0.483
S _r	0.906	1.045	0.818	0.78	0.997	0.65	0.913
γ_{doy} (g/cm ³)	2.051	1.953	1.862	1.853	1.94	1.85	2.159
γ' (g/cm ³)	1.051	0.953	0.862	0.853	0.94	0.778	1.159
clay %	43	34	38	41	39	27	38
silt %	41	45	25	31	48	53	43
sand %	17	18	32	22	10	15	18
gravel %	1	3	5	6	3	5	1
LL	61	59	75	62	69	57	77
PL	22	26	30	28	33	23	35
RT	13	19	17	17	20	17	23
PI	39	33	45	34	36	24	45
KI	1.01	1.01	1.04	1.11	1	0.94	1.87
Activity K.	0.33	0.56	0.38	0.5	0.56	0.27	0.75
c (kg/cm ²)	0.216	0.341	0.194	0.282	0.484	0.456	0.565
ϕ'	20.34	20.99	10.35	15.67	14.64	7.53	29.48

The Kusuri and Atbaşı Formations are the most common units in the study area. When the test results are examined, it is seen that the experimental results obtained from the sections of these formations taken from the seaside and the experimental results obtained from the inland section showed differences with the samples taken from the seaside, giving lower values for nearly all parameters.

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to thank Prof.Dr. Fikri BULUT and Assoc. Dr. Hakan ERSOY for their contributions to this study.

REFERENCES

- [1] ÇELLEK, S., "Investigation on Gerze (Sinop) Active Landslide Areas from the Engineering Geological Point of View", Master Thesis, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2007.
- [2] ÇELLEK, S., "Landslide Susceptibility Analysis of Sinop-Gerze Region", Doktarate Thesis, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2013.

CHARACTERISTICS OF LANDSLIDES OCCURRING ALONG THE GERZE-SINOP COASTAL AREA

Seda ÇELLEK*

Department of Geology, Faculty of Engineering and Architecture, Ahi Evran University, TR-40100 Kırşehir, Turkey

ABSTRACT

One of the most important processes affecting the geomorphology in the Black Sea Region is landslides. The coastal section of Gerze-Sinop, which was chosen as the study area, has experienced many landslides in different periods. Many landslides have been formed in the region due to various processes, such as the type and properties of the lithology, slope angle, amount of rain, deforestation, excavation construction, and especially road construction and have caused deterioration of the natural balance. As a result of the field studies, it was determined that the landslides were comprised of flow and creep types. Circular slip-type landslides have multiple sliding surfaces. Reactive clays are also frequently found within the study area. The distorted morphology of the study area is indicative of the existence of old landslides within the region. Typically, the ground above the slope becomes saturated with water and moves downward by gravity. Surface erosion and flood erosion occur due to heavy rainfall on slopes lacking vegetation. In the landslides that occur in the coastal areas, the excavation of materials from the sea also has an effect. The landslides occur more frequently in areas where sand quarries are located. That is of particular concern and requires precautions against landslides on the Sinop part of the Black Sea coastal road.

Keywords: Gerze, landslide, Sinop

GERZE-SİNOP SAHİL KESİMİ BOYUNCA MEYDANA GELEN HEYELANLARIN ÖZELLİKLERİ

ÖZ

Karadeniz Bölgesi'nde jeomorfolojiyi etkileyen en önemli olaylardan biri de heyelanlardır. Çalışma alanı olarak seçilen Gerze-Sinop arası sahil kesimi farklı dönemlerde çok sayıda heyelana maruz kalmıştır. Kaya türünün cinsi ve özelliği, yamaç eğimi, yağış miktarı, orman kesimi, temel kazısı ve özellikle yol yapımı gibi doğal dengenin bozulmasına yol açan işlemlere bağlı olarak yörede çok sayıda heyelan oluşmuştur ve olmaya devam etmektedir. Yapılan arazi çalışmaları sonucunda heyelanların daha çok akma ve kayma türünde geliştiği belirlenmiştir. Dairesel kayma türündeki heyelanlar çoklu kayma yüzeyine sahiptirler. Alanda reaktiviteye de sıklıkla rastlanılmıştır. Alanının bozuk morfolojisi eski heyelan alanlarına işaret etmektedir. Şevin, üstündeki zemin, suya doygun hale gelerek aşağı doğru hareket etmektedir. Bitki örtüsünden yoksun yamaçlarda sağnak yağışlar nedeni ile yüzeysel erozyon ve selcik erozyonu oluşmaktadır. Kıyı kesiminde meydana gelen heyelanlarda denizden malzeme alımının da etkisi vardır. Özellikle kum ocaklarının bulunduğu kesimlerde heyelanlar daha sıklıkla meydana gelmektedir. Bu da Karadeniz sahil yolunun Sinop kısmında heyelan için önlem alınmasını gerektirmektedir.

Anahtar kelimeler: Gerze, heyelan, Sinop

1. INTRODUCTION

The coastal section of Gerze- District of Sinop Province in the central Black Sea region was one of the least-developed routes of the Black Sea region in terms of road network until 2013. The roughness of the topography of

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.:3820 ; e-mail: sedacellek@ahievran.edu.tr

the province made transportation between the coastal areas and the interior regions difficult. The province has also lagged behind the country due to the limitations related to its natural location. Starting with the building of the Black Sea coast road, transportation on the Sinop-Ankara and Sinop-Samsun routes has been augmented by four tunnels, five viaducts, and nine underpasses. Small-scale landslides and collapses have occurred during the Black Sea coast road construction. Slips along the road areas especially have affected transportation and life negatively.

With the exhaustion of the sand and gravel resources along the Gerze coast, the sand extraction has now shifted into the sea. In recent years, sand coasters with immersion buckets have started to take sand from deeper areas relative to seacoast. Despite the precautionary actions of the Sinop Governorate, that practice is still continues. The situation leads to acceleration of the development of sea cliffs on the coastline. Hydrological factors such as stream erosion, excessive precipitation, change of ground water level, and surface waters have contributed to the formation of circular slip type landslides. The high-energy waves generated by the northern-sectored winds, which are prevalent in the region, were formerly damped in the shallow sea and extinguished on the wide beach, but the beach began to erode with the removal of the sand, and now the waves hit slopes consisting of unconsolidated young sedimentary units. Thus, in a short period of time, cliffs began to form along the coast, and the retreat of the coastline accelerated. These erosion activities on the coast also caused landslides to occur. Carving at the bottom of the steep slopes causes the removal of lateral support, which in turn clears the way for mass movements.

The study areas have experienced many landslides in different periods. As a result of the field studies, it was determined that the landslides developed in the forms of flow and creep. Landslides with circular slip type have multiple sliding surfaces. Reactivity is frequently detected in the area. Distorted morphology of the study area is supportive for existence of old landslides within the region. Hydrological factors such as stream erosion, excessive precipitation, change of ground water level and surface waters have been effective in the formation of circular slip type landslides. The slope material moves downward under gravity when the upper ground becomes saturated with water. In Gerze and its vicinity, intense mass movements such as erosion and landslides are observed, depending upon rock characteristics and slope angles.

2. MATERYAL VE METOT

The landslide areas were identified in the field studies, and the development of those areas within the formations was investigated. During the field investigations, larger-scale slides observed in locations of the Öğretmen Evi coastline, the Deniz Feneri restaurant, the Zenginler site, Bedre, Mezbahane, and the vicinity of Uçuk were compared to other landslides. In those areas, landslides are still active, and shifts are continuing. Besides, extensional cracks are observable behind the main body of the landslides. Because the type of ground in the landslides is represented by clayey, silty, and sandy material, the sliding material forms spoon- and half-moon-shaped topographic surfaces.

3. FINDINGS AND DISCUSSION

The main structural elements in the study area include layers, folds, faults, and unconformities. In the study area, the Akveren, Atbasi, Kusuri and Sinop Formations present a stratified structure [1] (Figure 1). The direction of dip of the strata is NE-SW, and the slopes are between 7° and 30° toward the southeast. In the study area, there are thrust faults between the Akveren Formation and the Kusuri Formation and normal faults between the Kusuri Formation and the Atbasi Formation. Small-sized folds were detected within the Atbaşı and Kusuri Formations. In the study area, there is an angular unconformity between the Eocene Kusuri Formation and the Miocene Sinop Formation and the overlying Quaternary Bedire Rock Formation [1].

One of the most prominent landslides occurring in the area is located in the Kusuri Formation near the Deniz Feneri restaurant. While the toe part of the landslide is at sea, the land where it occurred has also experienced severe damage. Landslides are mainly circular. Although there is no definite information about the occurrence of the landslide that has formed near the neighborhood of Engel (called Uçuk by the local people), it is mentioned that it has been there for at least fifty years. It is a continuous landslide developed toward the sea and bounded by the Sinop-Samsun road and the sea. Two separate secondary slip surfaces were observed in the lower part of the

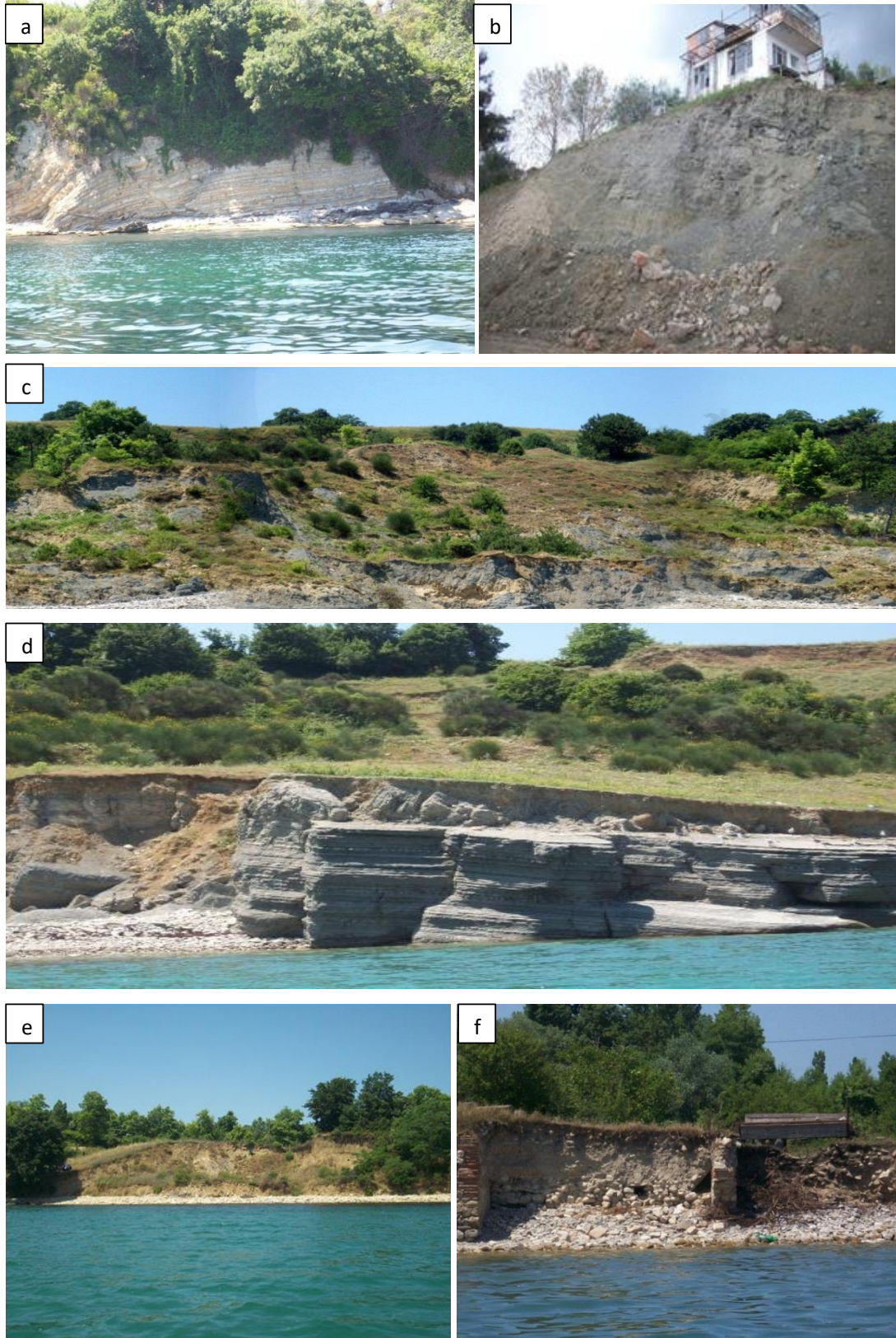


Figure 1. a) Akveren F., b) Atbaşı F., c) Kusuri F., d) Sinop F., e) Bedire Kayası F., f) Alluvium [2]

Uçuk landslide during field work. There are water outlets just below both sliding surfaces that have formed small puddles. The landslide lies within the clay and sand levels of the Bedire Kayası Formation; it was named after the slaughterhouse of Kabobanko, which is located in the vicinity. One of the arms of the Sarımsak Creek passes along the boundary of the landslide and is located within the Kusuri Formation. The landslide, which is called Bedre in the Eynelliköy locality and used as a summer area by the people of the district, carries the same name. The area is located within the Bedire Kayası Formation. The Zenginler Site landslide occurred in the neighborhood of the Kusuri Formation in the Çarşı District, between the Samsun-Sinop highway and the seacoast. The disrupted morphology of the area indicates the old landslide areas (Figure 2).



Figure 2. a) Flow-type movements and changes in morphology in coastal areas [2]

On the steep coasts, especially in the upper parts of the coast and deeply carved valleys, there are rock falls (in cornices) (Figure 3).



Figure 3. Rock falls occurring at the top of the beddings [cornices] [2]

A large number of landslides have been formed in the region due to the operations leading to the deterioration of the natural balance, such as ground excavation and road construction (Figure 4).



Figure 4. Landslides and damages caused during road construction [2]

4. RESULTS

In the study area, the Akveren, Atbaşı, and Kusuri Formations are generally characterized as good for foundations because of their high bearing capacity. However, they are susceptible to mass movements due to their clayey structures, and they are likely to include negative effects such as swelling and tume faction . No natural instability or mass movement was found in the area apart from that in those formations. Those units are high in terms of carrying capacity and safe in terms of supporting foundations.

There are uncontrolled and unscheduled rubble discharge sites in the area. Regional stability defects can be seen due to the increased load and can be monitored. In this case, after the necessary engineering calculations, the rubble pile areas should be controlled. Field cultivation is carried out, especially in the coastal areas between Gerze and Sinop. In field cultivation on slopes with little slope angle, the direction of the plow generally is not taken into account. Plowing toward a slope increases erosion, because water flows in the furrows formed by the plow, forms gullies, and causes soil erosion. In agriculture, plowing should not be made parallel to the direction of inclination but perpendicular to the direction of inclination so as not to weaken the resistance. The northern part of the area is negatively affected by lithology and especially by waves and tides related to its position near the coastline. Sand is still illegally mined from the sea. The submarine slope changes with the loss of sand and causes the occurrence of vortices and currents. That increases the destruction of the coast and the wave effect. The disappearance of the coastal sand beach zone, which is the damper of the waves, has caused the formation of cliffs. The lateral supports of the slopes have disappeared due to marine erosion. Illegal sand excavations from the sea and the coast should be prevented by more stringent enforcement. That will eliminate the threat to the coast; otherwise, the mass movements in coastal areas seen in recent years will gradually increase over time.

ACKNOWLEDGMENT

I would like to thank to Prof. Dr. Fikri BULUT and Assoc. Dr. Hakan ERSOY.

REFERENCES

- [1] Çellek, S., Investigation on Gerze (Sinop) Active Landslide Areas from the Engineering Geological Point of View, Master Thesis, KTU, Turkey, 2007.
- [2] Çellek, S. (2013). Sinop-Gerze Yöresinin Heyelan Duyarlılık Analizi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

AKÇADAĞ (MALATYA) ÇEVRESİNİN JEOLojİK, TEKTONİK ÖZELLİKLERİ VE AKÇADAĞ İLÇESİNİN YERLEŞİME UYGUNLUK DEĞERLENDİRMESİ

Süheyla OKUYUCU¹, Dilek Şatır ERDAĞ², Koray ULAMIŞ³, Recep KILIÇ³

¹Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Yerbilimsel Etüt Daire Başkanlığı, Ankara

²Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde

³Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

ÖZ

Avrasya ve Arap Levhalarının çarpışması sonrasında devam eden yakınlaşma Türkiye’de dört farklı neotektonik bölgenin gelişimine neden olmuştur. Bu neotektonik bölgelerden birisi de Malatya-Ovacık Fay Zonu’nu kapsayan Orta Anadolu Ova Bölgesidir. Erzincan çek-ayır havzasının doğusundan ayrılan sol yönlü doğrultu atımlı Malatya-Ovacık Fay Zonu’nun toplam uzunluğu 240 km dir. Malatya-Ovacık Fay Zonundaki GPS ölçümleri, morfolotektonik ve mikrosismisite çalışmaları önemli miktarda gerilme birikiminin varlığını desteklemektedir. Malatya-Ovacık Fay Zonu’nun Yazıhan-Doğanşehir arasındaki kesiminde Ms=3.5 büyüklüğündeki depremlerin varlığı, yön değiştirmiş dereler ve belirgin fay sarplıkları bu zonun günümüzde aktif olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada Malatya-Ovacık Fay Zonu’nun Malatya segmenti üzerinde yer alan Akçadağ ilçesi ve civarının jeolojik, tektonik ve jeoteknik özelliklerinin incelenmesi ve ilçenin yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç çerçevesinde çalışma alanının yeniden 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve çalışma alanında Tersiyer-Kuvaterner yaşlı birimlerin varlığı belirlenmiştir. Malatya Fayı’nın, Akçadağ-Ören arasında kalan kesiminde Kuvaterner yaşlı birimleri kestiği ve dolayısıyla gelecekte Akçadağ’da deprem potansiyelinin olabileceği belirlenmiştir. Ayrıca çalışma alanında yer alan; çakıl, kum, silt ve kilden oluşan Kuvaterner yaşlı ve fay kontrollü alüvyal yelpazenin jeoteknik özellikleri arazi ve laboratuvar yöntemleri ile incelenerek arazi kullanımı açısından değerlendirilmiştir. Yelpaze çökelleri, açık kahverenkli düşük, orta ve yüksek plastisiteli kil içerisinde çapraz tabakalı ve mercekse bej renkli killi çakıl ve killi kumdan oluşmaktadır. İnce taneli zeminler kıvamlılık indeksine göre “sert” ve “çok sert”, sıkışabilirlik indeksine göre “düşük” ve “orta” olup, şişme potansiyeli “düşük” tür. SPT N darbe sayılarına göre alüvyal yelpazedeki birimlerin izin verilebilir taşıma gücü 200 kN/m² ile 240 kN/m² arasında ve oturma miktarı 2.6 cm ile 4.2 cm arasında değişmektedir. Yeraltı suyunun bulunmaması ve SPT N darbe sayısının 25 den yüksek olması nedeniyle sivilaşma beklenmemektedir. Akçadağ ilçesi yerleşim alanı, yerleşime uygunluk açısından "Önlem Alınabilecek Nitelikte Mühendislik Problemi Bulunan Alanlar (ÖA-5.1) ve " Önlem Alınabilecek Nitelikte Heyelan ve Kaya Düşmesi (Kompleks Hareket) Sorunlu Alanlar (ÖA-2.3)" olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Akçadağ, Malatya Fayı, alüvyal yelpaze, jeoteknik özellikler, yerleşime uygunluk.

GEOLOGICAL AND TECTONIC PROPERTIES OF THE AKÇADAĞ ARAUND AND EVALUATING OF SUITIBILITY OF AKÇADAĞ SETTLEMENT AREA (MALATYA, TURKEY)

ABSTRACT

The convergence, which still continues since the collision of Eurasian and Arabian Plates, caused the formation of four different neotectonic zones. One of these neotectonic zones is the Central Anatolian Plain Region that also covers Malatya-Ovacık Fault Zone. Left-lateral and strike-slip Malatya-Ovacık Fault Zone, diverging from the east of Erzincan pull-apart basin, is 240 km in length. In the Malatya-Ovacık Fault Zone recent GPS measurements, morphotectonic studies and microseismicity studies highly support the existence of a substantial amount of stress on this tectonic structure. Although no direct data about medium to large magnitude earthquakes on Malatya-Ovacık Fault Zone, a range of small-scale earthquakes with a magnitude of 3.5 and morphological evidence like deflected streams and distinctive fault scarpment indicate that this fault zone is still active today. In this study, it is aimed to investigate the geological, tectonic and geotechnical properties of the Akçadağ district and its surroundings on the Malatya segment of the Malatya-Ovacık Fault Zone and to evaluate the settlement from the

point of settlement suitability. Within this aim, 1/25 000 scale geology map of the study area was prepared and the presence of Tertiary-Quaternary units in the study area was determined. It has been determined that the Malatya Fault cuts off the Quaternary units in the area between Akçadağ and Ören and therefore there may be an earthquake potential in Akçadağ in the future. Also located in the study area; geotechnical characteristics of Quaternary aged and fault controlled alluvial fan consisting of gravel, sand, silt and clay were investigated by field and laboratory methods and evaluated as useability settlement area. Main lithological content of alluvial fan is low, medium and highly plastic clay including cross bedded beige clayey gravel and clayey sand lenses. Clayey soils are "stiff" and "very stiff" based on stiffness index, while "low" to "medium" based on compressibility index. Clayey soils have "low swelling potential" with "rigid-hard" and "plastic" stiffness based on liquidity index. Allowable bearing capacity and allowable settlement values determined by SPT blow count are 200 kN/m² to 240 kN/m² and 2.6 cm to 4.2 cm respectively. No groundwater was encountered in the bore holes and SPT exceeds 25. Thus, liquefaction is not expected. Akçadağ the residential area and around is divided base settlement suitability as "Preventable Engineering Problems Area (ÖA-5.1)" and "Preventable Landslide Problems Area (ÖA-5.1)".

Keywords: Akçadağ, Malatya Fault, alluvial fan, geotechnical properties, suitability for settlement.

1.GİRİŞ

Malatya - Ovacık Fay Zonu KD-GB uzanımlı sol yanal atımlı, 240 km uzunluğunda bir zondur [1]. Bu çalışmada Malatya-Ovacık Fay Zonu'nun Malatya segmenti üzerinde yer alan Akçadağ ilçesi ve civarının jeolojik, tektonik ve jeoteknik özelliklerinin incelenmesi ve ilçenin yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında bölgenin jeoloji haritası güncellenmiş, Malatya - Ovacık Fay Zonunun tektonik özellikleri belirlenmiş, yerleşim alanının yer aldığı alüvyal yelpazenin jeoteknik özellikleri arazi ve laboratuvar yöntemleri ile incelenerek temel zemini olabilme özellikleri yönünden irdelenerek yerleşime uygunluk değerlendirmesi yapılmıştır.

Araştırmacıların inceleme alanı ve çevresinde yapmış oldukları çalışmalar sonucunda belirledikleri formasyon adları, litoloji ve yaşları mukayeseli olarak değerlendirilmiştir. Akçadağ İlçesi yerleşim alanında en alta Oligosen yaşlı, bej renkli yaklaşık yatay tabakalı genellikle de kırıklı-parçalı kireçtaşıdan oluşan Muratlı Formasyonu ve bunların üzerinde uyumsuz olarak ilçe yerleşim alanındaki fayın gelişimine bağlı olarak oluşan Kuvaterner yaşlı çakıl, kum, silt ve kilden oluşan alüvyal yelpaze çökelleri bulunmaktadır.

Bu çalışmada Akçadağ yerleşim alanı ve çevresinin mühendislik jeolojisi haritası ve buna bağlı olarak mühendislik jeolojisi kesitleri hazırlanmış, zemin gruplarına göre jeoteknik özellikleri irdelenerek taşıma gücü ve oturma özellikleri belirlenmiştir. Zeminin V_p ve V_s dalga hızları arazide ölçülerek deprem yönetmeliğine göre sınıflaması yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma kapsamında büro çalışmaları, arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır.

2.1 Büro çalışmaları

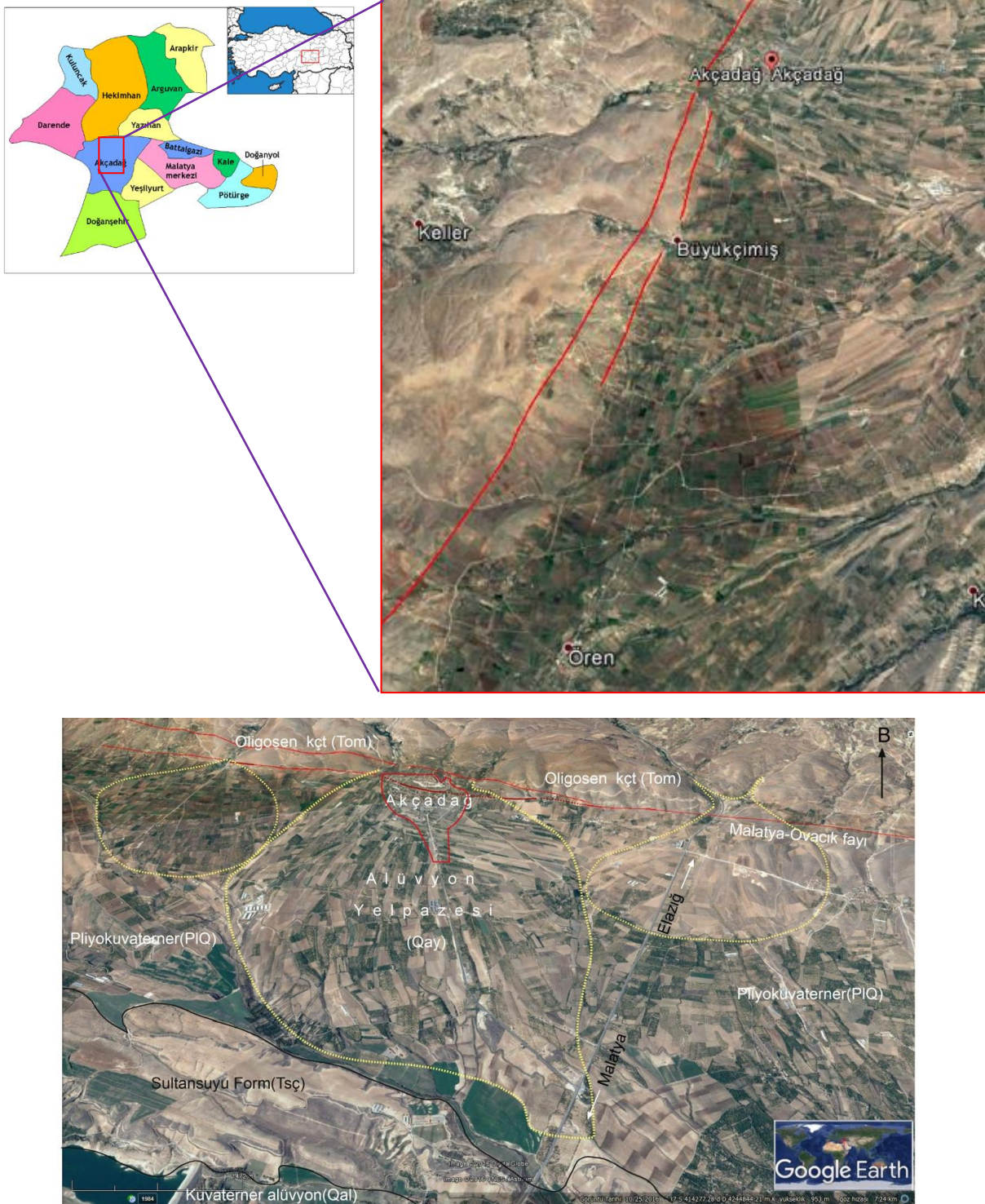
Bu kapsamda Malatya ve çevresinde yapılmış önceki çalışmalar araştırılmış, arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen veriler doğrultusunda çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti çıkartılmış, A-A' hattı boyunca jeolojik kesit hazırlanmıştır. Akçadağ yerleşim alanı için mühendislik jeolojisi haritası yapılarak iki hat boyunca jeoteknik kesit hazırlanmıştır. Depremsellik verileri değerlendirilmiş ve yerleşim alanındaki zeminlerin belirli kabullerle oturma miktarı ve taşıma gücü hesaplanmıştır.

2.2 Arazi çalışmaları

Farklı jeolojik birimler için belirlenen gözlem noktalarında birimlerin eğim ve doğrultuları ölçülmüş, paleontolojik ve petrografik analizler için el numuneleri alınmıştır. Formasyon sınırları kontak takibi yapılarak belirlenmiş ve 1/25 000 ölçekli topoğrafik harita üzerine çizilmiştir.

Topoğrafik sarplıklar, ani birim değişiklikleri, alüvyal yelpaze oluşumları v.b. farklılıklar dikkate alınarak faylar belirlenmiş olup, harita üzerine çizilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında jeolog pusulası, jeolog çekici, şerit metre, fotoğraf makinası ve GPS aleti kullanılmıştır. Analizler yapmak üzere çalışma alanından çok sayıda el numuneleri alınmıştır. Malatya fay zonundaki fayların aktif olup olmadığını kontrol etmek amacıyla topoğrafik verilere göre 4 adet gözlem hendeği açılmıştır [2]. Akçadağ yerleşim yerindeki jeolojik birimlerin yatay ve düşey yöndeki

değişimlerini ve yeraltı suyunu belirlemek amacıyla 16 noktada derinlikleri 15 m ile 20 m arasında değişen toplam 275 m jeoteknik amaçlı sondaj yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer belirleme haritası ve çevresindeki jeolojik birimler.

2.3 Laboratuvar çalışmaları

İnceleme alanından alınan el numunelerinden ince kesit yapılarak Ankara Üniversitesi ince kesit laboratuvarında kesitler hazırlanarak mineralojik, petrografik ve paleontolojik analizler yapılmıştır.

Sondajlardan alınan zemin örneklerinin sınıflama deneyleri ile fiziksel, mekanik ve oturma özellikleri Laboratuvarında incelenmiştir. [3, 4, 5, 6].

Akçadağ yerleşim alanında yapılan sondajlardan alınan numunelerin tane boyu dağılımı ve Atterberg limitleri belirlenerek zeminlerin sınıflaması yapılmıştır. Ayrıca zeminlerin doğal su içeriği, özgül ağırlığı, doğal birim hacim ağırlığı, kohezyonu, içsel sürtünme açısı, hacimsel sıkışma katsayısı, şişme yüzdesi ve şişme basıncı belirlenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Çalışma alanı jeolojisi, stratigrafisi, tektoniği ve depremselliği

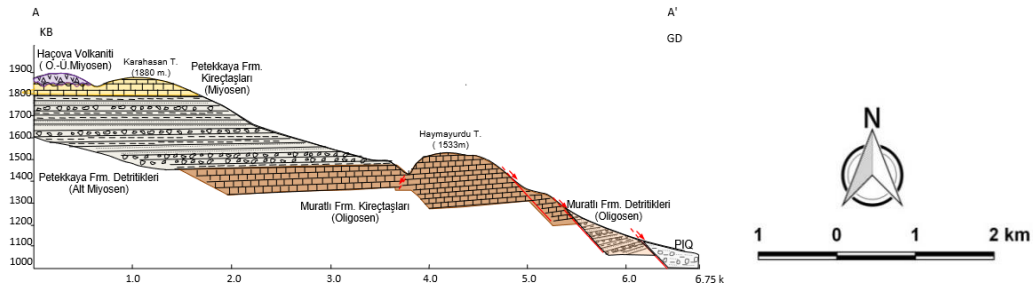
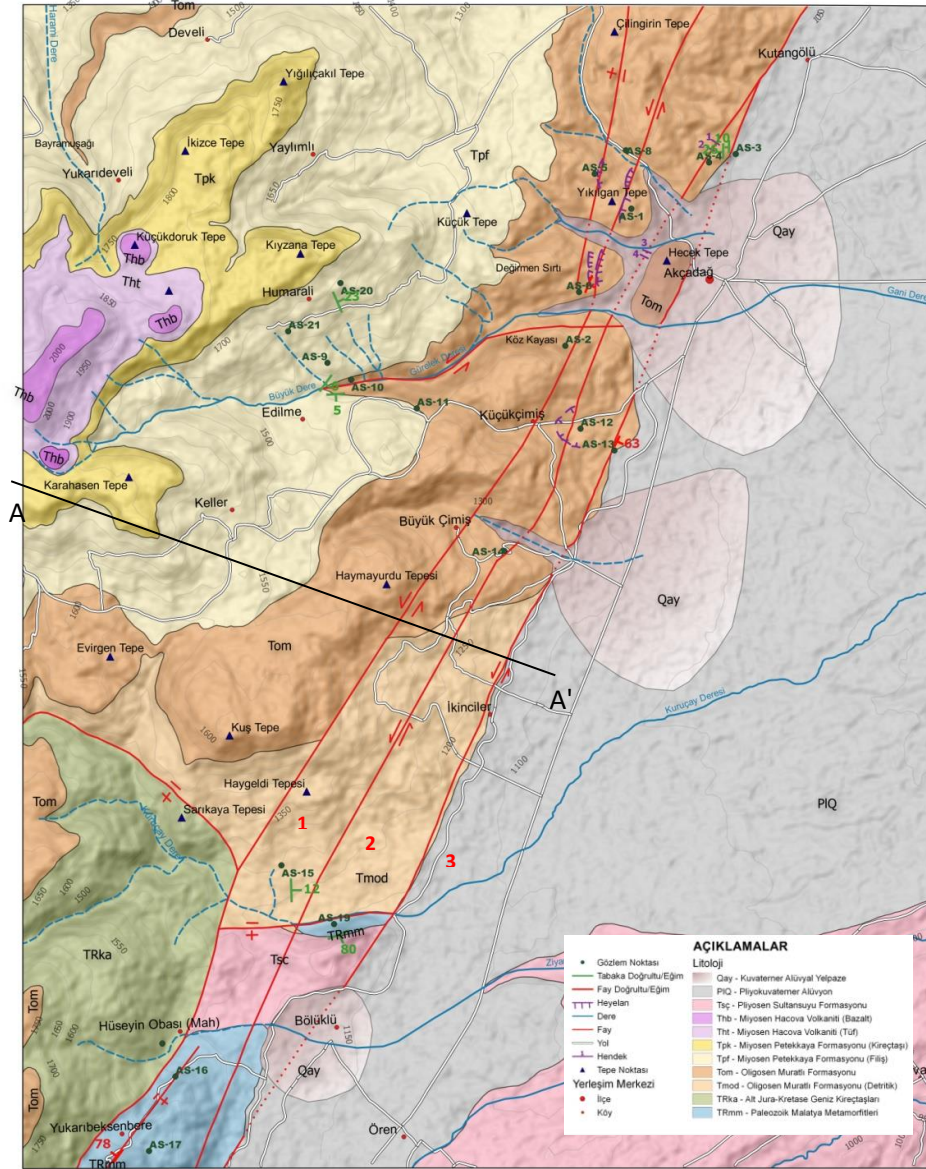
Çalışma alanında yaşlıdan gence doğru Alt Karbonifer-Üst Triyas yaşlı Malatya Metamorfikleri (TRmm), Alt Jura-Alt Kretase yaşlı Geniz Kireçtaşı (TRka), Oligosen yaşlı Muratlı Formasyonu (Tom), Alt Miyosen yaşlı Petekkaya Formasyonu (Tpk, Tpf), Orta-Üst Miyosen yaşlı Hacova Volkaniti (Thb, Tht), Pliyosen yaşlı Sultansuyu Formasyonu (Tsc), Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökeller (PIQ) ve Kuvaterner yaşlı alüvyon yelpazesi çökelleri (Qay) bulunmaktadır [7, 8]. Malatya Fay Zonu, Malatya L39 b3 paftasını kapsayan çalışma alanında Malatya Ovası'nın batısını sınırlayarak yaklaşık K30°D doğrultusunda uzanır. Malatya Fay Zonu'nun Kuvaterner aktivitesine dair değerlendirme stratigrafik veriler, morfolojik veriler ve gözlem hendeği çalışmaları verileri derlenerek yapılmıştır. İnceleme alanının batı sınırında genel morfolojik konuma uymayan DKD-BGB yönünde uzamış sırtlar, çizgisellik gösteren morfolojik değişimler gözlenmektedir. Google Earth görüntülerinde belirgin çizgisellik sunan ve Kuvaterner birimlerini kesen Malatya Fayı; fay sarplıkları, fay vadileri, kademeli topografya, fay aynalarında oluşan heyelanlar v.b. gibi morfolojik oluşumlar ile kendini gösterir. Karataşlık Sırtı güneydoğusundaki uzamış sırt yapısı ve fay sarplıkları Boğa Deresi ve Gürelekgözü Deresi boyunca yükselime bağlı olarak kazanmış dar ve derin vadiler ile Malatya Ovasına doğru gelişen alüvyal yelpazeler faya bağlı olarak gelişen morfolojik yapılarıdır. Fay zonu içerisinde inceleme alanında başlıca birbirine paralel üç basamak halinde kademeli topografya izlenmiş olup bu morfolojiyi oluşturan faylar düşey atım bileşeni olan doğrultu atımlı sol yönlü fay karakterindedir (Şekil 2).

3.2 Akçadağ İlçesinin jeoteknik özellikleri ve yerleşime uygunluk değerlendirmesi

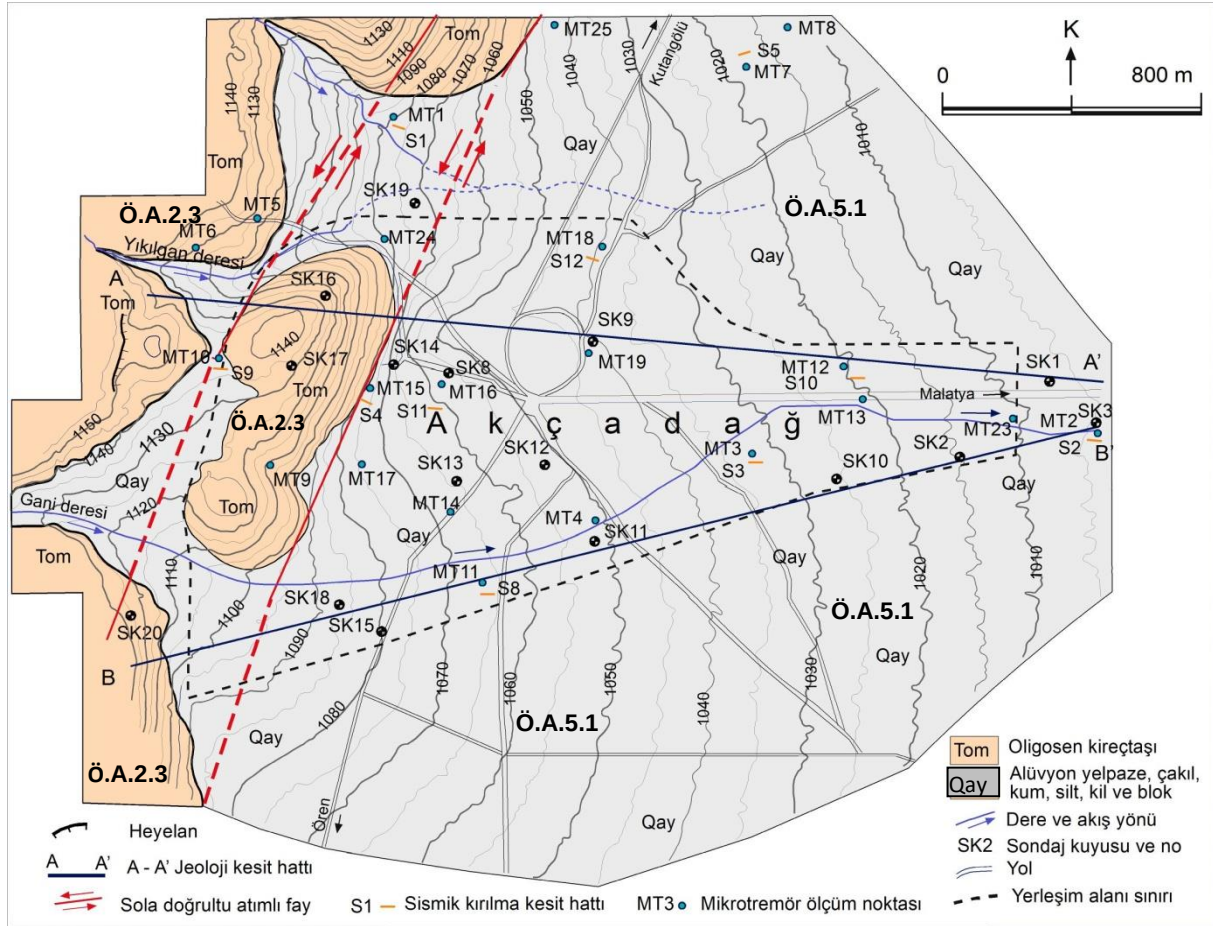
Malatya Fayının üçüncü segmenti üzerinde bulunan Akçadağ İlçesi Murat Formasyonu ve fayın gelişimine bağlı olarak oluşan Kuvaterner yaşlı çakıl, kum, silt ve kilden oluşan alüvyal yelpaze çökelleri üzerinde bulunmaktadır. Alüvyal yelpaze çökelleri bej renkli killi çakıl (GC) ve killi kum (SC) olup, bunlar açık kahverenkli düşük, orta ve yüksek plastisiteli kil (CL, CI ve CH) ile yüksek plastisiteli silt (MH) içerisinde çapraz tabakalanmalı ve mercerler halinde bulunmaktadır. Yelpaze çökelleri içerisindeki zeminin % 54.5'i ince taneli ve % 45.5'i iri taneli zeminlerden oluşmaktadır [10].

Sondaj verilerine göre yeraltı suyu 20.0 m den daha derindedir. İnce taneli zeminlerin SPT N darbe sayısına göre çoğunlukla "çok katı" ve "sert" kıvamda, iri taneli zeminler ise "çok sıkı" dır. Sıvılaşma beklenmeyen Alüvyal yelpaze çökellerinin yerel zemin grubu B, yerel zemin sınıfı Z2 Muratlı Formasyonu kireçtaşları için A, yerel zemin sınıfı Z1 dir.

Akçadağ ilçesi yerleşim alanı, yerleşime uygunluk açısından "Önlem Alınabilecek Nitelikte Mühendislik Problemi Bulunan Alanlar (ÖA-5.1) ve " Önlem Alınabilecek Nitelikte Heyelan ve Kaya Düşmesi (Kompleks Hareket) Sorunlu Alanlar (ÖA-2.3)" olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3) .



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası ve A-A' kesiti



Şekil 3. Akçadağ yerleşim alanı jeoteknik ve yerleşime uygunluk haritası (Ö.A.5.1. "Önlem Alınabilecek Nitelikte Mühendislik Problemi Bulunan Alanlar" ve Ö.A.2.3 "Önlem Alınabilecek Nitelikte Heyelan ve Kaya Düşmesi (Kompleks Hareket) Sorunlu Alanlar"

4. SONUÇLAR

İnceleme alanında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Malatya Fayı inceleme alanında K30°D doğrultulu olup, üç segmentten oluşmaktadır. Üçüncü segmentteki fay Kuvaterner yaşlı alüvyal yelpazeyi kestiğinden aktif olduğu kabul edilmiştir.
2. Akçadağ merkezli 100 km yarıçaplı alan içinde meydana gelen depremler esas alınarak yapılan Poisson olasılık dağılım hesabına göre çalışma alanında 50 yıl içinde büyüklüğü $M=4.5$ ve 5.0 olan depremin olma olasılığı %100 ve tekrarlama periyodu sırasıyla 1 ve 4 yıldır. $M=5.5$ olan depremin olma olasılığı % 94 olup tekrarlama periyodu 18 yıldır. $M=6$ olan depremin olma olasılığı yaklaşık %47,9 olup tekrarlama periyodu 77 yıldır. $M=6.5$ büyüklüğünde deprem olma olasılığı %14.1 olup tekrarlama periyodu 330 yıldır.
3. Akçadağ yerleşim alanında bej renkli killi çakıl ve killi kum olup, bunlar açık kahverenkli düşük, orta ve yüksek plastisiteli kil ile yüksek plastisiteli siltten oluşan alüvyal yelpaze çökelleri bulunmaktadır.
4. Akçadağ yerleşim alanı dışındaki faya bağlı olarak gelişen heyelan ve kaya düşmelerinin bulunduğu kesimlerin yerleşime açılması düşünüldüğünde, bölge bazında jeolojik-jeoteknik inceleme yapılarak arazi kullanımı açısından değerlendirilmesi, buralarda yapılacak yapılar için parsel bazındaki jeolojik-jeoteknik etütlerin bu alanlarda bölge bazında yapılan çalışmalarla bütünleştirilerek değerlendirilmesi uygun olacaktır.

5. Akçadağ ilçesi yerleşim alanı, yerleşime uygunluk açısından "Önlem Alınabilecek Nitelikte Mühendislik Problemi Bulunan Alanlar (ÖA-5.1) ve " Önlem Alınabilecek Nitelikte Heyelan ve Kaya Düşmesi (Kompleks Hareket) Sorunlu Alanlar (ÖA-2.3)" olarak değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Westaway, R. ve Arger, J., "Kinematics of the Malatya-Ovacık Fault Zone", *Geodinamica Acta* **14**, 103-131, 2001.
- [2] Kop, A., Malatya ili Akçadağ ilçesi "1/5000 ölçekli nazım imar planı ve 1/1000 ölçekli uygulama imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüdü kapsamında, Malatya Fayı'nın Akçadağ Segmenti üzerinde yapılan paleosismolojik çalışmalara ilişkin araştırma raporu, *Sütçü İmam Üniversitesi*, Kahramanmaraş, 11 s. 2016.
- [3] TS 1900-1, İnşaat mühendisliğinde zemin laboratuvar deneyleri- Bölüm1: Fiziksel özelliklerin tayini. *TSE*, 93s. Ankara 2015
- [4] TS 1900-2, İnşaat mühendisliğinde zemin laboratuvar deneyleri- Bölüm2: Mekanik özelliklerin tayini. *TSE*, 64S., 2007.
- [5] ASTM D2487, Mühendislik Amaçlı Zeminlerin Sınıflandırılması için standart uygulama (Birleştirilmiş Toprak Sınıflandırma Sistemi), U.S.A., 2010
- [6] ASTM D2216, Kütle ile Toprak ve kayaların su (nem) içeriğinin laboratuvar tayini için standart test yöntemleri, U.S.A., 2010.
- [7] Okuyucu S. ve Erdağ, D., Ş. Malatya Fayı'nın Akçadağ-Ören (Malatya) Arasında Kalan Kesiminin Jeolojisi ve Neotektoniği. 70. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri. ODTÜ, s. 594- 595, 10-14 Nisan 2017. Ankara, Türkiye 2017. Ankara, Türkiye 2017.
- [8] Okuyucu, S. Malatya Fayı'nın Akçadağ-Ören Köyü (Malatya) Arasında Kalan Kesimin Neotektonik Özellikleri ve Akçadağ İlçesi'nin Yerleşime Uygunluğuna Etkisi, Ömer Halisdemir. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. 132 s. Ankara, Türkiye 2017.
- [9] 1900-2017 yılları arası deprem kayıtları, Boğaziçi Üniversitesi, KOERİ, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/earthquake-catalog/2017> (Erişim 02.02.2017)
- [10] Okuyucu S., Ulaş K. ve Kılıç R., "Alüvyal yelpazedeki birimlerin (Malatya, Akçadağ) jeolojik -jeoteknik özellikleri". 70. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, ODTÜ, Ankara, s. 544-545, 10-14 Nisan 2017. Ankara, Türkiye 2017.

THE EFFECT OF WATER IN A LANDSLIDE, UÇUK LANDSLIDE (GERZE/SINOP)

Seda ÇELLEK*

Department of Geology, Faculty of Engineering and Architecture, Ahi Evran University, TR-40100 Kırşehir, Turkey

ABSTRACT

One of the places in which landslides are frequently encountered is Sinop province and its surrounding districts. Gerze district was chosen as the area for this study. The ground conditions in the district and the climate are suitable for landslide formation. Landslides are frequently encountered, especially in the coastal areas. During the field studies, a landslide head about 600 meters wide was observed in the area called Uçuk. The measurements were taken, and the profile of the landslide was extracted. It was determined that the landslide continues gradually for a distance of 300 m to the sea. A sample was taken from the crown point of the landslide for further examination. Physical properties of the soil were determined, and the safety coefficients were calculated by using the Bishop and Janbu methods. Water outlets were observed in the area; therefore, the calculations were repeated by neglecting the effect of water. In both calculations, the safety coefficient increased but was insufficient with water drainage.

Keywords: Gerze, landslide, Sinop, Stable 5, Bishop, soil mechanics

HEYELANLARDA SUYUN ETKİSİ, UÇUK HEYELANI (GERZE/SINOP)

ÖZ

Heyelanlara sıkça rastlanılan yerlerden biri de Sinop ili ve çevre ilçeleridir. Çalışma alanı olarak Gerze ilçesi seçilmiştir. İlçede zemin koşulları ve iklim heyelan oluşumu için uygun koşullara sahiptir. Özellikle deniz kıyısındaki alanlarda heyelanlara sıklıkla rastlanılmaktadır. Arazi çalışmaları sırasında bölgede uçuk olarak adlandırılan alanda, yaklaşık 600 m genişliğinde heyelan başı gözlenmiştir. Ölçümler alınarak heyelanın profili çıkarılmıştır. Denize kadar olan 300 m'lik mesafede kademeli olarak heyelanın devam ettiği tespit edilmiştir. Daha ayrıntılı inceleme için heyelanın taç noktasından örnek alınmıştır. Zeminin fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Stable 5 programı yardımıyla profili çıkarılan heyelanın Bishop ve Janbu yöntemleri ile güvenlik katsayıları hesaplanmıştır. Alanda su çıkışları gözlenmiştir. Bu nedenle hesaplamalar suyun etkisi ihmal edilerek tekrarlanmıştır. Her iki hesaplamada da suyun drene edilmesi halinde güvenlik katsayısının arttığı fakat yetersiz olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Gerze, heyelan, Sinop, Stable 5, Bishop, zemin mekaniği

1. INTRODUCTION

As throughout the world, there are many landslides in our country that cause loss of life and usually large economic damages every year. In particular, landslides occur frequently in the Black Sea region, which is one of Turkey's rainiest and hilliest areas. The Gerze (Sinop) District in the western Black Sea region is an area suitable for landslide formation in terms of geological, geomorphological, and climatic conditions. Landslides are formed especially in the spring months due to heavy rainfall and snow waters. For that reason, it is of great importance to prevent the loss of life and property that may occur by carrying out landslide research in the region. The study area

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.:05306023240 ; e-mail: sedacellek@ahievran.edu.tr

covers the Gerze (Sinop) District and its surroundings, including the active landslide areas. This region was selected as a study area because studies of mass movements have been especially effective in the coastal area in recent years [1].

2. MATERYAL VE METOT

The geological units in the area were determined by field studies. During the field work, GPS measurements of the landslide were taken. The landslide profile was prepared with the measurements taken. The stability of the landslide was calculated with the STABL5 program. Also, disrupted and undisturbed samples were taken to determine the ground properties of the area. Physical properties of the soil, clay species, and grain-distribution properties were determined.

2.1. Geology

The Bedire Kayası Formation and alluvium are found in the area. The Bedire Kayası Formation is 3 km to the west of Bedire Rock. It is composed of conglomerate, limestone, and sandstone, with very large blocks at the bottom. The upper part is made of yellow-colored clay and sand. The Bedire Kayası Formation overlies other units by an angular unconformity, and its thickness is 20 m. The age of the formation has been determined as Pleistocene by Inandik [2] by means of paleontological data. The Bedire Kayası Formation is composed of sediments characterizing a regressive and transgressive sequence [3]. Alluvium is exposed in the study area in the valley bottom of the Sarımsakçayı stream and its feeding arms. The main block consists of a mixture of clay- and silt-sized materials in a gravel and sand-sized matrix. There is an unconformity between the Quaternary aged Bedire Kayası Formation and other formations.

2.1. Geotechnical Properties of Soils

The rocks in the study area have been completely decomposed, and thus the geotechnical properties of the decomposed material have been determined according to the principles of soil mechanics. The geotechnical properties of the ground were determined by experiments on the stripped and undisturbed samples. As a result of the experiments performed on the samples, the consistency limits of the samples and the corresponding activation coefficients, as well as specific gravity, wet sieve analysis, and grain distribution curves were obtained from the hydrometer experiments. The samples were named according to the United Soil Classification System (USCS). In the experiments on undisturbed samples, pore water pressures, effective cohesions, effective friction angles, unit volume weights, water contents, porosities, void ratios, saturation degrees, and dry unit volume weights were found. In addition, X-Ray diffractometer analyses were performed on clay samples, and samples were prepared by using the water flotation method. In addition, the clay was also identified by the calculation of the coefficient of activity. Pycnometer tests were performed to determine the specific gravity of the samples. Natural unit weight, water content, dry density, porosity, void ratio, saturation degree, saturation density, and submerged density values were determined by the experiments on undisturbed samples. The results obtained are shown in Table 1.

Wet sieve analyses and hydrometer analyses were performed on the samples taken from the field. Granulometry curves were plotted on the basis of the results obtained in the two experiments (Table 2).

Table 1. Physical properties of soil samples

γ_n (gr/cm ³)	w	γ_k (gr/cm ³)	γ_s (gr/cm ³)	e	n	Sr	γ_{doy} (gr/cm ³)	γ' (gr/cm ³)
2.013	0.215	1.657	2.731	0.648	0.393	0.906	2.051	1.051

Table 2. Distribution of Soil Groups by Sample Number

Clay(%)	Silty (%)				Sand (%)				Gravel (%)
	Fine	Medium	Coarse	Total	Fine	Medium	Coarse	Total	
42	12	12	17	41	12	3.5	1	16.5	0.5

The experimental results of the consistency limits are given in Table 3. It has been shown that the ground is CH (high plasticity clay).

Table 3. Results of the consistency limits of the samples

liquid limit	plastic limit	shrinkage limit	plasticity index	liquid index	consistency index	activity coefficient	definition	soil group
61	22	13	39	-0.01	1.01	0.33	fat clay	CH

Table 4. Plasticity classification of samples with liquid limit and plasticity index values

Burmister [4]	According to Plasticity Index	According to Lique Limit
Silt Clay	Very high plasticity	High plasticity

The relationship between the consistency of the soil and the plasticity index values of the samples was determined by evaluating the relationship between the consistency of the floor and the consistency of the soil. Normal and active clays identified, according to the classification of clays by activity were illite and montmorillonite, respectively. Shear box and free pressure tests were performed to determine the internal friction angle and cohesion, which are the shear strength parameters of the soil. The normal stress and shear stress values obtained from the experiments on the samples are given in Table 5. As a result of the test, the following values were calculated: non-confined compressive strength 5.251 kg/cm^2 , cohesion (c) 0.216 kg/cm^2 , and internal friction angle (ϕ') 20.349° . The consistency of the ground and the consistency of the ground were determined as hard as a result of the free pressure test.

Table 5. Normal (σ) and shear stress (τ) values obtained at the end of the shear box experiments

0.18 kN/m ²		0.36 kN/m ²		0.72 kN/m ²	
(τ)kg/cm ²	(σ)kg/cm ²	(τ)kg/cm ²	(σ)kg/cm ²	(τ) kg/cm ²	(σ) kg/cm ²
0.449	0.567	0.627	1.075	1.046	2.268

3. FINDINGS AND DISCUSSION

Although there is no definite information about the occurrence of the landslide formed near the neighborhood of Engel in the study area, it is mentioned by the local people that it has existed for at least 60 years. It is a continuous landslide toward the sea, bounded by the Sinop-Samsun road and the sea. Two separate secondary slip surfaces were observed in the lower part of the flooded landslide during field work. There are water outlets just below both sliding surfaces, and they have formed small puddles. The landslide lies within the clay-and-sand levels of the Bedire Kayasi Formation (Figure 1).



Figure 1. a) Uçuk landslide and its lower puddle, b) Curved rupture surfaces of the landslide the landslide and bends in the surrounding trees [1]

The cross-section was extracted according to the results obtained by GPS instrumentation (Figure 2). Then, by using the Bishop and Janbu methods in the STABL5 program, the safety factors for the different sliding surfaces were determined; their averages are given in Table 6.

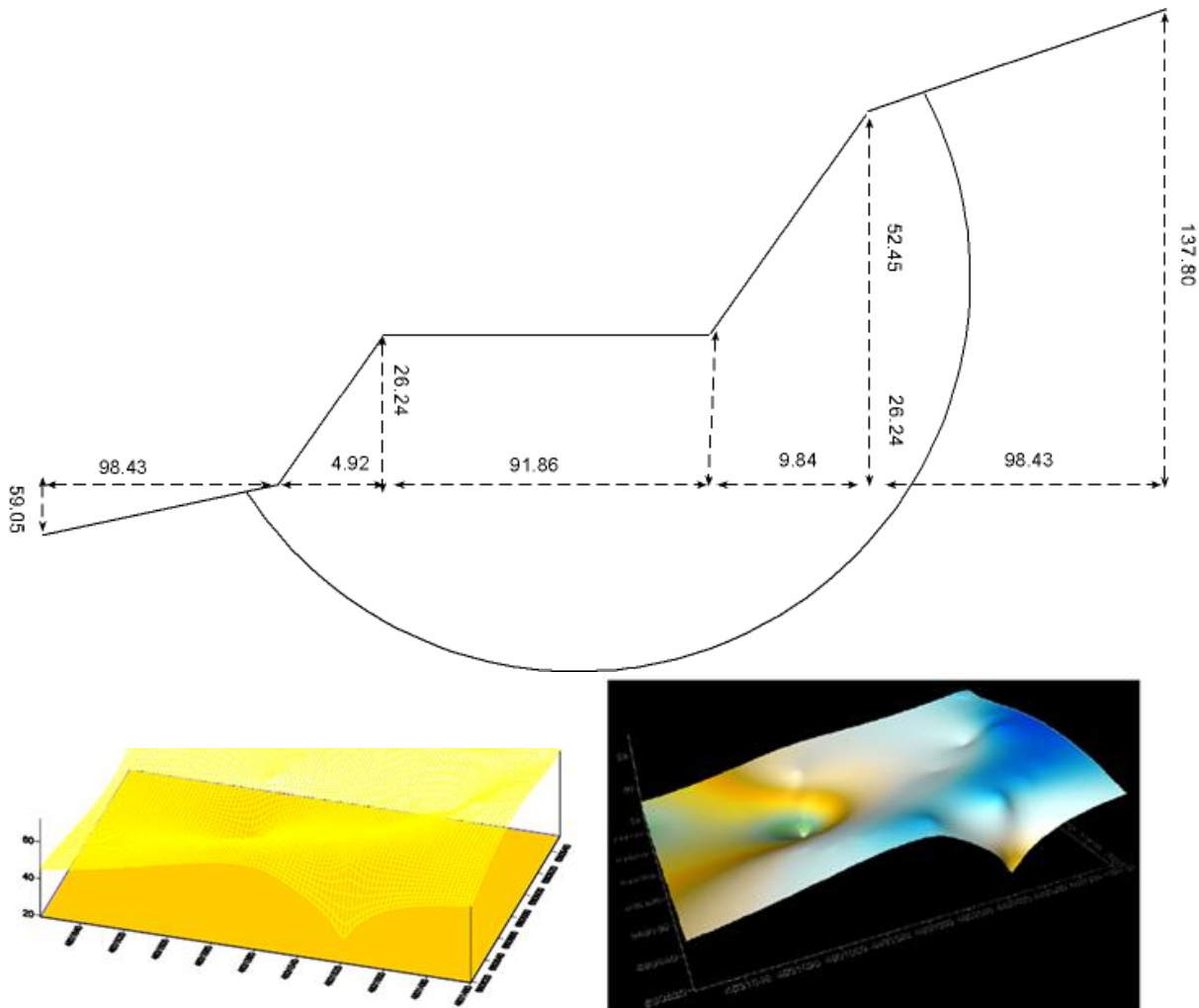


Figure 2. Profile of the Uçuk landslide and three-dimensional view of the landslide [1]

Table 6. Factors of safety for Uçuk landslide

Calculation of water		In the absence of water	
Bishop	Janbu	Bishop	Janbu
0.632	0.608	0.854	0.889
0.632	0.608	0.854	0.889
0.632	0.608	0.854	0.889
0.632	0.608	0.855	0.889
0.632	0.608	0.855	0.889
0.632	0.608	0.856	0.889
0.633	0.609	0.856	0.889
0.633	0.609	0.856	0.890
0.633	0.609	0.856	0.891
0.634	0.609	0.857	0.891
0.6325	0.6084	0.8553	0.8895

4. RESULTS

When Table 6 is examined, it can be seen that the average safety factor determined for the inclusion of water is 0.6325 according to the Bishop method and 0.6084 according to the Janbu method. In addition, as a result of the calculations made by eliminating the water effect, the average safety factor was found to be 0.8553 by the Bishop Method and 0.8895 by the Janbu method. The calculations also show that the amount of water negatively affects the safety number. A three-dimensional image was created in the Surfer program by using GPS measurements for stability analysis. It was determined that the existing landslide areas are stable in the stability analysis performed with the STABL5 program. Because the area where the Uçuk landslide occurs is used as rubble discharge area, there is a possibility of a second landslide due to the increased load.

ACKNOWLEDGMENT

I would like to thank to Prof.Dr. Fikri BULUT

KAYNAKLAR

- [1] ÇELLEK, S., Investigation on Gerze (Sinop) Active Landslide Areas from the Engineering Geological Point of View, Master Thesis, KTU, Turkey, 2007.
- [2] İNANDIK, H., “Sinop-Terme Arasında Ki Kıyıların Morfolojik Etüdü”, T. Coğr. Derg. 17, 51-71, 1957.
- [3] BARKA, A., SÜTÇÜ, Y., TEKİN, F., GEDİK İ., KARABIYIKOĞLU, M., SARAÇ, G., AREL, E. ve ÖZDEMİR, M., “Sinop Yarımadasının Jeolojisi Ve Tektonik Evrimi”, TJK kurultayı tebliği 55s, 1983
- [4] BURMİSTER, D. M., Identification and Classification of Soils-An Appraisal and Statement of Principles., 1951.

LOAD EFFECT ON LANDSLIDE: CASE STUDY OF DENİZ FENERİ LANDSLIDE (GERZE SINOP)

Seda ÇELLEK*

*sedacellek@ahievran.edu.tr

ABSTRACT

The coastal area of the Black Sea is subject to landslides. The Deniz Feneri landslide in Gerze (Sinop) District was investigated in this study. The landslide occurred in 2005 in the garden to the rear of the Deniz Feneri restaurant. Stability of the adjacent cliff had been noted to deteriorate after the building was constructed. Geological and soil characteristics of the study area were determined during the investigation. The landslide is located in the Early-Middle Eocene Kusuri Formation, which is composed of a very uniform sandstone/shale alternation that continues with an underlying claystone/marl alternation. Stripped and undisturbed samples were taken from the landslide area to determine the soil characteristics, and physical properties of soil and clay samples were determined. The area of the slide field was determined by hand GPS. Thus, the effect of water and additional load on the landslide has been investigated. The STABL5 program was used for this, and, accordingly, the stability of the landslide was calculated by the Bishop and Janbu methods. Furthermore, the progress of the landslide has been monitored by taking images of the area in successive years. As a result, it was confirmed that the load caused by the building caused deterioration of the slope stability. The building is now out of use.

Keywords: Gerze, landslide, Sinop, STABL5, Bishop, soil mechanics

EK YÜKÜN HEYELANA ETKİSİ, ÖRNEK ÇALIŞMA, DENİZ FENERİ HEYELANI (GERZE SİNOP)

ÖZ

Karadeniz sahil kesimi heyelan için çok elverişlidir. Bu çalışmada Gerze (Sinop) ilçesinde meydana gelen Deniz Feneri heyelanı incelenmiştir. Heyelan Deniz Feneri restoranın bahçesinde meydana gelmiştir. Alanda stabilite binanın yapılmasından sonra bozulmuştur. Çalışma alanın jeolojik ve zemin özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Heyelan, Deniz Feneri restoranı yanında Erken-Orta Eosen yaşlı Kusuri Formasyonu içerisinde yer almaktadır. Formasyon, alt kesimlerinde ince tabakalı kiltası-marn aralanması ile devam eden oldukça homojen bir kumtaşı-şeyl aralanmasından oluşmaktadır. Ayrıca zemin özelliklerinin belirlenmesi için heyelan alanından, örselenmiş ve örselenmemiş numune alınmıştır. Zeminin fiziksel özellikleri ve kil cinsinde belirlenmiştir. El GPS ile alanın profili çıkarılmıştır. Böylece, heyelana suyun ve ek yükün etkisi araştırılmaya çalışılmıştır. Bunun için Stable 5 programı kullanılmıştır. Buna göre heyelanın stabilitesi Bishop ve Janbu yöntemleri ile hesaplanmıştır. Ayrıca, alanın farklı yıllarda ki görüntüleri alınarak heyelanın ilerleyişi tespit edilmiştir. Sonuç olarak binadan kaynaklı yükün stabilitenin bozulmasına neden olduğu anlaşılmıştır. Bina kullanım dışı bırakılmıştır.

Anahtar kelimeler: Gerze, heyelan, Sinop, Stable 5, Bishop, zemin mekaniği

1. INTRODUCTION

Gerze District is a settlement in the southeast of the province of Sinop, about 40 km from the city center and away from the beach areas. Due to increasing urbanization and changing economic and educational conditions, it has been observed that there has been a rapid migration from the villages to the district center in recent years. As a result of rapid migration movements, settlements were started in areas lacking infrastructure. The district has the

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.:05306023240 ; e-mail: sedacellek@ahievran.edu.tr

Black Sea climate, with high humidity and considerable rainfall. The total annual rainfall of the study area is 732.4 mm, and there is no dry season in the entire study area. The highest average monthly rainfalls occur during the October–January period, with the most precipitation in October at 94.18 mm. July is the month with the lowest value of 31.9 mm. The average relative humidity in the region is 74.52%. The yearly average is 90 days of precipitation, 193 cloudy days, and 81 clear days. As a feature of the Black Sea climate, the Gerze region is covered with rich forests and vegetation [1].

2. MATERIAL AND METHOD

Field and laboratory studies were conducted to examine landslides occurring in and around Gerze District. A 1/10,000 scale map of the region was prepared by carrying out studies of the general geology of the study area. Active landslide areas were identified in the field studies, and disturbed and undisturbed samples were taken for laboratory studies. In landslide areas, samples were taken from the undisturbed part behind the crown of the landslide by means of 38 mm and 15 cm diameter steel tubes. To maintain the properties of the ground in the field, the upper and lower surfaces of the steel tubes were moved to the laboratory environment after sampling. To determine the geotechnical properties of the ground in laboratory studies, X-Ray diffractometer analysis was performed, as well as direct shear (shear box), non-confined compression test, specific gravity, consistency limit, sieve analysis, hydrometer analysis, and determination of the clay type. The existing landslide areas in Gerze and its vicinity were determined, and the safety coefficients were calculated by using the STABL5 program and by using the Bishop and Janbu stability analysis methods. Three-dimensional images were generated of the areas where stability was calculated by using the Surfer program.

STABL5 is a program that solves two-dimensional stability problems by the limit balance method. The calculation of the safety factor corresponding to an unstable grade is by the slice method, an adaptation of the modified Bishop method, which uses random techniques for general potential sliding surfaces of critical surfaces and corresponding safety numbers. The first of those techniques produces circular surfaces, and the second produces surfaces with slip-block character. The latter also produces randomly shaped irregular surfaces. Because a general assumption was not made in the generalized Janbu method, the unknown numbers in the general equation increase against the known ones. For that reason, the solution is complicated and often does not allow manual solution. Consequently, the simplified Janbu method was developed by setting the interdental shear force at zero. The most important feature of the method developed by Janbu is that it can be applied to every type of sliding surface. The simplified Janbu method analyzes stability by using force balance [2]. This method [3,4], which is discussed by Janbu, examines for both circular sliding surfaces and non-circular sliding surfaces. The generalized Janbu method involves the effect of intersectional forces, with an acceptance made taking into account the point at which intersection forces are effective. The Bishop method for the slope stability analysis of circular sliding surfaces was first developed for generally shaped surfaces but was later implemented in the same way when the circular surface assumption was found to be notable and failed in the calculations [5,6].

3. FINDINGS AND DISCUSSION

The Early–Middle Eocene Kusuri Formation is dominant in the area. The Kusuri formation is represented by a very uniform sandstone-shale alternation. The unit consists of intercalations of thin-bedded claystone-marls in the lower parts and includes gradually increasing sandstone intercalations that grade into sandstone-shale alternations. The rocks in the study area have been completely decomposed, and thus the geotechnical properties of the decomposed material were determined according to the principles of soil mechanics. The geotechnical properties of the ground were determined by experiments on the disturbed and undisturbed samples. As a result of the experiments performed with the samples, the consistency limits of the samples and the corresponding activation coefficients, as well as specific gravity, sieve analysis, and grain distribution curves, were obtained. The samples were classified according to the Unified Soil Classification System (USCS). Pressure resistance, effective cohesion, unit weight, water content, porosity, void ratios, saturation degrees, and dry unit volume weights were determined in the experiments conducted on undisturbed samples. In addition, X-Ray diffraction analysis was performed on clay samples, and samples were prepared by using the water flotation method. Clay varieties were also identified by calculation of the coefficient of activity. Pycnometer tests were performed to determine the specific gravity of the samples. Accordingly, the soil characteristic of the landslide area are; $\gamma_n, 1.843 \text{ gr/cm}^3$; w

25%; γ_k 1.475 gr/cm³; γ_s 2.648 gr/cm³; e 0.820; n 0.451; S_r 81%; γ_{doy} 1.925 gr/cm³; and γ' 0.925 gr/cm³. Grain distribution is 31% clay, 18% fine silt, 15% medium silt, 10% coarse silt, 10% fine sand, 10% medium sand, 15% coarse sand, and 1% gravel. According to the consistency limits, LL = 72, PL = 31, RL = 18, and PI = 41. The thickness index was 1.14, and the coefficient of activity was calculated to be 0.44. The soil group is CH (oily clay) according to the combined soil classification. When the sample was evaluated according to the IAEG classification based on the liquid limit [7], it was determined that it had very high plasticity. According to Burmister [8], the soil is clay with very high plasticity and, according to Leonards [9], very plastic. The floor is too rigid according to the consistency index. On the basis of activity, the classification is normal clay (illite), and according to the X-Ray results, it is illite and nontronite. The area is 18 kPa respectively, for load σ : 54, τ : 52; load for 36 kPa was calculated as σ : 137, τ : 111 and σ : 258 for 72 kPa, and τ : 137 kPa. Compressive strength was calculated as 5.513 kg/cm² for 30 kg.

Landslides are observed along the coast of the district on the steep coast where wave activity is high. The cliffs, which are the dominant morphological unit of the coasts, show significant differences due to varying structure and lithological conditions along the coast. The cliffs, which are the product of wave wear, are “dead” cliffs in some places, such as the cliff at the location of the lighthouse. The Deniz Feneri landslide first occurred in winter of 2005. From the beginning of the landslide, a second region with back stretch strains was formed. Because the sliding material flows into the sea as a result of the landslide, the main elements of the landslide, such as the heel and the swell zone, do not appear (Figure 1).



Figure 1. Deniz Feneri landslide images

The first shift occurred in August 2005. In February of the same year, excessive snowfall, snow melting and heavy rainfall occurred after the new slip, and the main mirror openings in the stretch cracks ranging from 60 cm to 80 cm were formed. Stability in the area deteriorated after the restaurant building was constructed.

The section of the Deniz Feneri landslide was removed according to the measurement results obtained by the GPS device (Figure 2). Then, using the Bishop and Janbu methods in the STABL5 program, the factors of safety for various sliding surfaces were determined, and their average is given in Table 1.

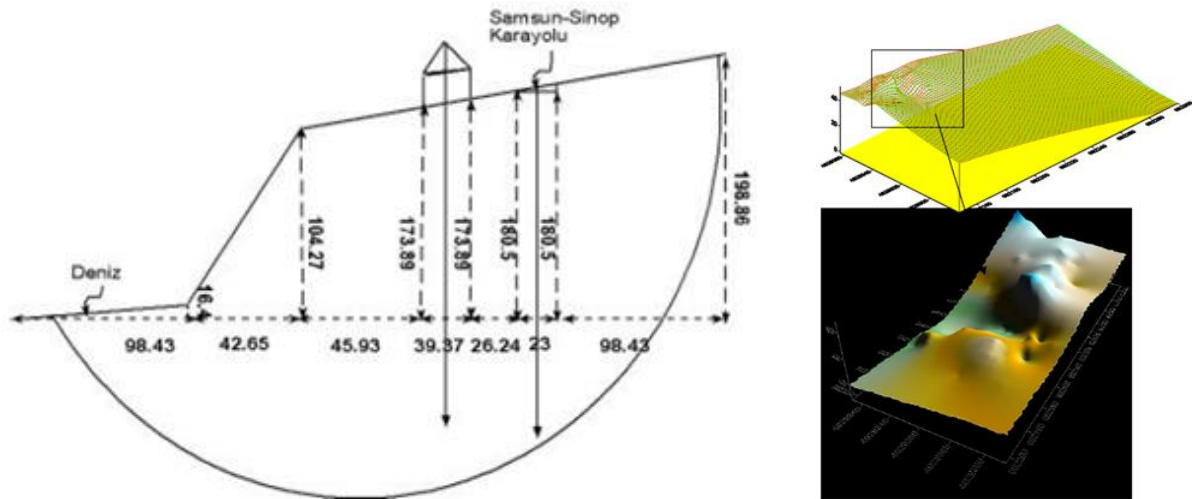


Figure 2. Deniz Feneri landslide profile and its 3-dimensional image

Table 1. Safety factor of Deniz Feneri landslide

calculating water and load		in the absence of water and load	
Bishop	Janbu	Bishop	Janbu
0.459	0.389	0.898	0.836
0.469	0.391	0.911	0.845
0.467	0.399	0.925	0.870
0.470	0.413	0.940	0.886
0.481	0.424	0.971	0.890
0.504	0.424	1.011	0.930
0.504	0.426	1.026	0.941
0.509	0.423	1.025	0.942
0.512	0.438	1.027	0.953
0.519	0.446	1.029	0.966

Table 1 shows that the average of the safety factor values for the cases with water and load is 0.489 according to Bishop and 0.418 according to Janbu. In cases where water and load are neglected, the average safety factor is 0.976 according to Bishop and 0.905 according to Janbu.

4. RESULTS

The area of the field was determined by hand GPS. The STABL5 program was used to investigate the effect of water and load on the landslide. Accordingly, the stability of the landslide was calculated by the Bishop and Janbu methods. Furthermore, the progress of the landslide was determined by taking images of the area in successive years. As a result of the study, it was determined that the area was unstable. The area was found to be safer when the loading and water conditions were removed. Drainage was proposed for dewatering the area. As a result of the process, the slippage in the area continued to be slower, but the movement of the building toward the sea continues. Bored piles were used as the foundation of the building, but cracks have formed due to sliding.

It was observed that the safety factor of the area doubles in the absence of load and water. Therefore, drainage is recommended for the work area. Although the slip after drainage is noticeably slowing down, the Deniz Feneri restaurant continues to move toward the sea. Although there are cracks in the building, large deformation has not occurred. The reason for that is that the foundation is made of piles.

ACKNOWLEDGE

I would like to thank for my thesis supervisor Prof. Dr. Fikri BULUT

REFERENCES

- [1] ÇELLEK, S., “Investigation on Gerze (Sinop) Active Landslide Areas from the Engineering Geological Point of View”, Master Thesis, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2007.
- [2] JANBU, N., BJERRUM, L. ve KJAERNSLİ, B., “Veiledning Veld Losning av Fundamenterings Oppgaver”, Norwegian Geotechnical Institute Publ. No. 16. 1956.
- [3] JANBU, N., “Stability Analysis of Slopes With Dimensionless Parameters”, Harward Soil Mechanics Series No. 46., 1954,
- [4] JANBU, N., “Earth Pressure and Bearing Capacity Calculations by Generalized Procedure of Slices”, proc. 4th Int. Conf. Soil Mech. and Foundation Eng., London, 2, 207-212, 1957.
- [5] BİSHOP, A. W., “The Use of the Slipse Circle in the Stability Analysis of the Slopes”, Geotechnique, 5, 7-17., 1955
- [6] BİSHOP, A.W. ve MORGENSTERN, N., “Stability Coefficient for Earth Slopes”, Geotechnique, 10,4, 129-150, 1960,
- [7] IAEG, “Engineering Geology Maps a Guide to Their Preparation”, 1, Unesco Pres, Paris, 1976.
- [8] BURMİSTER, D. M., “Identification and Classification of Soils”, An Apprasial and Statement of Principles. 1951.
- [9] LEONARDS, G. A., “Foundation Engineering”, Mc Graw Hill Book Comp.,1136p, 1962.

TEKTONİK VE YAPISAL JEOLJİ OTURUMU

KUZEY ANADOLU FAY SİSTEMİ ÜZERİNDEKİ İZMİT KÖRFEZİ – SAPANCA GÖLÜ HAVZASI ÇEVRESİNDE PLİYO-KUVATERNER STRATİGRAFİSİ – AKTİF DEFORMASYON İLİŞKİSİ

Bülent DOĞAN¹, Ahmet KARAKAŞ¹, Metin AŞCI², Ertan PEKŞEN², Fadime SERTÇELİK², İbrahim SERTÇELİK², Cengiz KURTULUŞ²

¹ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 41040, İzmit/Kocaeli.

² Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 41040, İzmit/Kocaeli

ÖZ

Bu çalışmada İzmit Körfezi – Sapanca gölü havzasının özellikle güneyinde durgun tatlı su ortamını karakterize eden Maşukiye formasyonu, bu birim içinde belirlenen *Gastropoda* türü olan *Planorbarius* fosil bolluk zonu ile ilk kez haritalanmıştır. Bu birim, Kuzey Anadolu Fay Sistemi içinde gelişen oblik normal faylar ile güney temel kayaların üzerine gelir. İzmit körfezi – Sapanca gölü havzasının güneyinde yer alan faylar, BKB – DGD doğrultulu olup oblik normal türdedir. Havza-ıçi çökellerde KD – GB doğrultulu oblik ters faylar da nadiren izlenir. Bu deformasyon şekli ile havza-ıçi çökellerdeki yapılar, sağ yanal doğrultu atımlı, buna ait ikincil faylar ile ve havzanın güney blokunda yoğunlaşan deformasyon ile gelişmiş olup, deneysel ve teorik saf makaslamalı yamulma elipsoidi içinde gelişen yapılar ile uygunluk gösterir.

Anahtar kelimeler: Durgun Tatlı Su, Oblik Normal Fay, Saf Makaslamalı Yamulma Elipsoidi

RELATION BETWEEN PLIO-QUATERNARY STRATIGRAPHY AND ACTIVE DEFORMATION AROUND SAPANCA LAKE-IZMIT GULF BASIN ON THE NORTH ANATOLIAN FAULT SYSTEM

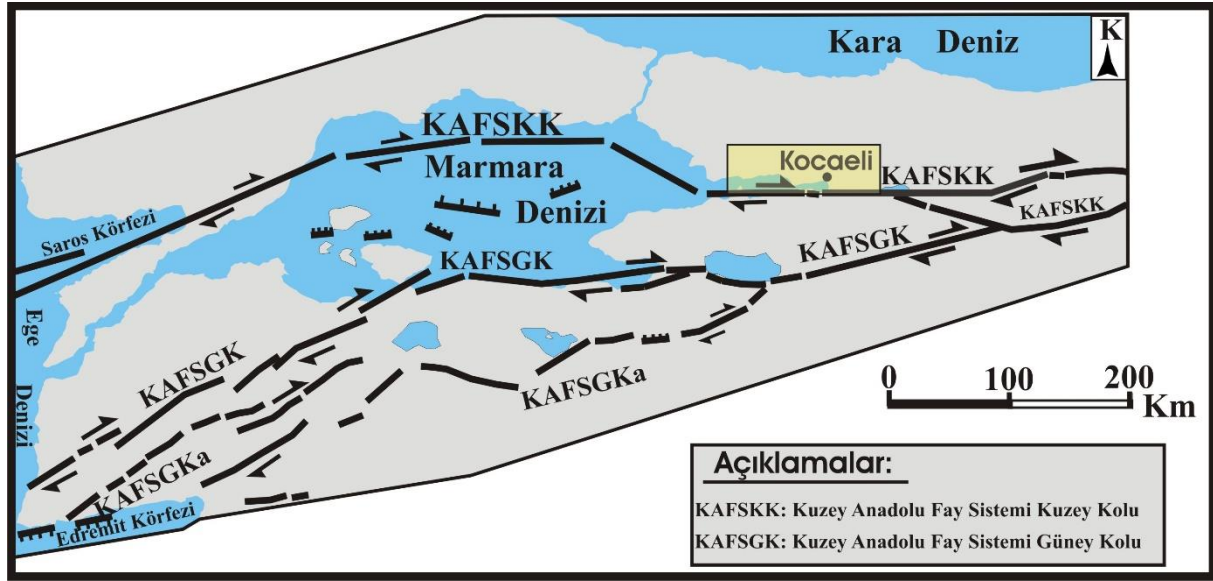
ABSTRACT

In this study, Maşukiye formation which characterized stagnant fresh water environment especially in the south of İzmit Bay - Sapanca Lake basin was mapped for the first time with *Gastropoda* *Planorbarius* fossil abundance zone which was determined in this unit. This unit overlies the southern basement rocks with oblique normal faults developing within the North Anatolian Fault System. The faults in the south of the İzmit Bay - Sapanca Lake basin are oblique normal types with WNW– ESE strike directions. In the basin fill sediments, NE – SW oriented oblique reverse faults are rarely observed. In this form of deformation, the basin is developed by the right lateral strike-slip and its secondary faults and the deformation which is concentrated in the southern block of the basin. The structures developed in the intra-basin filling deposits show similarity with experimental and theoretical simple shear strain structures developed within the ellipsoid.

Keywords: stagnant fresh water, oblique normal fault, simple shear strain ellipsoid

1. GİRİŞ

Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) Marmara Bölgesi'nde Mudurnu(Bolu)'dan itibaren kuzey (KAFSKK) ve güney (KAFSKG) olmak üzere iki, güney kolda Mekece'den (Sakarya) itibaren güney-a (KAFSKG-a) üzere başka kol şeklinde toplam üç ana kola ayrılır [Şekil 1]. Bu kollar, Marmara bölgesi'nin hem kara, hem de deniz kesiminde bazı çukurluk veya havza alanları oluşturarak, günümüze kadar deforme etmeye devam etmektedir. Sağ yanal doğrultu atımlı fayın evrimi sürecinde açılan bu havzaların hem açılma mekanizmaları, hem de havzaların içini ve etrafını oluşturan çökellerin stratigrafik içeriğinin bölge aktif tektoniği ile ilişkileri, bazı çalışmalarda farklı şekillerde açıklanmıştır [1-7].



Şekil 1. Kuzey Anadolu Fay sistemi ve ana kollarının Marmara Bölgesindeki genel konumları [8'den faydalanılarak].

Marmara Bölgesi'nde KAFS ile birlikte açılmaya başlamış ve günümüze kadar da bu deformasyondan etkilenmiş havzalardan biri de İzmit körfezi – Sapanca gölü havzasıdır (İSH). Bu havza civarındaki stratigrafik ve KAFS ile ilişkili fayların analitik incelenmesini içeren çalışmalar ise oldukça kısıtlı içeriklidir [9-11].

İSH'nin güneyindeki yükselim Sakarya kıtasına, kuzeyindeki yükselim ise İstanbul–Zonguldak kıtasına (Rodop – Pontid Fragmanı) aittir. İSH, 38 X 8 km ölçeğinde bir alana sahip bir havza olup etrafında ve içinde muhtelif fasiyeslerde çökel birimleri içerir. Bu çalışma, İSH'da önceki çalışmacıların havza bazında detaylandıramadığı havza-içi çökellerin fasiyeslerini tanımlamayı ve bunları lithostratigrafik olarak açıklamayı amaçlamakta olup, bu birimlerin nasıl ve hangi ölçekte KAFS ile ilişkili olarak gelişip gelişmediklerini belirlemeyi içerir. Buna ilaveten KAFS'nin bölgede oluşturduğu deformasyon zonu dağılımının ve bölgedeki tüm aktif fay türlerinin KAFS ile ilişkili olup olmadıklarını yapısal olarak açıklamaktadır. İSH'daki Pliyo-Kuvaterner stratigrafisinin gelişiminde birincil ve diğer fayların KAFS ile yani sağ yanal doğrultu atımlı faylanma sistemine ait bir topluluk olup olmadığı da bu çalışma ile belirlenmiştir. Buna göre İSH'nin tektonik gelişim mekanizması da; hem havza-içi çökellerin içindeki, hem de bu çökellerin temel kayalar ile jeolojik sınırını oluşturan faylar ile birlikte karşılaştırılarak açıklanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

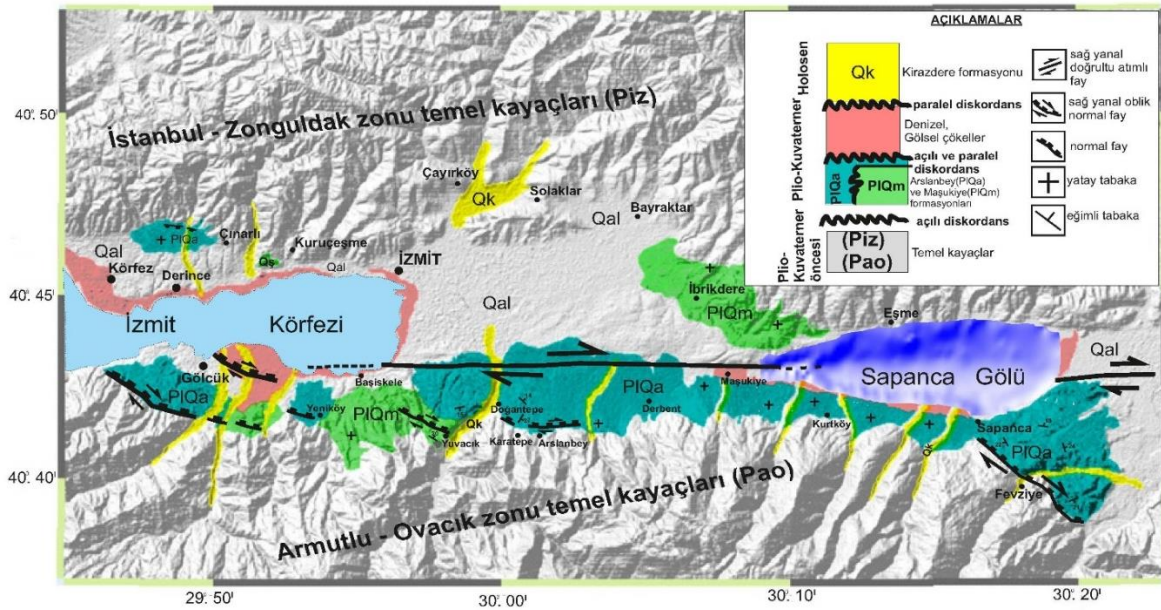
Çalışmada 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritası saha çalışmalarında kullanılmış olup, bu haritaya bölgedeki Pliyo – Kuvaterner yaşlı çökellerin dağılımı, ayrıntılı şekilde içindeki yapısal faktörler ile birlikte işlenmiştir. Buna göre oluşturulan haritadaki verilerin hangi anlama geldiği bu çalışmada stratigrafi ve yapısal jeoloji bölümlerinde açıklanmıştır. Ayrıca havza-içi bir birimde sahada bulunan fosiller değerlendirilmiştir. Bölgede pusula ve GPS ile tespit edilen yapısal unsurlar doğrultularına göre sınıflandırılmış ve bölgenin Neotektonik dönemdeki deformasyon şekline yaklaşım yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanındaki bulgular iki ana veri grubunda incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Buna göre İSH'daki havza-içi çökeller gruplandırılmış ve bunların içindeki tüm aktif yapısal unsurlar değerlendirilmiştir.

3.1 Stratigrafi

İSH'da güney yükselimi Armutlu-Ovacık Zonu, kuzey yükselimi ise İstanbul- Zonguldak Zonu temel kayalar oluşturur. Güneyde daha çok metamorfik ve rekristalize kireçtaşları ve altere andezitik ile yer volkano tortul kayalar hakim iken, kuzeyde ise daha fazla sedimanter türde temel kayalar bulunur. Havza-içi dolguyu ise genellikle karasal nitelikli çökeller oluşturur. Buna göre Sapanca gölü kuzeybatısında yer alan Maşukiye formasyonu bu alanda temel kayaları örter. Güney temel kayaları ise hem Arslanbey hem de Maşukiye formasyonu, açısal diskordans ve güneyde gelişmiş oblik normal faylar ile sınırlar [Şekil 2]. Tatlı su fasiyesinde gelişmiş olan Maşukiye formasyonu güney bölümde, ilk kez bu çalışma ile haritalanmıştır. Birim, iyi tabakalanmalı olup, özellikle güneyde faya yakın lokasyonlarda hem güneye hem de kuzeye eğimlidir.



Şekil 2. Çalışma alanındaki temel kayaların üzerine gelen İzmit Körfezi-Sapanca Gölü havzasını oluşturan havza-içi çökellerinin ve bölgedeki aktif fayların haritası.

Güney bölümdeki temel kayaları İSH'nin hem kuzeydoğusunda hem de İzmit körfezi güneyinde Yeniköy-Yuvacık arasında örter. Birim, İSH'nin kuzeydoğusunda ilk kez haritalanmış ve tanımlanmıştır (Şekil. 2). Buna göre bu alanda gölsel nitelikli *gastropoda* fosilleri belirlenmiş olup birime orta-üst Pleyistosen yaşı önerilmiştir [12]. Birim orta ve iyi tabakalanmalı olup diyajenezi tamamlamıştır. İSH'nin her yerinde birim; kıltaşı, silttaşı, az kumtaşı, oldukça az ve seyrek görülen, tane çapı 1 cm'i geçmeyen çakıllı seviyelerden oluşur. Birim sarı ve kahverengi görüntüsünde olup tanelerin tutturulma dereceleri orta ve iyidir. Birimin İSH'nin güneyindeki Kullar köyü güneyinde izlenen mostralarda *Gastropoda* türü olan *Planorbarius*'a ait (*Planorbarius corneus* ?) fosilleri bolluk zonu göstermekte olup kumtaşı ve kıltaşı içinde izlenmiştir (Şekil. 3). Buna göre birimin yaşı Pliyosen - Güncel olarak kabul edilebilir. Bu türler akciğer solunumuna sahip olup, durgun veya çok yavaş akan küçük su birikintilerinde, göllerde kısaca tatlı su ortamlarında yaşarlar (sözlü görüşme). Birimin bölgedeki kalınlığı en az 20 m olarak düşünülmektedir. Birimin tane çapı küçük ve çok küçük sedimanter kayalardan oluşması ve fosil içeriği, enerji ortamının da düşük olduğunu düşündürür. Buna göre İSH'nin güneyinde birime ait fasiyes, geniş ve derin bir tatlı su ortamını karakterize eder. Genellikle Arslanbey formasyonunun altında yer alan birim, nadiren de Arslanbey formasyonu ile yanal geçişlidir.

İSH'da yer alan diğer bir birim de Arslanbey formasyonu olup alüvyal yelpaze niteliğindedir. Birim üst, orta ve iraksak olmak üzere tipik bir yelpazenin tüm fasiyeslerini içerir. Kum matriksli çakıl seviyelerinde tane çapı 50 cm'e kadar ulaşır. Birim içinde yer alan kanal çökellerinde ise taneler iyi yassılaşmış ve yuvarlaklaşmıştır. Kum matriksli çakıl seviyelerinde tane çapı 50 cm'e kadar ulaşır. Birim içinde yer alan kanal çökellerinde ise taneler

iyi yassılaşılmış ve yuvarlaklaşmıştır. Tüm taneler güney temel kayaçlarından türer. Birimin havza eksenine daha yakın alanlarında ise ince taneli daha çok kil ve az da siltten oluşan seviyeler izlenir. Tüm havzada en geniş yayılıma sahip olan bu birim, en az 100 m kalınlığa sahiptir. Birimin havza-içi çökellerinden ayırt edici özelliği ise tanelerin tutturulma derecelerinin zayıf veya çok zayıf olmasıdır. Kirazdere formasyonu ise havzanın hem güney yükselimi, hem de kuzey yükselimindeki derin vadileri izleyen ve aşındıran akarsuların yakın civarında özellikle mevsimsel değişime bağlı akarsu enerjisindeki değişiklikler ile ilişkili çökelmiştir. Ayırtlanmamış alüvyon (Qal) ise havza-içi dolgunun en genç stratigrafik oluşuklarıdır.



Şekil 3. İSH'nin güneyindeki Maşukiye formasyonu içinde bulunan *gastropoda* türü olan *Planorbarius* bolluk zonu.

3.2 Yapısal Jeoloji

Çalışma alanının Neotektonik dönemi KAFS'nin Marmara bölgesi kuzey kolu (KAFSKK) ile şekillenmiştir. İSH'nin da oluşumu sağ yanal doğrultu atımlı olan bu kol ile ilişkilidir. Buna göre yaklaşık havzanın orta eksenine paralel ve D – B doğrultulu olan bu ana fay havza-yı Pliyo-Kuvaterner dönmede oluşturmuştur. Bölgede bu ana fayın en iyi izleri, 17 Ağustos 1999 depremi ile ortaya çıkmıştır [13]. Bununla beraber özellikle havzanın güneyinde bu çalışma ile haritalanan temel kayaçlar ile genç çökeller arasındaki sınırdaki sınırdaki ve bu sınırın yakın civarında bazı fayların da aynı depremde kırıldığı gözlenmiştir. Bu ana fay dışında özellikle havzanın güneyinde ikincil bazı fayların da varlığını gösterir. Bu faylar, güneyde hem Maşukiye, hem de Arslanbey formasyonları içinde çalışma alanının Derbent yöresine kadar küçük segmentler şeklinde izlenir. Bu segmentler, bu birimlerin oluşma ortamlarını denetleyerek günümüze kadar bu birimleri deforme etmektedir. Bu çalışma ile İSH'nin güneyinde haritalanan bu faylar, zaman zaman ana fay ile birlikte aktif olmuş, özellikle eğim atımlı oblik normal faylar şeklinde izlenirler [Şekil. 4].

Çalışma alanında havza dolgusu ve güney kenarda sağ yanal doğrultu atımlı fay zonu ile ilişkili ters bileşenli oblik faylar da izlenir [Şekil. 4]. Havza-içi çökellerde izlenen tüm fayların ortak özelliği yüksek açılı olmalarıdır. Bununla birlikte bu oblik faylar, KAFS-KK ile birlikte oluşmuşlar ve günümüze kadar da havza-içi birimleri

deforme ettikleri için İSH havzasının oluşmasında etken ikincil tektonik faktörtürdüler. İSH, batıdan doğuya doğru K-G yönünde daralan ve sadece güney kenarı faylı bir havza olduğundan asimetriktir.



Şekil 4. İSH'nın ve KAFS'nın güneyindeki a) İhsaniye güneydoğusundaki temel kayalardan andezitler içindeki, b) Şirinköy (Gölcük) güneydoğusundaki c) İhsaniye güneydoğusundaki kollüviyal çökel içindeki, d) Şirinköy (Gölcük) güneydoğusundaki e) Yuvacık kuzeyindeki ve f) Yuvacık kuzeydoğusundaki havza-içi formasyonlarda gelişen tüm fayların dağılım, tür ve konumları.

4. SONUÇLAR

Çalışma alanında Neotektonik dönem, bir başka deyişle aktif deformasyon dönemi Kuzey Anadolu Fay Sistemi Kuzey Kolu (KAFSKK) ile başlamıştır. Bu çalışma ile İzmit – Sapanca Havzasının (İSH) içindeki çökeller yeniden

haritalanmış olup, havzanın güneyinde durgun tatlı su ortamını karakterize eden Maşukiye formasyonunun varlığı belirlenmiştir [bknz, 2]. Maşukiye formasyonu, güney temel kayaçların üzerine fay denetimli gelen ilk birimdir. Buna ilaveten Arslanbey formasyonu, alüvyal yelpaze fasiyesinde birim olup, KAFS-KK ile ilişkili güneydeki fayların temel kayaçları deforme etmesi ve özellikle hem ana fay hem de bu güneydeki fayların aktivitesi ile güney blokun yükselmesi sonucu oluşmuştur. İSH'ı dolduran çökeller, güney blok içindeki drenajı oluşturan akarsuların enerjisi ve güney bloktaki temel kayaçlardan türeyen taneler ile desteklenmektedir. Bölgede KAFS-KK, kabuğu deforme eden tek aktif kaynak olup, oluşan deformasyon ana fayın özellikle güney blokunda daha yoğun izlenmiştir. İSH'nın güneyinde izlenen bu oblik normal fayların doğrultuları, D – B veya KB – GD'dur. Bununla birlikte genellikle 70° ve üzerinde eğim açısına sahip olup, sağ yanal doğrultu atımlı saf makaslamalı yamulma elipsodinin de İSH'daki alanını oluşturur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (KOU-BAP) Biriminin 2016 / 064 numaralı projesi kapsamında desteklenmiş olup, Çalışmacılar, Kocaeli Üniversitesi Rektörlüğüne teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- [1] ALTINLI, İ. E., "İzmit-Hereke-Kurucadağ alanının jeoloji incelemesi". Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 71,71, 1968.
- [2] BARGU, S., "Sapanca Gölü Çevresindeki Orta Pleyistosen Çökellerinin Stratigrafisi, Yakın Dolayındaki Çökellerle Karşılaştırılması Ve Tektonik Özellikleri". İstanbul Yerbilimleri Dergisi, 8,1-3, 1992.
- [3] SAKINÇ, M., BARGU, S., "İzmit Körfezi Güneyinde ki Geç Pleyistosen (Tireniyen) Çökel Stratigrafisi ve Bölgenin Neotektonik Özellikleri". Türkiye Jeoloji Bülteni, 32, 51-64, 1989.
- [4] GÖNCÜOĞLU, M.C., ERENDİL, M., TEKELİ, O., ÜRGÜN, B., AKSAY, M., KUŞÇU, İ., "Geology of the Armutlu peninsula, Guidebook for the field excursion along Western Anatolia, Turkey". IGCP 5, General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) 59, 1–19, 1987.
- [5] DOĞAN, B., "İzmit Körfezi Çevresinin Kuvaterner Stratigrafisi ve Tektonik Modeli.", 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri özleri kitabı, , Bildiri No: 54-74, 19, 7-10 Mayıs, Ankara., 2001.
- [6] Emre, Ö., Erkal, T., Tchepalyga, A., Kazancı, N., Keçer, M., Ünay, E., "Neogene–Quaternary evolution of the eastern Marmara-Black Sea region, northwest Turkey". Bulletin of Mineral Research and Exploration Institute, 120, 119–145, 1998.
- [7] TARI, U., İzmit Körfezi ve çevresinin morfotektoniği [Morphotectonics in the Gulf of İzmit and surroundings] 293 pp, PhD thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, 2007.
- [8] BARKA, A.A., The North Anatolian Fault Zone. *Anneles Tectonicae*, 6, 174-195, 1992.
- [9] AKARTUNA, M., Armutlu Yarımadası'nın jeolojisi: İstanbul Üniv. Fen Fak.Monografileri (Tabii ilimler kısmı), 20, 105 s, 1968.
- [10] ALPAR, B., YALTIRAK, C., "Characteristic features of the North Anatolian Fault in the eastern Marmara region and its tectonic evolution" *Marine Geology*, 190, 1-2, 329-350, 2002.
- [11] BARKA, A.A., Kuzey Anadolu Fay zonundaki bazı Neojen-Kuaterner havzalarının jeolojisi ve tektonik evrimi. *Ketin Sempozyumu*, 209-227. Ankara, 1983.
- [12] BÜYÜKMERİÇ, Y., Sözlü Görüşme. (02.09,2018).
- [13] BARKA, A., AKYÜZ, H. S., ALTUNEL, E., SUNAL, G., ÇAKİR, Z., DİKBAS, A., YERLİ, B., ARMİJO, R., MEYER, B., DE CHABALIER, J. B., ROCKWELL, T., DOLAN, J. R., HARTLEB, R., DAWSON, T., CHRISTOFFERSON, S., TUCKER, A., FUMAL, T., LANGRIDGE, R., STENNER, H., LETTİS, W., BACHHUBER, J., PAGE, W., "The surface rupture and slip distribution of the 17 August 1999 İzmit earthquake (M 7.4), North Anatolian fault". *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92(1), 43-60, 2002.

JEOFİZİK OTURUMU

DETERMINATION OF SEISMIC HAZARD IN CAPPADOCIA BY USING SPATIALLY SMOOTHED SEISMICITY

Hakan KARACA*

Niğde İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Niğde

ABSTRACT

Cappadocia, a well-known region in the inner Anatolia is selected as the pilot region for the study. The surrounding area within the boundaries of 32°-37° longitude and 37°-40° latitude is investigated for seismic activity and related seismic parameters. Gathering of information about the past seismic activity and assignment of parameters are performed for probabilistic seismic hazard analysis (PSHA) based on spatially smoothed seismicity (SSS). The modeling of seismicity through SSS is quite fitting considering the sparse seismic activity and geological data in the considered region. The gathered catalog is declustered and then classified with respect to the periods of completeness. By using the general equation for PSHA, the seismic hazard map is generated for earthquakes with a return period of 475-years. After that, the seismic hazard map is compared with the official seismic hazard map which shall be effective on 01.01.2019. The seismic hazard maps obtained in this study and the current seismic hazard map is quite similar while the official seismic hazard map seems to be more conservative with higher acceleration values which is attributed to the scale of the interested regions, considered seismic sources and the method of analysis.

Keywords: Cappadocia, seismicity, seismic hazard, spatial smoothing, probabilistic seismic hazard analysis

DÜZLEŞTİRİLMİŞ SİSMİSİTE KULLANARAK KAPADOKYA BÖLGESİ SİSMİK TEHLİKESİNİN BELİRLENMESİ

ÖZ

Çalışma için, İç Anadolu Bölgesinde bulunan en tanınan alanlardan Kapadokya Bölgesi pilot bölge olarak seçilmiş, 32°-37° boylamları ve 37°-40° enlemleri arasında kalan alan yer hareketleri ve ilgili değişkenler açısından incelenmiştir. Geçmiş yer hareketleri ve ilgili değişkenler derlendikten sonra düzleştirme yöntemi ile Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi (OSTA) uygulanmıştır. Geçmiş yer hareketlerinin kısıtlı olması değişkenlerin elde edilmesi amacıyla düzleştirme yönteminin kullanılmasını meşrulaştırmıştır. Derlenen yer hareketleri kataloğu öncül ve artçı hareketlerden ayıklanmış ve tamlik ölçütüne göre kısımlara bölünmüştür. OSTA için geliştirilen genel denklem kullanılarak 475 yıl tekrarlama periyodu olan depremler için sismik tehlike haritaları geliştirilmiştir. Sonrasında üretilen sismik tehlike haritası resmi harita ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sismik tehlike haritasının resmi harita ile birçok yönden benzeştiği ancak resmi sismik tehlike haritasının daha geniş alanları ve daha fazla sayıda sismik kaynağı dikkate alan muhafazakâr yaklaşımı nedeniyle, ivme değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Kapadokya, sismisite, sismik tehlike, düzleştirme, olasılıksal sismik tehlike analizi

1. INTRODUCTION

If the seismic activity of Turkey is subject of interest, Cappadocia is not located within the most active region. However, tectonically it is located in a very interesting area called Central Anatolian Volcanic Province (CAVP). The strike-slip behavior determines the regions tectonic movements through two main fault systems that dominate

*Corresponding author /Sorumlu yazar . Hakan Karaca Tel.0 (388) 232 2310 e-mail / e-posta:
hakan.karaca@afad.gov.tr

the geological setting of the area, namely Salt Lake Fault Zone (SLFZ) and Ecemis Fault Zone (EFZ) (Kocayigit and Dogan, 2016 and references therein). In terms of seismicity, the local faults are comparatively silent and the seismic activity in the region is mostly shaped by the Ceyhan-Goksun Fault Zone and local seismicity sparsely distributed throughout the region. Indeed, considering the seismicity of the faults in the region, and the seismicity in general, the region is subjected to potentially large seismic events that could take place within a considerable distance as well as potentially damaging earthquakes that could occur within closer distances. For such a setting instead of a deterministic hazard map, a probabilistic seismic hazard map that relies on spatially smoothed seismicity (SSS) is more appropriate. Since the method relies on the smearing of the seismicity centered at the past events, determination of pattern of seismicity became crucial. Knowing that, the methods based on fixed smoothing distance and smoothing distances based on optimum neighbor number could be useful depending on the seismicity of the region [1], the parts of the regional catalog is evaluated in terms of sensitivity to the smoothing distances. Following the seismic pattern recognition, the simplest PSHA formulation is applied in order to generate the seismic hazard map, which in the end, is compared with the current official seismic hazard map.

2. MATERIAL AND METHOD

A catalog is created by using the database of Kandilli Observatory and Earthquake Research Center (KOERI) for the period between 1900 and 2018, which later is subjected to homogenization and then declustering by using the time and space windows that were proposed in [2] and [3]. As a common practice, the minimum magnitude is taken as $m_0 = 4.0$. Before declustering, 875 earthquake events are identified, whereas, after the declustering the number is reduced to 515 which is an indication of the existence of considerable aftershock and foreshocks activity.

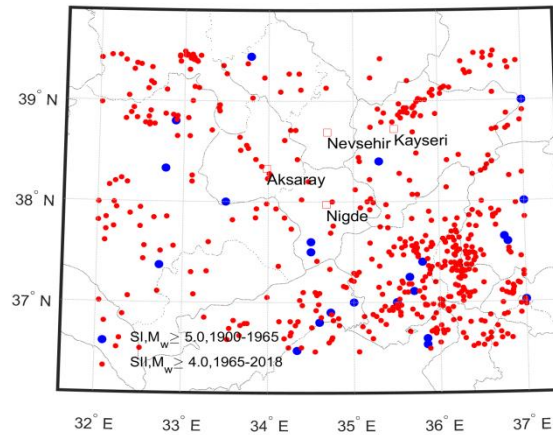


Figure 2. Seismicity within the Close Vicinity of Cappadocia ([4] KOERI, 1900-2018, $M_w > 4.0$)

Then the catalog is assessed in terms of its completeness, a relatively easy task with the compiled catalog since the part missing smaller magnitude events is quickly identified. The earlier periods when the instrumentation is not fully spread, which is pre-1965 eras, there is a huge gap in the catalog for the events below 5.0 magnitude, while there is considerable accumulation of seismic events with magnitudes below 5.0 after the instrumentation is fully spread throughout the country. After the completeness analysis and the determination of the minimum magnitude thresholds, it deemed necessary to divide the catalog into two parts. The first part covering the period between 1900 and 1964, is composed of 23 earthquakes with magnitude greater than or equal to 5.0 whereas second part covering the period between 1965 and 2018 contains 515 earthquakes with magnitude greater than or equal to 4.0. The b value of Gutenberg-Richter (GR) relationship is accepted as unity for the first part ([5]) and is computed as 1.18 for the second part by using the maximum likelihood method.

The SSS method requires smearing of the seismicity over the entire area with the assumption that the future earthquakes would occur within the close vicinity of the past earthquake epicenters. The spatial smearing of the earthquakes is accomplished by 3-D Gaussian function

$$K_d(r) = c(D) \exp\left(-\frac{|r|^2}{2D^2}\right) \quad (1)$$

where D is the correlation or smoothing distance and $c(D)$ is the normalizing factor. The normalization factor $c(D)$ is required to make sure that total volume is equal to the unity. The method of determination of the appropriate correlation distance is still not yet certain and subjective choices still dominate the field while there are attempts to solve the issue as well ([1]). According to the mentioned study, if there is scarcity of seismic data, optimum fixed distance yields more successful modeling while as the number of events increase the smoothing distance based on optimum neighbor number yields better results in modeling. Hence for the first part of the catalog, optimum fixed distance is sought whereas the second part of the catalog is investigated for the smoothing distance based on optimum neighbor number. As part of the schemes developed for the determination of optimum smoothing distances, a reference model is also created by using an appropriate fixed smoothing distance. After that, by using the method based on [6], the information gain per each earthquake for varying smoothing distances with respect to the reference model is measured by the following equation:

$$G = \exp\left(\frac{\log(LL) - \log(LL_r)}{N_t}\right) \quad (2)$$

where LL is the log-likelihood of the tested model and LL_r is the log-likelihood of the reference model, and N_t is the total number of earthquakes in the testing catalog. The log-likelihood of a model is determined by the summation of the terms of the Poisson distribution:

$$\log(LL) = \mu_{\min} + \sum_i \log p(\lambda(i_x, i_y), \omega(i_x, i_y)) = \mu_{\min} + \sum_i [-\lambda_i + \omega_i \log(\lambda_i) - \log(\omega_i!)] \quad (3)$$

where $\mu_{\min}$ is the positive constant parameter to account for seismic noise, p is the occurrence probability, λ_i is the normalized spatial density, ω_i is the number of observed events in the testing catalog for each cell i .

In order to determine the optimum kernel bandwidth, the catalog is split into two appropriate parts, training and learning, which is a must for the determination of the right smoothing parameters with the data. As Figure displays, the information gain in SI is maximum at 25 km smoothing distance which indeed is the maximum smoothing distance in the considered range and for SII, the smoothing distance based on the third neighbor yields the highest information gain. For SI, the range of smoothing distances is purposefully limited between 5 and 25 km, since higher smoothing distances causes loss of meaning. Indeed, the optimum distance, where the highest information gain is observed, is computed as 25 km for the selected range as displayed in Figure. The highest information gain for the considered range of neighbor numbers is observed at the 3rd neighbor as can be seen in Figure 3 on the right.

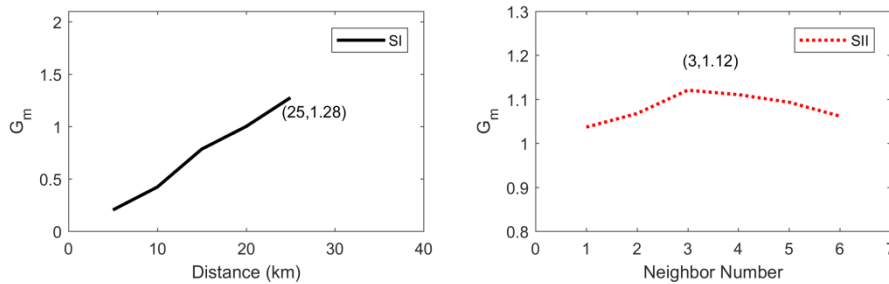


Figure 3. Information Gain Curves for Varying Distance and Neighbor Numbers

Following the determination of the optimum smoothing or correlation distance the spatial activity rate density is computed. In the model, the cumulative number of earthquakes, n_i with a magnitude greater than minimum magnitude is counted and the obtained values are converted to incremental values in terms of moment magnitude. These values are spatially smoothed by multiplying them with a Gaussian function with the equation. The spatial distribution of the earthquakes is determined with the grid cells set at 0.025° in latitudes and 0.03125° longitudes which approximately corresponds to 2.5 km x 2.5 km in size. Each sub-catalog is subjected to the spatial smoothing procedures with the optimum smoothing distances determined previously. The smoothing distance based on neighbor number rewards the clustering whereas large areas fall under the same contour levels with the method

rely on optimum fixed smoothing distance. In addition to the spatial activity rate density values, in order to complete a probabilistic seismic hazard calculation, the other elements of the uncertainties must be addressed, and the expected annual rate of exceedence of ground motion level y_0 at a site must be calculated using

$$\lambda(y > y_0) = \sum_i n_i(m_{\min}) \int_{m_{\min}}^{m_0} \int_r P[y > y_0 | m, r] p_i(m) p_i(r) dr dm \quad (4)$$

where $n_i(m_{\min})$ is the smoothed annual activity rate above minimum magnitude $m_{\min} > m_0$ in a seismic source i . In the equation, $P[y > y_0 | m, r]$ is the conditional probability that an earthquake of magnitude m at a distance r from the site produces a ground motion level y greater than y_0 , $p_i(m)$ is the probability density function of magnitude within source i , and $p_i(r)$ is the probability density function of distance between the point of source i and the site. In [7], the $n_i(m)$ values are grouped by their distance and magnitude and incremental values of $n_i(m)$ are created, such as the number of events from m_{ref} to $m_{ref} + \Delta m$ and the total of $n_i(m)$ for cells within certain distance increment, r_k , from the site. The annual rate $P[y > y_0 | m, r]$ of exceeding the ground motion level at y_0 a specific site is determined by the following summation.

$$P[y > y_0] = \sum_k \sum_l 10^{\log(n_k / T) - b(m_l - m_{ref})} P[y > y_0 | m_l, r_k] \quad (5)$$

where k is the index for distance increment, while l represents the magnitude increment, and T is the time span of the earthquake events. The b value obtained from GR equation is accepted as the same for the whole area of interest. The probability of exceeding a specified ground motion level, y_0 is calculated by using the cumulative distribution function of a selected ground motion parameter, represented as in the following equation.

$$P[y > y_0 | m, r] = \frac{1}{2} \Phi^* \left(\frac{\ln y_0 - \ln y(m, r)}{\sigma_{\ln y} \sqrt{2}} \right) \quad (6)$$

The term $\ln y(m, r)$ represents the ground motion prediction equation (GMPE) and for each ground motion level assumed at certain values, y_0 , the probability in the equation must be calculated. The selection of the appropriate GMPE is the most crucial part in PSHA. Choosing the appropriate equation for any PSHA analysis is still subjective and the uncertainty associated with the selection of the GMPEs is questionable. As the locality of these equations are more and more emphasized recently ([8] and references therein), it is deemed appropriate to select a local Turkish equation developed by [9] by using Turkish database.

As per equation (5), in order to determine the probability of exceedence of a desired level ground motion, the earthquake occurrence is assumed to follow Poisson distribution. In order to find the desired level of ground motion associated with certain probability, the probability values associated with predetermined set of ground motion levels are interpolated. For example, to find the level of ground motion with the annual probability of exceedence of 0.0021, the calculated ground motion value for that probability is found by interpolation. For each model the seismic hazard maps were developed for earthquakes with 475-year return period and for the NEHRP B/C boundary site condition.

3. FINDINGS and DISCUSSION

The contribution of each model to the overall hazard must be decided. Indeed, in order to avoid the improper weight assignment to each model expert judgement is required. The weight of each part is determined by considering the distribution of the events in terms of size, density and the periods covered by each model. The contribution of SI and SII to the overall hazard is determined as 25% and 75% respectively, and the following equation is used to obtain the overall hazard.

$$PGA_{total} = 0.25PGA_{SI} + 0.75PGA_{SII} \quad (6)$$

After the summation, the developed seismic hazard map is shown in Figure 4. The figure also presents the official seismic hazard map [10] for the purposes of comparison.

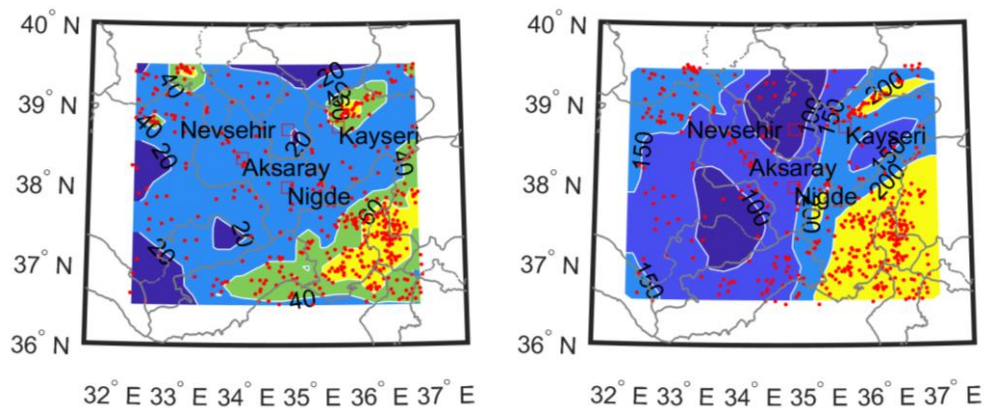


Figure 4. Overall Seismic Hazard Obtained in this Study (Left, PGA values in cm/s^2 , for Earthquakes with 10% Annual Exceedance Rates in 50 Years) and the Official Hazard Map (Right, shall be effective by 01.01.2019)

In the official seismic hazard map, the highest PGA values are observed around EAFZ and Ceyhan-Göksun Faults zone near Adana whereas in this study, the seismic hazard is mostly concentrated at the areas with higher seismicity which indeed are on certain sections of the faults as well. The seismic activity, being on the certain sections on the specified fault zones, indicate the higher fault activity at the mentioned sections as well. Indeed, it is a fact that require further evaluation and investigation.

The resultant pattern of the seismic hazard map is not too different from the official seismic hazard map, though the hazard values are much higher in the official seismic hazard map. Certainly, this variation originates from the included seismic sources and the methods used in the analysis. As the classical PSHA appreciates the inclusion of the fault sources and the division of the interested area into areal sources, the method based on SSS utilizes lesser number of assumptions and far simpler method as explained in the text. As a matter of fact, the contribution of the faults to the overall seismic hazard cannot be denied, but combination of seismic information based on instrumentation and other sources is always questionable and reliability of such study would always be questionable. In other words, inclusion of assumptions in the development of seismic hazard map would make it vulnerable to the criticism and subjective judgment in the form of expert opinion might raise questions as well.

4. SONUÇLAR

The main point in this study and the motivation of the author was to produce a seismic hazard map based on seismic data obtained through instrumental information since the combination of inputs obtained through database analysis and expert opinion would require a solid justification. Regardless of the approaches, methods and the database used in the analysis, both maps, the one developed in this study and the official seismic hazard map is certainly very much in agreement. The areas with higher seismic activity is penalized with higher seismic hazard values as relatively silent areas are rewarded with lesser hazard values.

For example, the southwest of the interested region is identified as highly active as the number of events is several times greater than all the rest of the area combined. In return, the area is classified as the seismically unsafe as it is prone to the highest seismic hazard both of the seismic hazard maps. Except for the mentioned area, the rest of the region is subjected to local seismic activity along the faults sections in the north of Kayseri. Other than these two areas, the remaining area is relatively silent. Consequently, it is easily concluded that, when comparing with the rest of the country, Cappadocia must be classified as a relatively safe region with lower values of seismic hazard.

REFERENCES

- [1] KARACA H., "Determination of Optimum Kernel Bandwidth for Northern Marmara Region, Turkey", Acta Geophysica, (66)4, 633-642, 2018

-
- [2] DENİZ A., “Estimation of Earthquake Insurance Premium Rates for Turkey” M.Sc. Thesis, Dept. of Civil Engineering, METU, Ankara, 2006
- [3] DENİZ A. AND YUCEMEN M.S., “Processing Earthquake Catalog Data for Seismic Hazard Analysis”, 8th International Congress on Advances in Civil Engineering, North Cyprus, 2008
- [4] KOERI, Earthquake Catalog, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/>, (erişim tarihi: 09.07.2018)
- [5] KAGAN, Y.Y., “Seismic Moment-Frequency Relation for Shallow Earthquakes: Regional Comparison”, Journal of Geophysical Research. 102, B2, 2835-2852, 1997
- [6] KAGAN, Y.Y., KNOPOFF, L. “Earthquake Risk Prediction as a Stochastic Process”, Physics of the Earth and Planetary Interiors. 14(2), 97–108, 1977
- [7] FRANKEL, A., “Mapping Seismic Hazard in The Central and Eastern United States”, Seismological Research Letters, 66(4), 8–21, 1995
- [8] KARACA, H., “Estimation of Potential Earthquake Losses for The Evaluation of Earthquake Insurance Risks”, Ph.D. Thesis, METU Civil Engineering Dept., Ankara, Turkey, 2014
- [9] AKKAR S. AND CAGNAN Z., “A Local Ground Motion Predictive Model for Turkey and Its Comparison with Other Regional And Global Ground-Motion Models”, Bulletin of Seismological Society of America, 100(6), 2978-2995, 2010
- [10] AKKAR S., AZAK T.E., ÇAN T. vd., “Türkiye Sismik Tehlike Haritalarının Güncellenmesi”, Ulusal Deprem Araştırma Programı, AFAD, Ankara, 2018

BÜTÜNLEŞİK AFET TEHLİKE HARİTALARI ÇALIŞMALARI KAPSAMINDA LADİK İLÇESİNDE YÜRÜTÜLEN ÇALIŞMALAR

Emre ÇOŞKUNLU¹, Aytek ERSAN¹, Erkin TEKİN¹, Kemal Gökhan SANCAK¹, Emre DOĞRAMACI¹, Kıvanç ÇALIŞKAN¹, Levent UÇARLI¹

**İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, İstiklal Mah., 928. Cad. No:26 55200 Atakum/SAMSUN*

ÖZ

Bu çalışmada Samsun İli Ladik İlçesi'nde Samsun İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünce yürütülen jeolojik, jeofizik, jeoteknik ve yapısal çalışmaların CBS ortamında değerlendirilmesi anlatılmıştır. Ladik İlçesi Samsun şehir merkezine ~82 km uzaklıkta olup nüfusu 16.126'dır. Kuzey Anadolu Fay Zonu içerisindeki fay segmentlerinden birisi olan Tosya-Ladik segmentinin varlığı Ladik ilçesinin çalışma sahası olarak seçilmesinde önemli rol oynamıştır. Anadolu'da büyük deprem üretmiş olan Kuzey Anadolu Fay Zonu, 26 Kasım 1943 Tosya-Ladik depreminde Ladik İlçesinde ciddi can ve mal kayıpları meydana getirmiştir.

Bu nedenle öncelikle ilçe merkezinin sayısal yapı envanteri oluşturulmuş, yapı envanter çalışmalarının tamamlanmasının ardından 8.3 km²'lik alanda 109 noktada tek istasyon mikrotremor kayıtları alınmış ve ilçenin frekans, periyot ve büyütme haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca ilçenin revize imar planına esas jeolojik jeoteknik etüt çalışmaları kapsamında yeterli miktarda ve derinlikte sondajlar ile jeofiziksel çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen verilerle, ilçe için ayrıntılı mikrobölgelemeye giriş yapılmış, şehirleşmesinin ne yönde olması gerektiği hakkında başlangıç noktası belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Afad, afet, yapı envanteri, mikrobölgeleme, Samsun

STUDIES IN LADIK DISTRICT WITHIN THE SCOPE OF GENERATING INTEGRATED DISASTER HAZARD MAP

ABSTRACT

In this study, the evaluation of geological, geophysical, geotechnical and structural studies conducted with GIS by Samsun Provincial Directorate of Disaster and Emergency in Ladik District of Samsun is explained. Ladik District which is ~82 km. far away from city centre, has a population of 16.126. For choosing this site, presence of one of the segments of North Anatolian Fault (Tosya – Ladik segment) in Ladik had taken a major role. North Anatolian Fault, which exposed out a big earthquake in Anatolia, generated Tosya-Ladik earthquake in 26 November 1943 and serious loss of lives and values happened because of this earthquake.

Because of it, Samsun Provincial Directorate of Disaster had aimed that generating a numerical inventory of buildings of Ladik District center. After creating a inventory, fundamental frequency of soil and soil amplification parameters had generated in 8.3 km² area and at 109 points with obtaining single station microtremor records. In addition to all, geological and geotechnical studies of zoning plans had done with drilling works and geophysical studies which both have enough number and depth. With the information that had obtained, entrance had been set up for detailed microzoning and starting point identified for which way the city should grow.

Keywords: AFAD, disaster, building inventory, microzoning, Samsun

1. GİRİŞ

İlin afet planlaması ve risk çalışmalarının koordinasyonu ve yönetimi 5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunda belirtildiği üzere Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığına bağlı İl Afet ve Acil Durum Müdürlüklerinin yetki ve sorumluluğundadır. Söz konusu kanun kapsamında ülkemiz genelinde risk azaltma çalışmalarına başlanılmıştır. Samsun İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü olarak ilimiz genelinde ilgili çalışmalar ise 2010 yılı itibariyle yürütülmektedir. Bu çalışmada, Ladik

İlçesi Bütünleşik Afet Tehlike Haritalarının Hazırlanması Projesi kapsamında yürütülen yapı stoğunun belirlenmesi, heyelan duyarlılık analizi ve yerel zemin koşullarının belirlenmesi çalışmalarından bahsedilmiştir. Olası afet öncesi, sırasında ve sonrasında yapılacak çalışmaların doğru, güvenilir, tutarlı ve uygulanabilir bilgilerle eksiksiz olarak yönetilebilmesi ve organizasyonu için geliştirilebilecek bilgi sistemini oluşturmak bu çalışmanın amacı olarak nitelendirilebilir. İlimiz genelinde yapılacak olan afet tehlike haritalarına öncelikli olarak Kuzey Anadolu Fay Hattının geçtiği güney ilçelerimizden başlanılmıştır. Çalışma alanı olarak seçilen Ladik İlçesinde 26 Kasım 1943 tarihinde meydana gelen deprem ile ilimizin güney ilçeleri başta olmak üzere ciddi can ve mal kayıpları meydana gelmiştir.

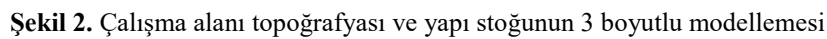
2. MATERYAL VE METOT

İlimiz Ladik İlçesi merkez mahallelerine ait yapı stoğu envanterinin oluşturulması amacıyla öncelikle 1/25000 ölçekli uydu fotoğrafı üzerine tüm yapılar poligon olarak çizilmiş ve sayısal hale getirilmiştir. Sayısallaştırma işleminin tamamlanmasının akabinde 5 ekipten oluşan 10 kişilik teknik personel ile 3000 yapı (konut, ticarethane, ahır, depo vs.), Ladik Belediyesinin numarataj sistemi dikkate alınarak yerinde tespit edilmiştir. Tespiti gerçekleştirilen her yapının, yapı tipi, kat adedi, yapım yılı, kapı numarası, varsa ticarethane niteliği, yapı adı, parsel bilgisi gibi afet anında öncelik gerektirecek veriler kayıt altına alınıp Şekil 1’de örneği gösterilen öz nitelik karnesi çıkarılmıştır.



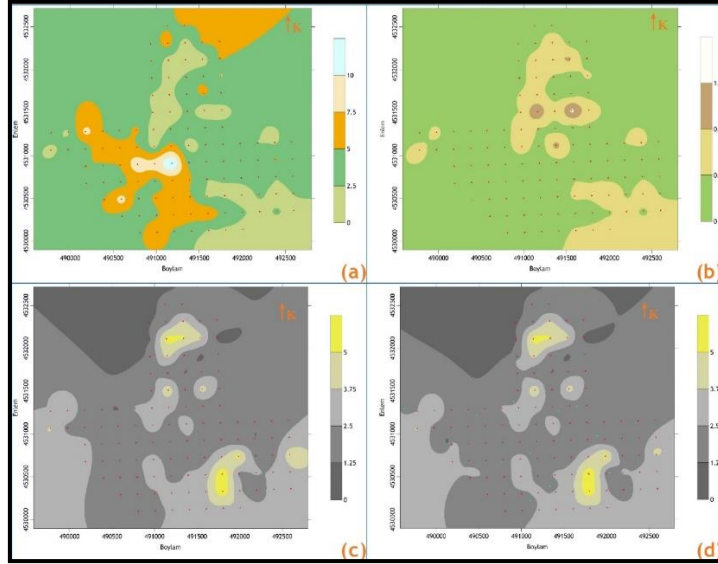
Şekil 1. Ladik İlçesi yapı stoğu belirlenmesi çalışması

Afet öncesi ve sonrası çalışmalar düşünülerek tespit edilen tüm yapıların fotoğrafı çekilmiştir. Araziden elde edilen veriler, ilgili yazılım olan ArcGIS ortamındaki sayısal bina poligonları üzerine işlenmiş ve Ladik İlçe merkezinin CBS tabanlı yapı envanteri çıkarılmıştır. Ayrıca Şekil 2’de görüleceği üzere coğrafi bilgi sistemi kullanılarak ilçe genelinin 3 boyutlu modellenmesi yapılmış, yapılar kat yüksekliği ve yapı tiplerine göre modellendirilmiş, bu sayede afet öncesi, anı ve sonrası senaryoların geliştirilmesine olanak sağlanmıştır [1].



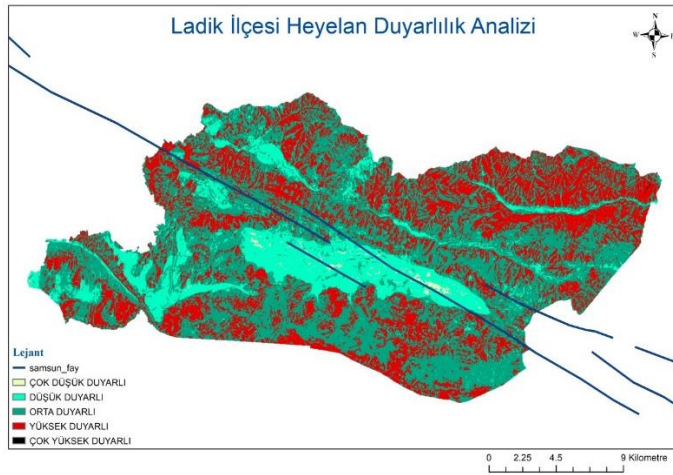
Söz konusu kayıtların süresi 15 ila 45 dakika arasında değişmektedir. Çalışmanın daha hassas olması adına, kayıtların gece alınmasına özen gösterilmiştir. Alınan kayıtlar Nakamura (1989) tarafından geliştirilen ve literatürde yaygın olarak kullanılan H/V Spektral Oran Yöntemiyle Geopsy paket programı ortamında değerlendirilmiştir [2]. 109 noktaya ait hakim frekans, hakim periyot ve büyütme değerleri Şekil 3a, b, c,'de gösterilmiştir. Söz konusu çalışma alanına ait hakim frekans değerleri 0.73-13.48 Hz, büyütme değerleri ise 1 ila

6 arasında değişmektedir. Ayrıca alınan kayıtlara ek olarak Ladik ilçe merkezi için yapılan revize imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt ile alınan 15 adet sismik kırılma ve MASW verisi Şekil 3d' de ilgili haritalara işlenmiş ve oluşturulan hakim frekans, hakim periyot ve büyütme haritaları ile tutarlı oldukları görülmüştür [3]. Bunun yanında İmar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt çalışmalarında yapılan 23 adet sondaj verisi, alınan mikrotremor kayıtları sonrası oluşturulan haritalarla karşılaştırılmış, jeofiziksel verilerin litoloji ile uyumlu oldu gözlenmiştir.



Şekil 4a. hakim frekans haritası, **b.** hakim periyot haritası, **c.** büyütme haritası, **d.** sismik kırılma ve MASW sonuçlarının eklendiği büyütme haritası

Yapı söğu belirleme çalışmaları ve yerel zemin koşullarının belirleme çalışmaları sonrasında Samsun iline ait 1/25.000 ölçekli 98 adet münhanileri sayısal pafta ArcMap yazılımı kullanılarak birleştirip heyelan duyarlılık haritasına altlık oluşturacak sayısal yükseklik modeli (SYM) 25x25 m piksel boyutlu olarak üretilmiştir. MTA' dan temin edilen heyelan haritalarının yanı sıra İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğümüz heyelan verileri analizde kullanılmış olup tüm heyelan lokasyonları yerinde kontrol edilmiş ve analize hazır hale getirilmiştir. Heyelan duyarlılık haritasının üretilmesi için frekans oranı yönteminden faydalanılmış olup; analizde litoloji, eğim, baki, yükseklik, akarsuya yakınlık, yola yakınlık, erozyon ve eğrilik parametreleri kullanılmıştır. Bu parametrelere ait frekans değerleri hesaplanmış ve 8 adet harita CAD ortamında toplanarak heyelan duyarlılık haritası üretilmiş ve Şekil 5' de gösterildiği gibi 5 eşit sınıfa ayrılmıştır.



Şekil 5. Ladik İlçesi heyelan duyarlılık haritası

3. SONUÇLAR

Yapılan çalışmalar sonrası elde edilen veriler ışığında Ladik İlçesinde mikrobölgelemeye giriş yapılmıştır. Ayrıca bölgenin heyelan duyarlılık haritası üretilmiş, yapı stoğu belirlenmiştir. Elde edilen parametrelerin, yapılara ait öznelik verilerinin ve haritaların yorumlanmasıyla büyük ölçekli projelere ve şehirleşmenin geleceğine yön verebilecek sayısal veri tabanı oluşturulmaya çalışılmıştır.

Samsun İli Ladik İlçesinde tarihsel ve aletsel dönemde büyük ve hasar yapıcı depremlerin meydana gelmesi, bu bölgenin oldukça önemli bir deprem riski altında olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu potansiyelin bilincinde olunmalı, bölgede yapılmış olan doğal afetlerle ilgili yapılan çalışmalar doğrultusunda ortaya konan öneri ve tedbirler başta yerel yönetimler olmak üzere vakit geçirilmeden hayata geçirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] ERSAN, A., ÇOŞKUNLU, E., TEKİN, E., UÇARLI, L., ÇALIŞKAN, K., DOĞRAMACI, E., ATMACA, G., KARATPSUN, M. Y., DEMİRCİ, E., KOPARMAL, E., “Ladik İlçesinde Yürütülen Bina Envanter Çalışmasının CBS Ortamında Değerlendirilmesi”, 66. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye, 2013.
- [2] NAKAMURA, Y., A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface Using Microtremor on the Fround Surface, 25-33, QR od RTRI, 1989.
- [3] ERSAN, A., BEKER, Y., ÇOŞKUNLU, E., DOĞRAMACI, E., ÇALIŞKAN, K., KOPARMAL, E., “Ladik (Samsun) İlçesinde Mikrotremor Ölçümleri”, 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye, 2014.

MEKÂNSAL RİSKLERİN YÖNETİMİNDE JEOLJİK VE EKOLOJİK VERİLERİN BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ

Nilgün OKAY¹, Azime TEZER¹, Osman UZUN³, Fatih TERZİ², Pınar KÖYLÜ³, Elif KUTAY KARAÇOR³, Zeynep TÜRKAY², Melek YILMAZ KAYA³, İpek GÜLER³, Bilge AYDIN², Didem KARA²

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,*
²*İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü,*
³*Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Düzce.*

ÖZ

TÜBİTAK (115K475) projesi kapsamında yürütülen bu çalışmada, doğal yapının özelliklerinden kaynaklanan deprem, heyelan, erozyon ve sel gibi doğal tehlike verilerine dayalı mekânsal risklerin yönetiminde ekolojik ve sosyoekonomik kayıpları azaltacak stratejik planlanma süreçleri ile politikaların geliştirilmesinde kullanılmak üzere bir bütünleşik doğal zarargörebilirlik (hassasiyet) değerlendirme modeli geliştirilmiştir. Afet risklerinin yönetimine yönelik tehlike belirleme çalışmalarında ve hem de mekânsal planlama süreçlerinde henüz jeolojik ve ekolojik veriler birlikte değerlendirilmemektedir. Bu çalışma jeolojik verilere dayanan yerleşime uygunluk değerlendirmesinin ekolojik hassasiyetler bakımından bütünleştirilmesine örnek teşkil etmektedir. Yer sistem yapısının (jeomorfolojik, jeolojik, meteorolojik ve ekolojik) özelliklerinin hassasiyetler bakımından bütünleşik bir şekilde değerlendirilmesi, pratikte mekânsal planlama süreçlerini de destekleyecektir. Bu yaklaşımın yaygınlaşması hem doğal tehlike kaynaklı risklere karşı afet dirençliliğini arttırırken doğal kaynakların sürdürülebilir yönetişimine de katkı sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Jeolojik tehlike, doğal hassasiyet, bütünleşik yerleşime uygunluk değerlendirme

GEOLOGICAL SUITABILITY INTEGRATED WITH ECOLOGICAL VULNERABILITY FOR MANAGING SPATIAL DISASTER RISKS

ABSTRACT

Within the framework of TÜBİTAK (115K475) project, an integrated assessment model is developed for the risk mitigation and spatial planning processes to reduce environmental and socioeconomic losses based on natural vulnerability and hazard data such as earthquake, landslide, erosion and flood. Both geological and ecological data are not evaluated together in hazard identification studies for disaster risk management and spatial planning processes. Therefore, this study is an example of the integrated suitability assessment based on geological data as well as ecological vulnerabilities or sensitivities. The integrated evaluation of Earth System characteristics (geomorphologic, geologic, meteorologic and ecologic) in terms of vulnerabilities will also support the spatial planning processes in practice. The widespread application of this approach will also contribute to the sustainable governance of natural resources while improving disaster resilience against natural hazards.

Keywords: Geological hazard, ecologic vulnerability, integrated suitable assessment

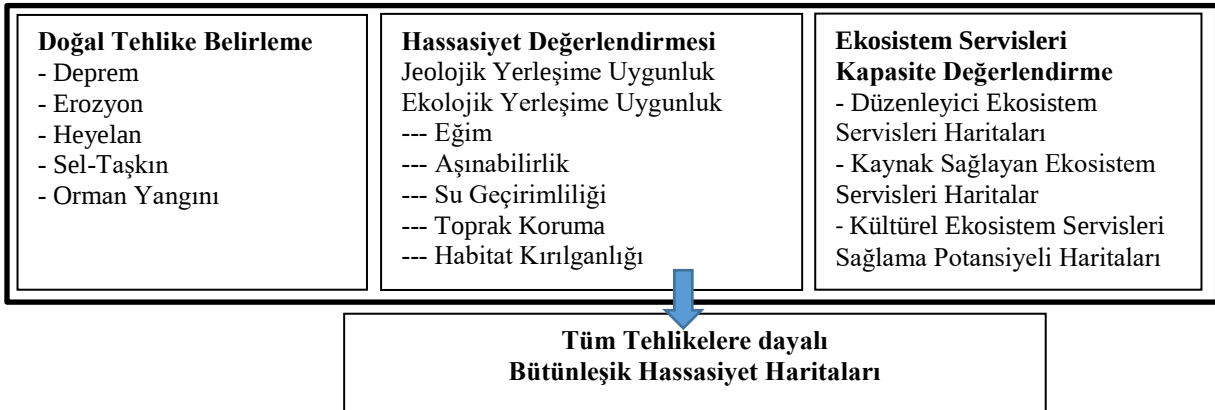
1. GİRİŞ

Sürdürülebilir Kalkınma ve Gelişme Hedefleri kapsamında ele alınmasına rağmen iklim değişikliği gibi afet riskleri ve güncel çevresel problemlerle mücadelede hedeflenen başarı için afete dirençli kentler için geleneksel planlama yöntemler yerine transdisipliner çalışmalarla tanımlanan bütünleşik değerlendirme yöntemlerine dayalı mekânsal planlama süreçleri önem kazanmaya başlamıştır [1, 2].

Mekânsal Planlar Yapım yönetmeliği kapsamında, jeolojik yapıdan kaynaklanan doğal tehlikeler (deprem, erozyon, heyelan, tsunami gibi) ile mühendislik sorunlar (yapay dolgu, alüvyon alan, kum ve taş ocağı, jeolojik koşullar) bakımından doğal yapı zarargörebilirlikler veya hassasiyetlerin tümü yerleşime uygunluk değerlendirmesi adı altında (yerleşime uygun alanlar, önlemleri alanlar, ayrıntılı jeoteknik etüt gerektiren ve yerleşime uygun olmayan alanlar) tanımlanmaktadır [1,2]. Bu değerlendirmede yer sisteminin (katı yer, deniz, atmosfer ve ekoloji) parçası olan doğal çevre/ekolojik yapı; peyzaj ya da ekosistemler içindeki doğal süreç ya da dinamikler dikkate alınmamaktadır. Bu yüzden, ekosistem servisleri konusunda da çok az sayıda bilimsel çalışma bulunurken, tüm yer sistem verilerinin birlikte değerlendirildiği; jeolojinin yanısıra ekosistem verilerinin birlikte mekânsal planlama süreçleri ile bütünleştirilmesi henüz anlaşılamamıştır [3].

Mekânsal planlamada jeolojik verilerle, ekolojik verilerin bütünleştirilmesini sağlayan süreçlere peyzaj planlama yaklaşımlarının dahil edilmesi, yerleşime uygunluk analizi ile doğal yapı verilerinin kültürel verilerinin çakıştırılması henüz yaygınlık kazanamamıştır. Çevre Düzeni Planı, Nazım İmar Planı ve Uygulama İmar Planlarında yürütülen çalışmalar genellikle eğim, orman, taşkın ve korunan alanların tanımlamalarına dayalı olmakta, kapsamlı ekolojik yapı değerlendirmelerini içermeyen doğal eşik analizleri şeklinde verilmektedir [3].

Bu çalışmada, Düzce ili için doğal yapıdan kaynaklanan hassasiyet ve deprem, heyelan, erozyon ve sel gibi doğal tehlikelerin mekânsal boyutta ele alınmaktadır. “*Mekânsal Risklerin Yönetiminde Ekolojik Planlama Odaklı Katılımcı Planlama Modelinin Geliştirilmesi*” başlıklı TÜBİTAK (115K475) projesi kapsamında yürütülen değerlendirme adımları Şekil 1’de verilmektedir. Düzce İli’nin yapısal, jeoekolojik hasar, ekonomik zarar ve sosyal kayıplarını azaltacak risk yönetimi uygulamalarının geliştirilmesi, bütünleşik doğal tehlike verilerine dayalı mekansal plan ve tasarımlarının belirlenmesini sağlamak için bütünleşik doğal tehlike ve bütünleşik doğal hassasiyetlere dayalı yerleşime uygunluk haritaları oluşturulmuştur.

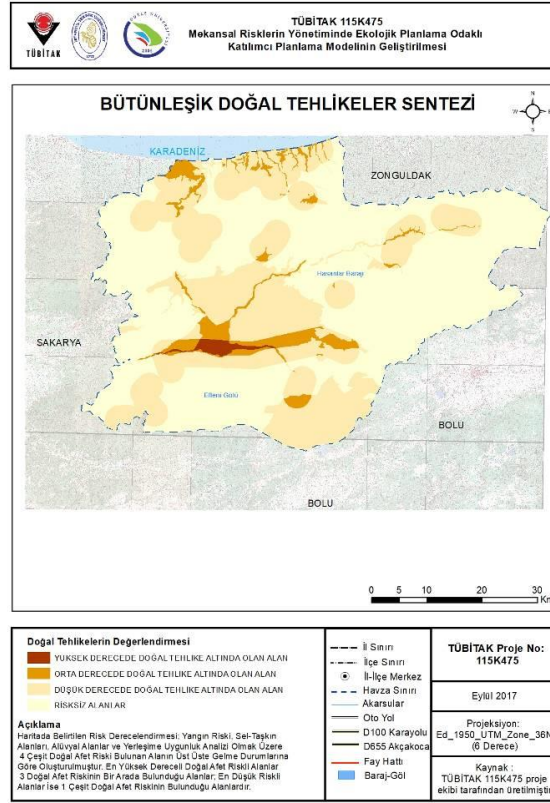


Şekil 1. Araştırma yöntemi akış şeması

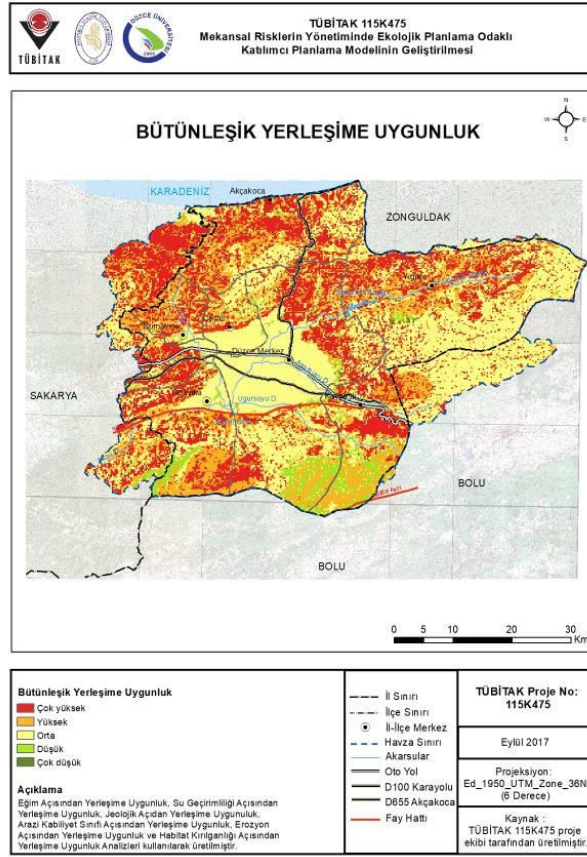
2. VERİ VE YÖNTEM

Çalışma alanında yapılacak değerlendirmelerin gerçekleştirilmesi için doğal (jeolojik, jeomorfolojik, hidrojeolojik, ekolojik) yapısı ve kültürel peyzaja ilişkin mekânsal veriler, raporlar ve resmi kurumlardan elde edilen belgeler ile veri tabanları toplanmıştır. Yerel veriler kapsamında, MTA Jeoloji Haritaları, Orman ve Su İşleri Bakanlığı’ndan elde edilen Orman Amenajman Planları, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’ndan elde edilen Toprak Haritaları, 1/100.000 ve 1/25.000 ölçekli Çevre Düzeni Planları, kullanılmıştır. Çalışma alanında doğal yapıyı oluşturan jeolojik verilerin litoloji (kaya birimleri ve güncel çökeller), aktif faylar, hidrolojik/hidrojeolojik (su hareketliliği ve geçirirliklik) özellikleri ile doğal tehlikeler (erozyon, heyelan gibi kütle hareketleri ile deprem ve sel-taşkın) ile ilişkisi tanımlanmıştır. Ayrıca açık kaynaklı uydu görüntüleri kullanılarak CBS ortamında bölgenin Doğal Tehlike Haritaları üretilmiştir (Şekil 2). Projenin Ekolojik Planlama kapsamına

temel oluşturmak amacıyla çalışma alanı için Ekosistem Servisleri Haritaları Jeolojik Yerleşime Uygunluk haritaları ile karşılaştırılarak bütünsel sayısal haritalar üretilmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Bütünsel Doğal Tehlike Haritası



Şekil 3. Doğal yapı (jeolojik/ekolojik) hassasiyetleri bakımından yerleşime uygunluk değerlendirmesi.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma ile Bütünleşik Doğal Zarargörebilirlik (Hassasiyet) Değerlendirme Modeli geliştirilmiştir. Mekânsal planlama sürecinde doğal tehlikelerin ve oluşturacağı hassasiyetlerin, değerlendirme çalışmalarının, ekosistem servislerinin jeolojik yapıyla değerlendirilmiştir. Düzce için önümüzdeki yıllarda güncellenmesi düşünülen Çevre Düzeni Planında bu çalışma kapsamında elde edilen verilerin değerlendirilmesi, çalışmanın en somut uygulama önerisi olarak ilgili kurum ve kuruluşlar ile paylaşılmıştır.

Afet risklerinin yönetimine yönelik tehlike belirleme ve risk değerlendirme çalışmaları kapsamında hem de mekânsal planlama süreçleri ile strateji ve politikalar geliştirilirken henüz jeolojik ve ekolojik veriler birlikte değerlendirilmemektedir. Mekânsal planlamada geleneksel olarak sadece mühendislik sorunlarına yönelik jeolojik süreçler göz önüne alınırken Yer Sisteminin bir parçası olan ekosistem ve süreçleri, genel olarak kentsel alanlardan bağımsız düşünülmektedir. Halbuki yerleşim alanları, doğal alanlarla içiçe ve etkileşim halindedir. Bu nedenle kentsel alanlar da Yer Sistemin (katı yer ve ekoloji) bir parçasıdır. Büyük ve kompleks bir ekosistem olan Yer'in, her santimi kendi içinde bir ekosistemdir. Yer'in, iç ve dış yapısını meydana getiren kaya, su, havanın canlılarla etkileşimi Yer'in süreçlerine bağlıdır. Tektonik faaliyetler jeomorfolojik ve hidrolojik yapıyı biçimlendirirken yerel ekosistemin gelişimini, iklimi, kayaların ayrışmasını, toprağın oluşumunu, kütle hareketleri ve erozyonu, endemik türleri, floral ve faunal dağılımını, hatta habitat ortamını kontrol eder. Bu nedenle, bazı araştırmacılar tarafından jeoekoloji, ekolojikal jeoloji kavramları ile ifade edildiği görülmektedir.

Bütünleşik Doğal Yapı Hassasiyetleri Bakımından Değerlendirme (YUD) adı altında, jeolojik, eğim, su geçirimsizliği, habitat kırılganlığı, arazi kullanımı bakımından olarak ele alınan YUD mühendislik sorunlarına yönelik YUD ile bütünleştirilmelidir. Ekosistem servislerine yönelik değerlendirmeler yapılırken bitki örtüsü ve değişimi, su kaynakları, yağış, toprak özellikleri için Yer'in iç ve dış süreçlerini, kaya özellikleri bakımından ele

alınmalıdır. Ekosistem içindeki doğal süreçlerle hassasiyetlerin değerlendirilmesi ve dikkate alınması, bütünleşik olarak değerlendirilmesini, doğal kaynak ekonomisi yönünden özellikle karar vericilerin ikna edilmesini ve sürdürülebilir alan kullanım kararlarının verilebilmesini sağlayacaktır. Bu tarz değerlendirme transdisipliner bir çalışmadır. Yerbilimci, ekolojist, şehir planlamacıların hatta ekonomist ve sosyal bilimcilerin birlikte çalışmasını gerektirir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK projesi kapsamında İTÜ ve Düzce Üniversiteleri Şehir ve Bölge Planlama, Jeoloji ve Peysaj Mimarlığı bölümleri öğretim üye ve yüksek lisans öğrencileri tarafından yürütülmüştür. Bu çalışmada destek veren ve odak grubu çalışmalarına destek veren Düzce Valiliği, AFAD, Belediye, Düzce Üniversitesi ve Kaynaşlı Yüksek Okulu, Acil Destek Vakfı'na katkılarından dolayı proje ekibi teşekkürlerini sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] TEZER, A., UZUN, O., OKAY, N., TERZİ, F., KARAÇOR, E., KÖYLÜ, P., AYDIN, B., KAYA, Y.M., TÜRKEY, Z., KARA, D., GÜLER, İ., Ekosistem Servislerine Dayalı “Havza Koruma Alanları” Tanımlanmasının Önemi ve Kapsamı: Düzce-Melen Havzası, *Kentli* (1): 58-62, 2018.
- [2] OKAY, N., Afete Dirençli Kentler için Risk Azaltma. *Şehir & Toplum*, (10): 117-127, 2018.
- [3] UZUN, O. Some of the Landscape Planning Approaches in the World and Turkey. In R. Efe, C. Bizzarri, İ. Cürebal, G. N. Nyusupova (Eds.), *Environment and Ecology at the Beginning of 21st Century*. St. Kliment Ohridski University Press. (pp. 61-79). Sofia, 2015.
- [4] ZEKTSER, I.S., MARKER, B. *Geology and Ecosystems*. Springer, 289 pp., 2017.