

100\*

Türkiye Cumhuriyeti'nin Yüzüncü Yılı



*Prof. Dr. Aral Okay'ın Anısına*

14-15 ARALIK 2023

İstanbul Kültür Üniversitesi Ataköy Yerleşkesi  
Akingüç Oditoryumu ve Sanat Merkezi

**Bildiriler Kitabı**





# İSTANBUL'UN JEOLJİSİ SEMPOZYUMU 6

**BİLDİRİLER KİTABI**



**TMMOB  
JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
İSTANBUL ŞUBESİ**

**Aralık 2023 / İSTANBUL**

# İSTANBUL'UN JEOLJİSİ SEMPOZYUMU 6

14-15 ARALIK 2023

*Her hakkı saklıdır. Kaynak belirtilerek alıntı yapılabilir.  
Bildiri metinlerinin içeriğinden yazarlar sorumludur.*

ISBN : 978-605-71611-9-2  
Baskı Yeri : İBB Basın Yayın Şube Müdürlüğü  
Baskı Yılı : ARALIK 2023



## ÖNSÖZ

6. İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumunun hazırlıklarının sonuna gelindiği günlerde, 12 Kasım 2023 de, Türkiye jeolojisinin en önde gelen bilim insanlarından Prof. Dr. Aral Okay'ın ani ve zamansız vefat haberiyle sarsıldık. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Yönetim Kurulu bu sempozyumun Prof. Dr. Aral Okay'ın anısına düzenlenerek, hocamızı bir kez daha anmak ve vefa borcumuzun ödenmesine küçük de olsa bir katkıda bulunma kararını aldı. Prof. Dr. Aral Okay'ın aziz hatırası önünde saygıyla eğiliyoruz.

Türkiye jeolojisinin en büyük ustalarından biri olan Prof. Dr. İhsan Ketin emekliliğinden sonra 1987-1993 yılları arasında İstanbul Bölgesi ve yakın çevresinin 1/50 000 ölçekli bir jeoloji haritasını da uzun yıllar bizzat sahada çalışarak derlemiştir. İhsan Hoca derlediği bu haritayı tanıtmak amacıyla verdiği konferansa, tahtaya yazdığı Hayâli'nin aşağıdaki dizesi ile başlamıştır:

“Ol mâhîler ki deryâ içredir deryâyı bilmezler”

İhsan Hoca; balıkların içerisinde yaşadıkları denizler hakkında hiç bilgi sahibi olmayışları benzetmesiyle, İstanbul'daki yer bilimcilerin de İstanbul'un jeolojisi hakkında çok sınırlı bilgiye sahip olduklarını daha zarif nasıl ifade edebilirdi ki?

Yer Bilimleri camiası, bu büyük eksikliğin geç olsa da farkına vararak hem kurumsal, hem de kişisel çaba ve çalışmalarla bu konudaki boşluğu doldurma, eksiklikleri giderme yoluna gitmiştir. Bunda; bir dizi akademik ve uygulamalı çalışmanın yanı sıra, JMO İstanbul Şubesi tarafından ilki 2003 yılında düzenlenen İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumlarının da özel bir yeri bulunmaktadır.

Bu sempozyum dizisinin yılları ve ana temalarına göz attığımızda; kentimizin sorunlarının ve yer bilimlerinin bunlara çözüm arayışı çabalarının bir özetini görmek mümkündür.

- 2003 - İstanbul Kendini Bilecek
- 2005 - İstanbul'un Jeolojik - Jeoteknik Sorunları
- 2007 - İstanbul'da Yerbilimleri Çalışmaları
- 2014 - Jeolojik Açından Mega Projeler
- 2017 - Kent ve Jeoloji

Bugün altıncısını idrak ettiğimiz İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumunun ana teması ise “Sürdürülebilir Bir İstanbul” olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni, son dönemin moda terimi olan Sürdürülebilirliğin cazibesinden yararlanmak değildir. Temel neden, gerek doğal ve gerekse antropojenik bir dizi tehdidin bu Dünya kentinin geleceğini büyük bir risk altında bırakıyor olmasıdır. Kenti yönetenlerin, kentin değerlerinin korunarak gelecek kuşaklara aktarılması bağlamında bir dizi meydan okuma ile yüz yüze gelmeye başlamış bulunmaları da bir diğer önemli nedendir.

Sürdürülebilirlik; sempozyum sırasında da dile getirilerek tartışılacağı gibi, ne ne pahasına olursa olsun status quo'nun korunarak hiçbir şeye el sürülmemesi, ne de ekonomik, toplumun refahı vb. gibi nedenlerle tüm bu değerlerin ortadan kaldırılması anlamına gelmektedir. İlk bakışta bir açmazla karşılaşıldığı izlenimini veren bu problemin çözümü başta yer bilimleri olmak üzere bir dizi diğer bilim dalının hedef odaklı ortak çalışmalarıyla mümkündür. Her konuda olduğu gibi doğruyu bulmak ve gerekeni yapmak için bilimin aydınlattığı yoldan hiç ayrılmamak gerekmektedir.

100. yılını kutladığımız Cumhuriyetimizin kurucusu ve önderimiz Mustafa Kemal Atatürk daha o zaman

“Hayatta en hakiki mürşit ilimdir fendir .....”  
diyerek doğru yolu göstermiştir.

Bizler de, sempozyumda tartışılacak konu başlıklarını belirlerken kentimizin sürdürülebilirliği için yer bilimlerinin yanı sıra bir dizi diğer bilim dalını da kapsayan bir yaklaşımın gerekliliğinden yola çıktık. Bu bağlamda;

- Sürdürülebilirlik Çalışmalarında Yer Bilimlerinin Rolü
- İstanbul'un Jeolojisindeki Son Gelişmeler
- İstanbul ve Deprem
- Kent Jeolojisi ve Kentsel Dönüşüm
- Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik
- Doğal Yapı Malzemeleri ve Kaynaklar
- Çevre Jeolojisi, Değişen İklim ve İstanbul
- Su Kaynakları ve Yönetimi
- Jeolojik Miras ve Kültürel Jeoloji

başlıkları altında sunulacak tartışılacak 55 bildirinin kentimizin yöneticileri ve karar vericilerinin yollarını aydınlatacağını umuyoruz.

Bildirileriyle İstanbul'un sürdürülebilir bir kent olarak yola devam edebilmesine katkıda bulunan bilim insanlarına, tartışmalara katılacak tüm katılımcılara, sempozyuma her anlamda destek olan İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı'na, tüm olanaklarını ve mekânlarını tahsis eden Kültür Üniversitesine, Sürdürülebilirlik konusunun tüm spektrumlarıyla ele alınmasını sağlayan Oturum Yürütücülerine ve Bilimsel Danışma Kuruluna, katkıları için TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odasına şükranlarımızı sunuyoruz.

Saygılarımızla,

Sempozyum Düzenleme Kurulu adına

Prof. Dr. M. Namık Yalçın



**Prof. Dr. Aral OKAY**  
**1953-2023**

**Türkiye Jeolojisine dünya çapında önemli katkılarda bulunmuş değerli hocamız Prof. Dr. Aral Okay'ı minnet ve saygılarımızla anıyoruz.**



## **KURULLAR**

### **JMO İSTANBUL YÖNETİM KURULU**

Selahattin Sami TEYMURTAŞ - Başkan  
Nejat GÜVEN – II. Başkan  
Haldun Ömer SEÇİLMİŞ - Yazman  
Murat YILMAZ - Sayman  
İsra BOSTANCIOĞLU – Mesleki Uygulamalar Üyesi  
Seyfettin ATMACA – Yayın Üyesi  
Kemal Önder PRESCİLER- Sosyal İlişkiler Üyesi

Sinem ERİŞİŞ AKSOY – Yedek Üye  
Çelik MUSLUOĞLU – Yedek Üye  
Özge BOSO HANYALI– Yedek Üye  
Olgun DURU – Yedek Üye  
Serdar AKGÜNDÜZ – Yedek Üye  
Onur YILMAZ – Yedek Üye

### **SEMPOZYUM DÜZENLEME KURULU**

M. Namık YALÇIN-Sempozyum Başkanı  
Selahattin Sami TEYMURTAŞ-Sempozyum II. Başkanı  
Murat YILMAZ- Sempozyum II. Başkanı  
Selman ER-Sempozyum Sekreteri  
Doğacan ÖZCAN-Sempozyum Sekreteri  
Kemal DURAN-Üye  
Murat YÜN-Üye  
İsra BOSTANCIOĞLU-Üye  
Muhammed DOĞUKAN TURHAN-Üye  
Bülent TAŞKIN-Üye  
Onur YILMAZ-Üye  
Sinem ERİŞİŞ AKSOY-Üye  
Neşe DEĞİRMENCİ-Üye  
Özgecan IRICIOĞLU AYDIN-Üye

**BİLİMSEL DANIŞMA KURULU**

A. M. Celal ŞENGÖR	İstanbul Teknik Üniversitesi
Aral OKAY	İstanbul Teknik Üniversitesi
Atiye TUĞRUL	İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
Cengiz ZABCI	İstanbul Teknik Üniversitesi
Erol SARI	İstanbul Üniversitesi
Esen ARPAT	Geomar Mühendislik San. ve Tic. Ltd. Şti.
Eşref YALÇINKAYA	İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
Hasan Turgut ÖZTAŞ	Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi
Hüsnü Serdar AKYÜZ	İstanbul Teknik Üniversitesi
İrfan YOLCUBAL	İstanbul Teknik Üniversitesi
Mehmet KESKİN	İstanbul Teknik Üniversitesi
Mehmet ÖZDOĞAN	İstanbul Üniversitesi
Mustafa AKTAR	Boğaziçi Üniversitesi
Naci GÖRÜR	İstanbul Teknik Üniversitesi
Namık AYSAL	İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
Nazife Özge FERCAN	İstanbul Kültür Üniversitesi
Necdet ÖZGÜL	İstanbul Teknik Üniversitesi
Nihal SARIER	İstanbul Kültür Üniversitesi
Hasan Nüzhet DALFES	İstanbul Teknik Üniversitesi
Okan TÜYSÜZ	İstanbul Teknik Üniversitesi
Osman Serkan ANGI	İstanbul Teknik Üniversitesi
Ömer ÜNDÜL	İstanbul Teknik Üniversitesi
Ömer Lütfü ŞEN	İstanbul Teknik Üniversitesi
Remzi KARAGÜZEL	İstanbul Teknik Üniversitesi
Sabah YILMAZ ŞAHİN	İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
Semih ERGİNTAV	Boğaziçi Üniversitesi
Süleyman DALĞIÇ	İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
Ş. Can GENÇ	İstanbul Teknik Üniversitesi
Şükrü ERSOY	Yıldız Teknik Üniversitesi
Timur USTAÖMER	İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
Yıldırım GÜNGÖR	İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
Yılmaz MAHMUTOĞLU	İstanbul Teknik Üniversitesi

**OTURUM YÜRÜTÜCÜLERİ**

**Sürdürülebilirlik Çalışmalarında Yer Bilimlerinin Rolü**  
Hasan Nüzhet DALFES

**İstanbul'un Jeolojisindeki Son Gelişmeler**  
Timur USTAÖMER

**İstanbul ve Deprem**  
Naci GÖRÜR

**Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik**  
Remzi KARAGÜZEL

**Kent Jeolojisi ve Kentsel Dönüşüm**  
Okan TÜYSÜZ

**Çevre Jeolojisi, Değişen İklim ve İstanbul**  
Ömer Lütfü ŞEN

**Jeolojik Miras ve Kültürel Jeoloji**  
Yıldırım GÜNGÖR

**Doğal Yapı Malzemeleri ve Kaynaklar**  
Atiye TUĞRUL

**Su Kaynakları ve Yönetimi**  
İrfan YOLCUBAL

**BİLDİRİLERİN İNCELENMESİNDE OTURUM YÜRÜTÜCÜLERİNE  
KATKIDA BULUNANLAR**

Tamer TOPAL  
Nihat Sinan IŞIK  
Mahmut MUTLUTÜRK  
Esen ARPAT  
Aral OKAY  
Serdar AKYÜZ  
Cengiz ZABCI  
Koray YILMAZ  
Arzu FIRAT ERSOY  
Galip YÜCE  
Ahmet APAYDIN

Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Gazi Üniversitesi  
Süleyman Demirel Üniversitesi  
Geomar Mühendislik San. ve Tic. Ltd. Şti.  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Hacettepe Üniversitesi  
Giresun Üniversitesi





## İÇİNDEKİLER

<b>ÖNSÖZ</b> .....	1
<b>KURULLAR</b> .....	5
<b>BİLDİRİLER</b> .....	15
<b>Sürdürülebilirlik ve Yer Sistem Bilimi</b>	
H. Nüzhet Dalfes .....	19
<b>Denizel Alanda Sürdürülebilirlik: Marmara Denizi, Haliç</b>	
Ahsen Yüksek.....	25
<b>Biyo-Jeomorfolojik Ekosistemler Olarak Türkiye'nin Kıyı Kumullarına Bitki Coğrafyası Açısından Bakış</b>	
Meral Avcı .....	31
<b>Sürdürülebilir Şehirler ve Dirençlilik Mekanizmalarının Afet Yönetimi ile Entegrasyonu</b>	
Şafak Özsoy .....	37
<b>Türkiye'de Depreme Dirençli Kentlerin Oluşturulması</b>	
Naci Görür.....	41
<b>Trakya Havzasındaki Doğalgaz Üretimi Sebebiyle Meydana Gelen Geniş Çaplı Zemin Deformasyonunun Kuzey Anadolu Fayı Üzerindeki Etkisi</b>	
Tohid Nozadkhalil, Ziyadin Çakır, Semih Ergintav, Uğur Doğan, Thomas R. Walter .....	43
<b>İstanbul'da Meydana Gelen Yüzeysel Deformasyonlarının InSAR Yöntemiyle Takibi</b>	
Ziyadin Çakır, Semih Ergintav, Uğur Doğan, Tarık Talay, Evrim Yavuz, Özlem Yıldız Yüksekol, Naci Görür.....	49
<b>Sismotürbidit Birimlerinin Çökelimini Etkileyen Faktörler: Kumburgaz Havzası, Marmara Denizi</b>	
Nurettin Yakupoğlu, Gülsen Uçarkuş, K.Kadir Eriş, Pierre Henry, M. Namık Çağatay.....	55
<b>SPAC Yöntemi Kullanarak İstanbul Genelinde Vs30 Değerlerinin Elde Edilmesi</b>	
Eşref Yalçınkaya, Kemal Duran, Asım Oğuz Özel, Onur Tan, Tarık Talay, Evrim Yavuz, Esra Kalkan Ertan.....	60

**Deprem Tehlikesi Açısından İstanbul'un Jeolojisine Bir Yaklaşım**

H. Serdar Akyüz, Cengiz Zabcı, Timur Ustaömer, Gürsel Sunal, İsra Bostancıoğlu, Tarık Talay, Akif Yeşiltaş..... 65

**İstanbul Metropoliten Alanı İçindeki İhmal Edilen Depremler**

Onur Tan, Özlem Karagöz, Semih Ergintav, Kemal Duran..... 71

**Ulusal ve Bölgesel Perspektifte Türkiye'de Artan Heyelan Tehlikesi: İklim ve Antropojenik Etkilerin Rolü**

Tolga Görüm, Abdullah Akbaş, Seçkin Fidan ..... 79

**İklim Değişikliğinin İstanbul Üzerinde Ekstrem İklim İndekslerine Etkisinin CMIP6 İklim Modelleri İle İncelenmesi**

Berkin Gümüş, Sertaç Oruç, İsmail Yücel, Tuğrul Yılmaz ..... 81

**İklim Değişikliğinin İstanbul'un Su Havzalarındaki Akarsu Akımlarına Olası Etkilerinin İncelenmesi**

Gökhan Cüceloğlu, İzzet Öztürk ..... 83

**Şehirlerin Kalitesi Doğal Varlıkları Kadardır**

Nizamettin Kazancı ..... 89

**İstanbul'un Taş Kültüründe Küfeki Taşının Rolü ve Sürdürülebilirliği**

O. Serkan Angı, Yılmaz Mahmutoğlu ..... 91

**Hatıpler Köyü (Gebze/Kocaeli)'nde Korunması Gereken Bir Jeolojik Miras: Hatıpler Formasyonu**

Göksel Dursun, Talha Acar, Yıldırım Güngör ..... 97

**Örnek Bir Jeobelde: Hacılı Şelalesi ve Gürlek Mağarası (Şile-İstanbul )**

Azra ReyhanKahraman, Ecrin Zeynep Saygılı, Aral Güngör, Selçuk Erdem, Osman Işık, Yıldırım Güngör, Direnç Azaz ..... 99

**İstanbul'un Jeolojik Miras Potansiyeli**

Yıldırım Güngör, Serkan Angı, Direnç Azaz, Murat Yılmaz, Özge Boso Hanyalı, Selman Er, Onur Yılmaz, Yılmaz Savaşçın, M.Namık Yalçın ..... 105

**Jeoparklarda Ana Bağlamın Önemi, Jeositler ve Antropojenik Jeosit Olgusu**

Yahya Çiftçi, Yıldırım Güngör ..... 111

**Jeopark İdaresi ve Yönetim Modelleri**

Direnç Azaz, Yıldırım Güngör ..... 113

**İstanbul'un Jeolojik Miras Ögelerinden Örnekler**

Yıldırım Güngör, Serkan Angı, Direnç Azaz, Murat Yılmaz, Özge Boso Hanyalı, Selman Er, M.Namik Yalçın..... 115

**Küresel İklim Değişikliği Baskısı Altındaki Metropollerde Yağmur Suyundan Yeraltısuyuna Kadar Su Yönetimi**

Celalettin Şimşek,Orhan Gündüz..... 123

**İçmesuyu Havzaları Üzerindeki Baskılar, Etkiler ve Çözüm Önerileri; Büyükçekmece Baraj Gölü Örneği**

Kemal Güneş, Mehmet Beşiktaş, İrfan Yolcubal, Azime Tezer, Ali Ertürk, Ömer Visali Sarıkaya ..... 131

**Toplanma, Çadır, Barınma Alanlarına Özellikle İçme Suyu Sağlamada Hidrojeolojik Ortamlardan Yararlanma**

Turgut Öztaş, Çağatay Kariptaş, Eren Kurçenli, Akif Yeşiltaş, Pınar Aksoy, Esra Fitöz, Özlem Yıldız Yüksekol, Nilüfer Yılmaz, Tarık Talay, İsra Bostancıoğlu ..... 135

**Bütünleşik CBS-AHS Kullanılarak Kentsel Taşkın Kırılabilirliği Değerlendirmesi: Kaynarca Deresi Örneği**

Özge Naz Pala, İrem Daloğlu Çetinkaya..... 144

**İstanbul Zonu'nun Jeolojik Temel Özellikleri**

Aral Okay ..... 153

**İstanbul Zonu Temel Kayalarının Jeokronolojisi ve Jeokimyasal Özellikleri: Bolu Masifi**

Sinan Yılmazzer, Gültekin Topuz, Aral I. Okay..... 155

**More Evidence of Ediacaran Fore-arc and Back-arc Succession In The Istanbul-Zonguldak Tectonic Unit**

Fatih Şen, Serdal Karaağaç ..... 157

**İstanbul Devoniyen İstifindeki Ostrakod Çalışmalarının Biyostratigrafi, Paleoortam ve Paleocoğrafya'ya Katkıları**

Atike Nazik, Emine Şeker Zor, M. Namık Yalçın ..... 163

**İstanbul Zonu'nun Batısında bulunan Karbonifer Yaşlı Turbiditik Kayaçlarının Yapısal Jeolojisi**

Tolga Eren Tuna, A.M. Celâl Şengör, Boris A. Natal'in, Gürsel Sunal, Cengiz Zabcı..... 170

<b>Büyükçekmece-Beylikdüzü Çevresinde Yüzeyleyen Felsik Tüflerin Zirkon-Rutil U-Pb Jeokronolojisi ve Lu-Hf İzotop Jeokimyası</b>	
Timur Ustaömer, Axel Gerdes, Namık Aysal .....	176
<b>Batı Karadeniz (Sarıyer-Şile) Bölgesinin Sıkışma Tektoniğinin Araştırılması</b>	
Levent Kuş, Tonguç Uysal, Davut Laçın .....	183
<b>Akıllı Şehirler ve Agrega Kaynak Yönetimi</b>	
Atiye Tuğrul .....	191
<b>İstanbul'un Kil ve Kum Hammaddelerinin Güncel ve Potansiyel Durumu</b>	
Mustafa Erdoğan, Fahri Esenli, Turgut Öztaş, Çağatay Kariptaş, Özlem Yıldız Yüksekol , Esra Fitoz , Tarık Talay , İsra Bostancıoğlu .....	197
<b>İstanbul Tersiyer Birimlerinin Kil Mineralojisi</b>	
Fahri Esenli, Bala Ekinci Şans .....	203
<b>İstanbul'daki Agrega Kaynakları ve Geleceği</b>	
Murat Yılmaz, Atiye Tuğrul .....	210
<b>İstanbul ve Yakın Çevresinde Bulunan Jeotermal Kaynakların Hidrojeokimyasal Özellikleri</b>	
Doğacan Özcan, Murat Beren, Hakan Hoşgörmez, Ali Malik Gözübol, Çiğdem Çakıroğlu .....	217
<b>İstanbul/Marmara Depremi Niçin Çok Boyutlu ve Çok Ölçekli Bir Dirençlilik Stratejisi Gerektiriyor?</b>	
H. Tarık Şengül.....	223
<b>Türkiye'de Kentsel Dönüşüm Yaklaşımı ve Uygulamaları</b>	
Handan Türkoğlu.....	225
<b>Deprem ve Kentsel Dönüşüm</b>	
Kayhan Çakanel .....	226
<b>İstanbul'da Afet Odaklı Kentsel Dönüşüm İçin Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi</b>	
Himmet Karaman .....	227
<b>İstanbul Adalar İlçesi Deprem Risklerini Azaltma Amaçlı Eylem Planı Önerisi</b>	
Haluk Eyidoğan, Ali Erkurt, Asu Aksoy .....	230

<b>İstanbul'da Sığ ve Çoklu Yeraltı Kazılarının Etkileşiminde Kritik Yer Koşulları</b>	
Yılmaz Mahmutoğlu .....	241
<b>Tünel – Yapı – Zemin Etkileşiminin Üç Boyutlu Analizi</b>	
İbrahim Kuşku.....	247
<b>Ataköy-İkitelli ve Halkalı-Yeni Havalimanı Metro Hattı TBM Kazılarının Jeolojik ve Jeoteknik İncelemesi</b>	
Baki Ömer Furat, Süleyman Dalgıç .....	254
<b>İstanbul- Büyükçekmece-Gürpınar Kıyılarındaki Kütle Hareketlerinin Mekanizması</b>	
Gökhan Şans, Remzi Karagüzel, Yılmaz Mahmutoğlu.....	259
<b>Büyükçekmece Heyelanlarının Zamana Bağlı Değişimlerinin Belirlenmesi</b>	
Deniz İnan, Tolga Görüm .....	265
<b>İstanbul'un Tarihsel ve Güncel Heyelan Dinamikleri</b>	
Abdüssamet Yılmaz, Tolga Görüm, M. Lütfi Süzen, Tarık Talay, İsmail Bostancıoğlu .....	269
<b>Khasab-Tibat (Umman) Sahil Yolu Şevlerinde Kaya Düşmesi Riski Azaltma Yöntemlerinin Araştırılması</b>	
Zuhal Soylu, Yılmaz Mahmutoğlu .....	271
<b>İstanbul Havalimanı “Ne olacaktı, Jeolojik Veriler Gözardı Edilince, Ne oldu?” “Neye Niyet, Neye Kismet”</b>	
Esen Arpat .....	278
<b>İstanbul Kayaçlarının Mühendislik Jeolojisi Yönünden Değerlendirilmesi</b>	
Ömer Ündül, Atiye Tuğrul .....	280
<b>Kanal-İstanbul İnadına Açılmaya Çalışılırsa D-100 Karayolu Kanal Engelini Nasıl Aşar?</b>	
Esen Arpat .....	282
<b>Tarihi Yapılarda Zemin İyileştirme Yöntemlerinin Kıyaslanmasında Haydarpaşa Gar Binası Örneği</b>	
Seyfettin Atmaca, Onur Yılmaz .....	287



## **BİLDİRİLER**





**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÇALIŞMALARINDA  
YER BİLİMLERİNİN ROLÜ**



## **Sürdürülebilirlik ve Yer Sistem Bilimi**

### *Sustainability and Earth System Science*

**H. Nüzhet Dalfes**

*(dalfes@gmail.com)*

**Öz:** Sürdürülebilirlik kökeni 17. yüzyıla dayanan ama 1980'lerden itibaren popülerite kazanmış bir kavramdır. Gezegenin üzerindeki insan faaliyetlerinin, gezegeni yaşanabilir kılan özelliklerinin devamına imkan verecek şekilde geliştirilmesinin akılcı bir zorunluluk olduğunun altını çizer. İnsan faaliyetlerinin gezegen sistemine etkilerini en aza indirmek de bu karmaşık sistemi tüm mekan ve zaman ölçeklerinde çözümlenmekten geçer. Buyönde yapılacak çabalar yer bilimlerini oluşturan disiplinlerin birlikte çalışmalarını gerektirir. Bu disiplinlerarası yaklaşımın zorunluluğu 20. yüzyılın sonlarına doğru kavranmış ve 'yer sistem bilimi' başlığı altında yeni bir bakış açısı tanımlanmıştır. Bu yeni bakış açısı alışıl gelmiş akademik sınırların ve davranışların değişimini elzem kılmaktadır. Bunun yanısıra, bilimin gerek üretiminde, gerekse paylaşılmasında toplumdaki tüm paydaşların farkındalığının ve katkılarının önemi öne çıkmaktadır.

*Anahtar Kelimeler:* sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kalkınma, küresel değişim, yer sistem bilimi, disiplinlerarası bilim.

**Abstract:** Sustainability is a concept that dates back to the 17th century but has gained popularity since the 1980s. It underlines that it is a rational necessity to develop human activities on the planet in a way that allows the continuation of the features that make the planet livable. Minimizing the effects of human activities on the planetary system requires analyzing this complex system at all space and time scales. Efforts in this direction require the disciplines that make up the earth sciences to work together. The necessity of this interdisciplinary approach was understood towards the end of the 20th century and a new perspective was defined under the title of 'earth system science'. This new perspective makes it essential to change the usual academic boundaries and behaviors. In addition, the importance of awareness and contributions of all stakeholders in the society, in both the production and sharing of science comes to the fore.

**Key Words:** sustainability, sustainable development, global change, earth system science, interdisciplinary science

## 1.GİRİŞ

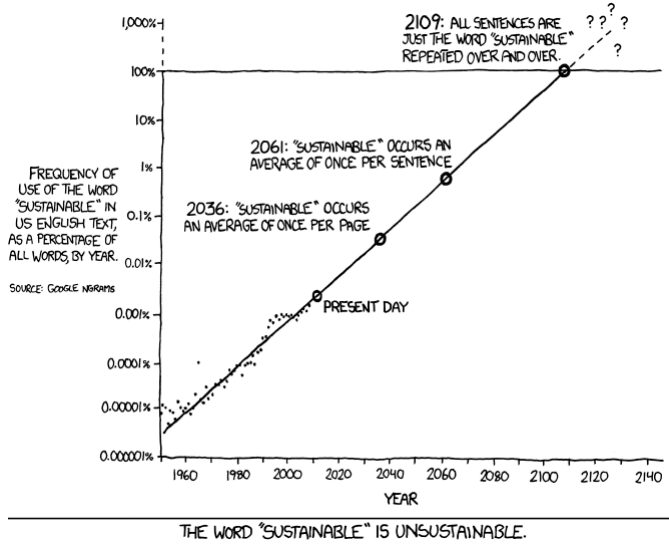
Sürdürülebilirlik kavramı her ne kadar 1970'li yıllarda dillendirilse de, kökeni 17. yüzyıla kadar uzanır. Hans Carl von Carlowitz (1645-1714) *Silvicultura oeconomica* [1] adlı eserinde ormanların bağlamında sürekli kullanımın önemini vurgulamıştır. Çevre sorunlarının farkındalığının arttığı 1970'lerde kavram dolaylı olarak gündeme gelmiştir. Bugün kullandığımız tanımın miladı 1983 toplanan BM Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun (Bruntland Komisyonu diye anılır) 1987'de yayımlanan raporuna dayanır. *Ortak Geleceğimiz* adlı rapor, sürdürülebilir kalkınmayı "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme kabiliyetinden ödün vermeden, bugünün ihtiyaçlarının karşılanması" şeklinde tanımlar [2].

Bugünlerde sürdürülebilir sözcüğünü en sık duyduğumuz uluslararası bağlam BM tarafından tanımlanmış *Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri* kümesidir. 17 hedefi kapsayan bu küme, 1992'de ortaya konan *Gündem 21*'le başlayan BM süreçleri sonucu giderek geliştirilmiştir. Bu hedeflere yönelik 'bilim'den beklenenler son raporda görülebilir [3].

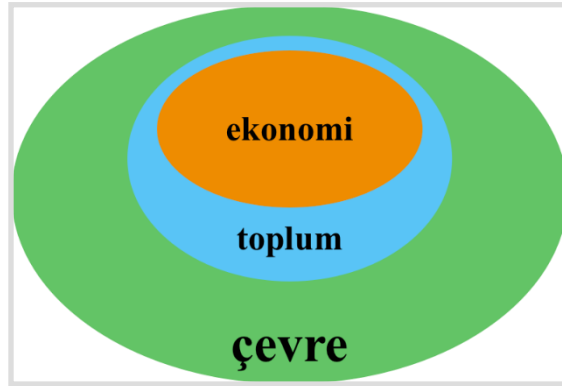
## 2.SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN BOYUTLARI

Sürdürülebilirlik (ve süreci tarifleyen *sürdürülebilir kalkınma*) kavramının üç boyutu vardır: çevresel, toplumsal ve ekonomik. Bu sunumda, ağırlıklı olarak çevresel boyut ele alınacaktır. Kısaca 'çevre' olarak adlandırdığımız şey aslında bir ikincisi olmayan 'uzay gemimiz', gezegenimizdir. Gezegen üzerinde evrilmiş tüm canlıların faaliyetleri ve bu faaliyetlerin geleceği gezegenin sisteminin 'korunmasına' bağlıdır.

Toplumsal ve ekonomik aktörlerin yenilenebilir veya yenilenemez kaynakların kullanımıyla ilgili verdikleri/verecekleri kararlar Yer Sistemi'nin durumunu değiştirmektedir. Bu kararların Yer Sistemi üzerinde geçmişte yarattığı ve gelecekte yaratacağı değişimleri ilgili *öngörüler* gezegenin sistemleri ve süreçleri konusunda bilimsel birikime ve araştırmaya dayanmak zorundadır. Çok yalın bir ifadeyle, geçmişteki etkileri anlamak ve geleceğe yönelik öngörülerde bulunmak arzu edilen sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada tek yol gösterici olmak durumdadır.



Şekil 1. Sürdürülebilirliğe mizahi bir bakış

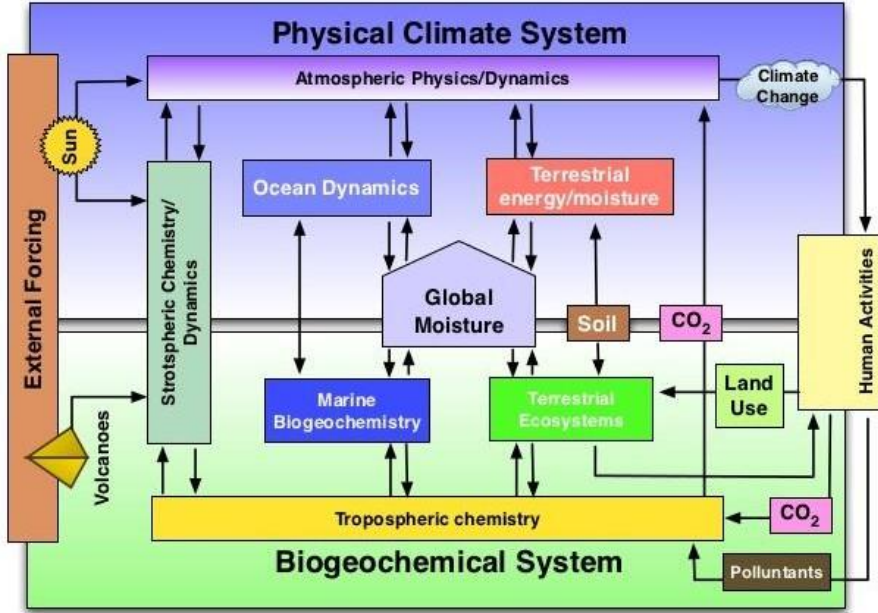


Şekil 2. Sürdürülebilirliğin boyutları

### 3. KÜRESEL DEĞİŞİM VE BİLİME İHTİYAÇ

Küresel değişimin ve bu değişimde insan faaliyetlerinin oynadığı rolün anlaşılması (=açıklanması) en genel haliyle, ya altistemler arasındaki akılların insan faaliyetleri sonucu değişiminin (örneğin fosil yakıt tüketimi ve arazi kullanımındaki değişimler nedeniyle), ya da ekonomik faaliyetlere (tarım,

hayvancılık, madencilik, v.s.) yer açılması sonucu ortaya çıkan ekosistem tahribatının (ve dolayısıyla kaybedilen biyoçeşitliliğin) getirdiği yapısal değişimin olabildiğince nicel olarak saptanmasına dayanmaktadır. Yer Sistemin'in altsistemlerinin anlaşılması tüm mekan ve zaman ölçeklerinde ele alınmasından, ortaya çıkan dinamik süreçlerin anlaşılmasından geçer; geleceğe yönelik projeksiyonlar üretilmesi için bu düzeyde bir birikim elzemdir. ABD Ulusal Araştırma Konseyi (baş müellifi Francis Bretherton'un adıyla da anılan) bir raporla küresel değişimin bilimi için bir çerçeve ve yol haritası belirlemiştir [4].



Şekil 3. Bretherton diyagramı [3]: fiziksel iklim sistemi ve biyojeokimyasal döngüler ve aralarındaki ilişkiler

#### 4.YER SİSTEMİNE BÜTÜNCÜL BAKIŞ

Şekil 3'deki diyagramdan da kolayca anlaşılacağı gibi küresel değişime getirilecek açıklamaları yer bilimlerini oluşturan klasik disiplinlerin sınırları içinde hapsolarak gerçekleştirilemeyeceği açıktır. Her şeyden önce, bu sistemdeki değişimlere getirilecek açıklamaların geçmişte yaşanan süreç ve olayları da açıklamak ve bu yolla kendini sınamak zorunluluğu vardır. Geçmiş (özellikle son 1 milyon yılı) ve bugünü araştıran kapsamlı uluslararası işbirlikleri çok önemlidir. Bu bağlamda, yukarıda özet olarak ifade edilmeye çalışılan yaklaşımın sergilendiği IGBP (Uluslararası Jeosfer-Biyosfer Programı) 1987-2015 yılları arasında çok önemli birleştirici bir rol oynamıştır. 2004'de IGBP'nin yayımladığı sentez raporu [5]

*“Küresel Değişim ve Yer Sistemi: Baskı altında bir gezegen”*, insan faaliyetlerinin yarattığı değişimin geçmişte bir benzerinin olmadığı altını çizer. IGBP'nin çeşitli bileşenlerinin geliştirdiği bilim, ancak bütüncül modellerde birleştirildiği takdirde gelecekle ilgili projeksiyonların (ve belirsizliklerin) çözülmesini mümkün kılacaktır.

Klasik yer bilimleri tanımının zorlanacağı diğer bir boyutta ‘canlıların’ çözümlemelerin parçası olması zorunluluğudur: Yer Sistemi ‘cansız’ (veya ölü) bileşenlerle birlikte ‘canlıların’ ‘yönettiği’ süreçleri de içermektedir. Bu bağlamda, şimdilik sadece gezegenimizdeki örneğini bildiğimiz ‘hayat’, Yer Sistemi’ni özel kılan ve, özellikle biyojeokimyasal süreçler üzerinden çeşitli dış ve iç ‘sürücülere’ cevabı belirleyen en temel bileşendir.

## **5. SONUÇ: NE YAPMALI?**

Yüksek öğretim ve araştırma kuruluşlarının dikey örgütlenmesi, sürdürülebilirliğe bilim desteği vermeyi güçleştirmekte, ve hatta imkansız kılmaktadır. Düşey yapılar, kolaylıkla meslek şovenizmine zemin hazırlamakta, disiplinlerarası çalışmanın gerektirdiği dil geçirgenliğinin gelişimini engellemektedir. Konu tabanlı ağların oluşumuna izin verecek yatay örgütlenmelerin ve akademik değerlendirme kriterlerinin devreye sokulması elzemdir.

Diğer yandan, küresel ve bölgesel değişimin bilimi, giderek veri ve hesaplama yoğun hale gelmektedir. Araştırmacılar (ve tüm yurttaşlar) kamu kaynaklarıyla toplamış verilere sorgusuz sualsiz erişebilmelidir. 21. yüzyıl şeffaflık yüzyılıdır. Bunun yanı sıra, yüksek başarılı hesaplama/depolama altyapıları ihtiyaç duyan araştırmacılara bu hizmetler kolaylıkla sunulabilmelidir. Yer Sisteminin karmaşıklığı ve bu karmaşıklığın getirdiği belirsizlikler ancak simülasyon kümeleri (ensembles) oluşturularak sınırlandırılabilir.

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri alınan/alınacak her kararın çevresel değişimle ilişkilerinin bilimsel tabanda çözümlenmesi ile gerçekleştirilebilir. Bilimin işleyişi elden geldiğince şeffaflaştırılmalı ve karar vericiler ve yurttaşlar bilimle buluşturulmalıdır.

## **KAYNAKLAR**

1. Carlowitz, Hans Carl von, (1713). *Sylvicultura Oeconomica, Oder Haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung Zur Wilden Baum-Zucht* (<http://digital.slub-dresden.de/id380451980>)
2. Purvis, Ben; Mao, Yong; Robinson, Darren (2019). "Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins". *Sustainability Science*. 14 (3): 681–695. doi:10.1007/s11625-018-0627-5. ISSN 1862-4065.

3. Independent Group of Scientists appointed by the Secretary-General, Global Sustainable Development Report 2023: Times of crisis, times of change: Science for accelerating transformations to sustainable development, (United Nations, New York, 2023).
4. NASA Advisory Council. Earth System Sciences Committee, 1986. Earth system science overview: a program for global change. National Aeronautics and Space Administration.
5. Steffen, William L., Steffen, Will., Sanderson, Angelina., Jäger, Jill., Tyson, Peter D., Matson, Pamela A., Moore III, Berrien., Oldfield, Frank., Richardson, Katherine., Schellnhuber, Hans- Joachim., Turner, Billie L., Wasson, Robert J.. (2005) Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure. Germany: Physica-Verlag



## **Denizel Alanda Sürdürülebilirlik: Marmara Denizi, Haliç**

### *Sustainability in the Marine Area: Marmara Sea, Golden Horn*

**Ahsen Yüksek**

*İ.Ü. deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü*

*(ayukse@istanbul.edu.tr)*

**Öz:** Denizel ekosistemleri koruma, kaynakları sürdürülebilir bir şekilde kullanma ve okyanusları temiz tutma amacını taşır. Bu nedenle, denizlerin korunması ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir yönetimi için ulusal ve uluslararası sözleşmeler ve stratejik hedefler uygulanarak, baskıların azaltılması ve ekosistem sağlığını koruması amaçlanmaktadır. Bu yönetsel uygulamalar ile sağlıklı ekosistemlere dayalı, ekosistem hizmetlerin (balıkçılık, biyolojik çeşitlilik, su kalitesi, turizm, liman sayısı ve kapasitesi, deniz taşımacılığında yıllık artışlar, yeşil enerji vs) sürdürülebilirliğinin sağlanması hedeflenmektedir. Bu kapsamda Marmara Denizi gibi yönetimi tamamen bize ait iç sularımızdaki yanlış uygulamalara ile körfezlerimiz kaybolurken, Haliç de, doğru planlamalar ile büyük yatırımlar yapılarak kısmı geri kazanım sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, Marmara Denizi, Haliç.

**Abstract:** Conservation of marine ecosystems aims to utilize resources sustainably and keep the oceans clean. Therefore, by implementing national and international conventions and strategic objectives for the sustainable management of marine conservation and ecosystem services, it is aimed to reduce pressures and maintain ecosystem health. With these management practices, it is aimed to ensure the sustainability of ecosystem services (fisheries, biodiversity, water quality, tourism, number and capacity of ports, annual increases in maritime transport, green energy, etc.) based on healthy ecosystems. In this context, while our gulfs are lost due to wrong practices in our inland waters such as the Marmara Sea, which belongs to us completely, partial recovery has been achieved in the Golden Horn by making large investments with correct planning.

**Key Words:** Sustainability, Sea of Marmara, Golden Horn.

## **1. GİRİŞ**

Dünya yüzeyinin yüzde 70'ini kapsayan ve gezegendeki tüm yaşamın %80'ine ev sahipliği yapan okyanus ve denizler en büyük biyosferimizdir .Okyanuslar, denizler ve kıyı alanları, Dünya ekosisteminin entegre ve temel bir bileşenini oluşturur ve sürdürülebilir kalkınma için kritik öneme sahiptir. Milyonlarca insana iş olanağı yaratarak yoksulluğun ortadan kaldırılmasına katkıda bulunur. Üç milyardan fazla

insan geçim kaynakları için deniz ve kıyı kaynaklarına bağımlıdır. Ayrıca, okyanuslar küresel gıda güvenliği ve insan sağlığı için de çok önemlidir. Aynı zamanda küresel iklimin birincil düzenleyicisi, sera gazları için önemli bir tutucu ortamdır ve bize su ve soluduğumuz oksijeni sağlarlar.

Ekosistem hizmetlerinin sağlayıcıları olarak giderek önem kazanan okyanus ve denizlerde, sürdürülemez yönetimler nedeniyle üzerinde ciddi ve çeşitli baskılar yaratılmıştır [1]. Bu baskılar sadece deniz ekosisteminin sağlığını etkilemekle kalmamış, insan sağlığını da tehdit etmeye başlamıştır. Ötrofikasyon, kimyasal kirleticiler, balıkçılık, denizcilik, kıyı yapılaşması, turizm ve iklim değişikliği bu etkilerin başlıca nedenleridir [2]. Son yüzyılda artan bu baskılar özellikle verimliliğin yüksek olduğu kıyı, yarı kapalı su kütlelerini etkilemiştir [1]. Bu beraberinde büyük ekonomik kayıplar ile birlikte geleceğe yönelik endişelere de neden olmuştur. Bu nedenle, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 14 (BM SKH 14), Su Altındaki Yaşam, "*Sürdürülebilir kalkınma için okyanusları, denizleri ve deniz kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir bir şekilde kullanmak*" amacıyla formüle edilmiştir [3]. Bu amaca ulaşmak için, deniz kirliliğinden okyanus asitlenmesine, deniz ekosistemlerinin korunmasına ve balıkçılık düzenlemelerine kadar çeşitli konuları ele almaktadır [4]. Yine de *Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine* yönelik ilerlemeye ilişkin 2019 durum raporu, dünya çapında koruma düzeyinin yetersiz olduğu ve deniz koruma alanlarının (DKA'lar) sayısı dünya çapında artıyor olsa bile okyanus asitlenmesi, aşırı avlanma ve ötrofikasyon gibi büyük tehditlerle mücadele etme konusunda yetersiz olduğu sonucuna varmıştır.

## **2. DENİZEL ALANDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK NASIL SAĞLANIR?**

Günümüzde, uluslar tarafından artık denizel alanlar ve okyanusların gezegenimizin yaşam kaynağı ve insanlığın sürdürülebilir bir geleceği için kritik önemi anlaşılmıştır. Su ekosistemlerinin korunması, yönetilmesi ve maksimum verimin alınması için Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) "deniz mekansal planlama" (DMP/MSP) yöntemini gündeme getirmiştir. Bu kapsamda Avrupa Birliği DMP Direktifi (DMPD/MSPD), 2014/89/EU sayılı direktifi geliştirmiştir. Amaç "*deniz ekonomilerinin sürdürülebilir büyümesini, deniz alanlarının sürdürülebilir gelişimini ve deniz kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını teşvik etmek*" tir (Avrupa Komisyonu, 2014). Ekonominin önde tutulduğu bu önceliklendirme, *zayıf sürdürülebilirlik* olarak da adlandırılmaktadır. Çünkü deniz ekosistemlerinin sağlığı güvence altına alınmamışsa kırılgan bir temele dayanır. Buna karşılık, ekonomik faaliyetlere yönelik hedefleri ele almadan önce çevresel sürdürülebilirliği sağlayan planlama, deniz ekosistemleri ve bağlı denizcilik ekonomileri için güçlü ve sürdürülebilir bir temel oluşturmakta ve böylece *güçlü sürdürülebilirliği* hedeflemektedir [5]. Ama ne yazık ki günümüzde mavi büyüme ve ekonomik kalkınmaya odaklanan deniz alanları yönetimi, güçlü bir sürdürülebilirlik yaklaşımına odaklanan ekosistem tabanlı yönetim planlarından çok daha yagındır [5].

Denizel alanda sürdürülebilirliği dört ana başlık altında toplayabiliriz:

1-Koruma Alanlarının Oluşturulması: Denizel alanların koruma altına alınması, yerel ekosistemlerin ve türlerin korunmasına yardımcı olabilir. Deniz milli parkları ve deniz rezervleri gibi koruma alanları, biyolojik çeşitliliği destekler.

2-Sürdürülebilir Balıkçılık Uygulamaları: Balıkçılık endüstrisi, avladığı kaynakları sürdürülebilir bir şekilde yönetmelidir. Kontrollü avlanma, av sezonları ve boy sınırlamaları gibi önlemler bu yönde adımlardır. Avcılıkta ayrıca eşit paylaşım için geleneksel balıkçılığın korunması önemlidir.

3-Kirliliği Azaltma: Sağlıklı denizler için kirleticilerden uzaklaştırılması gerekir. Bu kapsamda plastik atıkların azaltılması ve zararlı kimyasalların denizlere sızmasının engellenmesi önemlidir.

4-Eğitim ve Farkındalık: Denizel alanda sürdürülebilirlik konusunda toplumları bilinçlendirmek ve eğitmek çok önemlidir. İnsanlar, okyanusların önemini anladıkça, koruma çabalarına daha fazla destek verebilirler ve denizel alanda sürdürülebilirlik, gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakma konusunda hayati bir rol oynar.

### **3. TÜRKİYE DENİZLERİNDE MEVCUT DURUM**

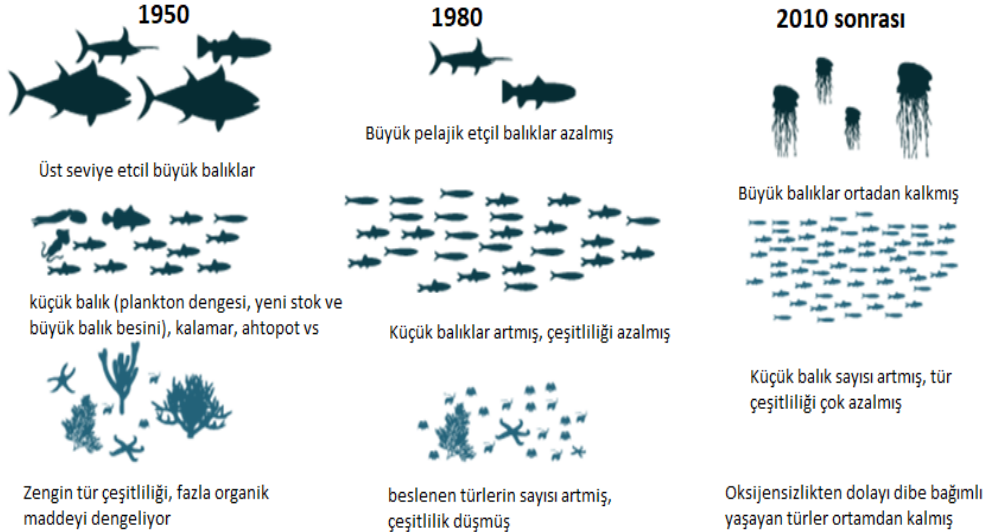
#### **3.1. Marmara Denizi**

Dünyanın önemli 13 boğaz ve kanal sisteminden ikisini barındıran Marmara Denizi, morfolojik ve coğrafik yapısına bağlı olarak, zengin biyoçeşitliliğe ve üretkenliğe sahip olması yanı sıra, denizel canlılar için önemli bir göç yoludur. Bu özelliklerinden dolayı, EBSA (Ecologically or Biologically Significant Marine Areas) Kriterlerinin ilk altı maddesini, “yüksek” kategori seviyesinde karşılamaktadır. Önemli bir üreme alanıdır. Genel olarak yaz aylarında mesotrofik seviyeden, kış aylarında ötrofik seviyeye geçmektedir [8]. Yani üretkenlik artmaktadır. Alt tabaka ise kalıcı olarak hipoksik olan Marmara Denizi, 2000’li yılların başına kadar İzmit Körfezi hariç biyolojik çeşitlilik bakımından zengin bir denizdi. Ne yazık ki, yanlış sanayileşme ve kentleşme ile, Türkiye nüfusunun %30 unu, sanayinin %50 sini, liman faaliyetlerinin %60 nın karşılandığı bir bölge olmuştur. Son yıllarda üst üste yapılan hataların sonucunda, Marmara Denizi’ne havzalardan ve kentsel deşarjlardan gelen yük, Karadeniz den gelen yükün önüne geçmiştir. Aşırı baskılara bağlı olarak, Marmara Denizi’nde son yıllarda sık sık olumsuz olaylar ile anılmaya başlanmıştır. 2007 yılında gözlenen müsilaj/salya olayından sonra, 2015 de tüm Marmara Denizi’ni etkisi altına alan ‘Red tide’ (kırmızı alg patlaması), 2017 Tuzla civarında dip balıklarının ölmesi, 2019 yılı başlarında ilk kez gözlenen ve her yıl kış aylarında İodoslu havalarda tekrarlanan İstanbul kıyılarının kırmızı deniz yosunu ile kaplanması olayları, Marmara Denizi’nde artan ötrafikasyon etkisinin basına yansımaysdı [6]. Diğer bir baskı ise Türkiye balıkçılığının %18 ini karşılayan Marmara Denizi’nde aşırı avcılık ve ekosistem uyumlu avcılık yöntemlerinin uygulanmamasıdır. Aşırı avcılık artık denizin besin ağını bozmuş ve, ekosistemde büyük çöküntüler yaşanmıştır [6] (Şekil 1). Marmara Denizi’nde ilk kez Ekim 2007’de görülen ve kilometrelerce alanda gözlenen müsilaj madde sadece görsel kirliliğe sebep olmamakla kalmamış, aylarca üst tabakada etkisini sürdürerek başta balık ağlarını tıkaması olmak üzere balıkçılığa

darbe vurarak ekonomik kayıplara sebep olmuştur. Bu dönemde yapılan sosyo-ekonomik araştırmalar sonucunda balıkçılık gelirindeki düşüşün ortalama 27459 Euro/yıl olduğu, balıkçılık gelir kaybının ise % -61,41 olduğu hesaplanmıştır [6]. 2021'de de yaşanan olayın 2007 göre daha uzun ve yoğun olduğu düşünülünce sadece balıkçılık açısından ele alınsa bile, ne yazık ki ülkemiz büyük ekonomik kayıplara yaşadığı açıkça görülmektedir. 2020'de ise bu kayıplara denizcilik ve sanayideki aksaklıklar eklense de ekonomik kayıpların bir bilançosu çıkmamıştır. Bir daha bu olayların yaşanmaması için bir eylem planı oluşturulsa da henüz önemli bir gelişme ne yazık ki yapılmamıştır.

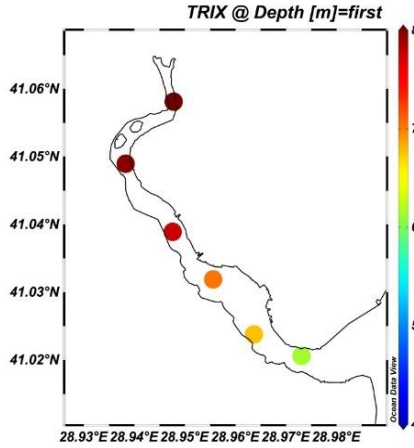
### 3.2. Haliç

Büyük imparatorluklara ev sahipliği yapan bu alan, İstanbul'un kültüründe önemli bir rol oynamaktadır. Osmanlı döneminde ilgi gören Haliç kıyıları, şehrin gelişmesi ile birlikte, ekosistemi 1500 lü yıllarda etkilenmeye başlamıştır. Haliç derelerinde ve sığ kesimlerinde biriken çamurlar iç kısımlarda çevre sorununa neden olmuş ve ilk çevre kanunları Osmanlı zamanında oluşturulmuştur [7]. Korumaya yönelik kanunlar Atatürk zamanında 1920-1930 yıllarında da devam etmiş, bu bölgede sanayileşmeye izin verilmemiştir. Ne yazık ki ikinci Dünya Savaşı'ndan sonra **sanayi devrimi ve sanayileşme sürecinde**, Haliç ve çevresinde sanayileşme de hız kazanmış, 1939 yılında uygulamaya konulan Henri Prost planına göre endüstri bölgesi olarak tahsis edilmişti [7]. Bu büyük yanığı Haliç'in yok



Şekil 1. Marmara Denizi ekosisteminin infografik gösterimi

oluş sürecini başlatmıştır. 1975 yılına gelindiğinde, 696 sanayi tesisi Haliç ve yakınlarındaki nehir kıyıları boyunca toplam 1,6 km<sup>2</sup>'lik bir alanı gelişigüzel işgal etmişti [7]. Haliç çevresindeki plansız, kontrolsüz kentsel gelişim ve atık üretimi kısa sürede, Haliç tabanında anoksik sediment birikimine, boğucu hidrojen sülfür kokusuna, yüksek zararlı bakteri konsantrasyonlarına neden olmuştur. Sağlıksız su ekosistemi, sadece Haliç'te yaşamı bitirmemiş, çevreyi de etkilemiş ve insan sağlığını tehdit eder boyuta ulaşmasına neden olmuştur [7]. Merkezi ve yerel yönetimin kararlılığı ile rehabilitasyon çalışmaları 1984-1989 yılları arasında başlamıştır. İlk aşamada bölgede gecekondulaşma kaldırılmış, sanayi alternatif alanlara taşınmıştır. Önemli yatırımlar yapılarak altyapı eksiklikleri giderilmiştir. Daha sonra Haliç'te taban çamuru taranarak akıntı sistemi güçlendirilmiş ve "can suyu projesi" ile Haliç'te 2000 yılından sonra su kalitesinde bir iyileşme ve canlılıkta artış başlamıştır (Şekil 2) [8,9]. Günümüzde Haliç'de dağılım yapan, balık yumurta ve larvalarının %42'sinin acı su sakinleri olduğu görülmüştür. Ancak bu oran, Karadeniz kaynaklı deniz suyunun Alibeyköy deresinden düzenli aralıklarla girmesinin muhtemel bir nedeni olarak 2013 yılından sonra %28'e düşmüştür. Şu anda Haliç de bulunan balıkların %83'ünü yerleşik deniz türleri oluştururken, lüfer gibi göçmen türler ve akıntılarla taşınan türler %17'sini oluşturmaktadır. Özellikle yaz aylarında tür çeşitliliğinde önemli bir artış olmaktadır. Genel bir perspektiften bakıldığında, 2014 yıllarından sonra, balık çeşitliliği Marmara Denizi ile benzerlik göstermektedir [9].



Şekil 2. Haliç'in TRIX index değerlendirilmesi (TI > 6 Ötrofik) Dağılım Haritası

**Sonuç olarak,** Son yıllarda yapılan yanlış uygulamalar ve yapılmayan alt yapı projelerinden dolayı, Marmara Denizi'nin önemli koylarını ekosistem kalitesi

bakımından zayıflamıştır. Aynı şekilde yanlış uygulamalar ile İstanbul'un tarihsel, kültürel ve rekreasyonel alanı olan Haliç, büyük zararlar görmüş, bundan İstanbul ve yerel halkta olumsuz yönde etkilenmiştir. Daha sonra büyük ekonomik bedeller ödenerek yapılan alt yapı ve kent planlaması projeleri ile Haliç'te sucul yaşam kısmen de olsa geri dönmüştür. Günümüzde Haliç'in biyolojik çeşitliliği hala kirliliğin etkisini taşımakla birlikte, bölgede özellikle amatör balıkçılık faaliyetleri artmıştır. Suda ki geri dönüş Haliç çevresine de yansımış ve bu gün İstanbul'un önemli bir kültür merkezi haline gelmiştir.

## **KAYNAKLAR**

1. Kirkfeldt TS and Frazão Santos C., (2021). A Review of Sustainability Concepts in Marine Spatial Planning and the Potential to Supporting the UN Sustainable Development Goal 14. *Front. Mar. Sci.* 8:713980. doi: 10.3389/fmars.2021.713980
2. Misund, O., (2006). *Ecosystem-based Management: Definition and International Principles*. Institute of Marine Research, Bergen, Norway.
3. UN (2015). *Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, A/RES/70/1. New York: General Assembly, doi: 10.1163/157180910X12665776638740
4. UN (2021). *Goal 14, Conserve and Sustainably Use the Oceans, Seas and Marine Resources for Sustainable Development*. Available online at: <https://sdgs.un.org/goals/goal14> (accessed July 24, 2021).
5. Jones, P. J. S., Lieberknecht, L. M., and Qiu, W. (2016). 'Marine spatial planning in reality: introduction to case studies and discussion of findings'. *Marine Policy* 71, 256–264. doi: 10.1016/j.marpol.2016.04.026
6. Yüksek A., 2023. *Marmara Denizi'nde Deniz Salyası/Müsilajı Oluşturan Sebepler. Marmara Denizi'nin Ekolojisi: Deniz Salyası Oluşumu, Etkileşimleri ve Çözüm Önerileri / by Muzaffer Şeker, İzzet Öztürk, Editors, Turkish Academy of Sciences p. 85-105. ISBN: 978-605-2249-73-4.*
7. Coleman, H.M., Kanat, G., Aydınol Turkdoğan, F.I. (2009). Restoration of the Golden Horn Estuary (Halic). *Water Research* 45: 4989-5003.
8. Yuksek, A., Okus, E., Yilmaz, I.N., Aslan-Yilmaz, A., Tas, S., (2006). Changes in biodiversity of the extremely polluted Golden Horn Estuary following the improvements in water quality. *Marine Pollution Bulletin* 52 (10), 1209–1218
9. Altıok, H., Yüksek A., Taş S., Dursun F., Unlu S., Çağlar N., Aksu A., Taşkın S. Ö., Gürkan Y., Öztürk D., Adatepe F.M., (2023). Evaluation of the pollution status after the rehabilitation works and the anthropogenic pressure factors of the Golden Horn Estuary (Sea of Marmara). *J. Black Sea/Mediterranean Environment* Vol. 29, No. 1: 143-166 (2023)

## **Biyo-Jeomorfolojik Ekosistemler Olarak Türkiye'nin Kıyı Kumullarına Bitki Coğrafyası Açısından Bakış**

### *A Perspective of Plant Geography on Türkiye's Coastal Dunes as Bio-Geomorphological Ecosystems*

**Meral Avcı**

*İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Fiziki Coğrafya  
Anabilim Dalı  
(mavci@istanbul.edu.tr)*

**Öz:** Nüfus artışı, turizm faaliyetleri, spor etkinlikleri, diğer ekonomik faaliyetler ile küresel iklim değişikliği gibi birçok bileşenin yol açtığı baskılar, küresel ölçekte kumul ekosistemleri için benzeri görülmemiş tehditler oluşturmakta ve bazen kumul alanları büyük değişimlere uğramakta bazen de büyük ölçüde kaybedilmektedir. Özellikle iklim değişiminin kıyı kumul ekosistemleri üzerinde oldukça etkileyici, yaygın ve uzun süreli sonuçlara yol açacağı da tahmin edilmekte, deniz seviyesindeki yükselmelerin kıyı sıkışması ve habitat daralmalarını arttıracacağı, fırtına yoğunluğu ve sıklığının ise muhtemelen karşılaşılan en büyük zorluklar olacağı da ifade edilmektedir. Ekosistemler olarak kıyı kumulları çeşitli önemli rollere sahiptir. Deniz ve karalar arasında geçiş sahaları olan kıyı kumul alanlarının bitki örtüsü, diğer alanlardan oldukça farklıdır. Bu farkı yaratan bir yetişme ortamı olarak kumulların özellikleridir. Kıyı kumulları üzerinde, topoğrafyanın şekillenmesinde rol oynayan ve "ekosistem mühendisleri" olarak da ifade edilen kumul bitkilerinden bazıları, kumu tutma ve bağlama yeteneklerine sahip olacak şekilde uyarlanmış öncü türlerdir ve bunlar morfolojik özelliklerin gelişimine katkıda bulunur. Türkiye'de kıyı kumulları, 8333 km olan kıyıların yaklaşık % 12,2'sini oluşturur. Kıyı kumullarının büyük kısmı (yaklaşık % 41'i) Karadeniz kıyılarında yer alır. Türkiye kıyılarındaki bu kumul alanları kesintisiz uzanmazlar, parçalı bir dağılım gösterirler. Deniz kıyısından iç kesimlere doğru geniş alanlar kaplayan kıyı kumullarında çeşitli kumul bitki zonları ayırt edilebilir. Kıyı kumullarının bitki örtüsü içinde nesli tehlike altında kabul edilen türlerin de yer aldığı çok sayıda nadir ve endemik bitki taksonu yayılım alanı bulur. Bu doğal ekosistemlerin en az zararla, gelecek nesillere aktarılması önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Kumul bitkileri, psammofitler, Anadolu kıyıları, Türkiye florası, kumul şekilleri.

**Abstract:** Population growth, tourism activities, sports events, economic activities and global climate change create unprecedented pressures on coastal dune ecosystems at a global scale, leading to significant changes or even substantial losses in dune areas. Particularly, the impacts of climate change on coastal dune ecosystems are predicted to be highly influential, widespread, and long-lasting. It is also

suggested that rising sea levels will increase coastal squeeze and habitat reductions, while storm intensity and frequency will likely pose the most significant challenges. Coastal dunes play various crucial roles as ecosystems. The vegetation of coastal dune areas, which are transitional zones between the sea and land, is quite distinct from other areas due to the characteristics of the dunes as a habitat. Some of the dune plants, also known as "ecosystem engineers," play a role in shaping the topography and contribute to the development of morphological features by adapting to sand retention and binding abilities. In Türkiye, coastal dunes make up approximately 12.2% of the 8333 km-long coastline. The majority of coastal dunes (approximately 41%) are located along the Black Sea coast. These dune areas on the Turkish coasts do not extend continuously, but have a fragmented distribution. In the coastal dunes that cover extensive areas from the seashore towards the inland, various dune plant zones can be distinguished. Within the vegetation of coastal dunes, numerous rare and endemic plant taxa, including species considered endangered, have a distribution area. It is crucial to preserve these natural ecosystems for the future generations.  
*Keywords:* Dune plants, psammophytes, Anatolian coasts, Turkish flora, dune forms.

## **1. GİRİŞ**

Kıyılardaki kumul ekosistemleri başta nüfus artışı, turizm faaliyetleri, spor etkinlikleri, diğer ekonomik faaliyetler ile küresel iklim değişikliği gibi birçok bileşenin yol açtığı baskılarla, küresel ölçekte benzeri görülmemiş tehditlerle karşı karşıya kalmakta ve bazen büyük değişimlere uğramakta veya büyük ölçüde kaybedilmektedir. Özellikle iklim değişikliğinin kıyı kumul ekosistemleri üzerinde oldukça etkileyici, yaygın ve uzun süreli sonuçlara yol açacağı da tahmin edilmektedir [1].

Kıyılar aşınım ve birikim olaylarının gerçekleştiği yeryüzü şekillerinden birisidir. Yüksek ve alçak kıyı olarak ikiye ayrılabilen kıyı ekosistemlerinde, alçak kıyıların su kütlesi tarafında yer alan ve su hareketlerinin etkisi altında olan bölümüne önkıyı denir. Dalga ve akıntı enerjisinin düşük olması, önkıyıda birikimin kum boyutunda olmasını sağlar [2]. Artkıyı ise alçak kıyıların kara tarafında yer alan diğer bölümüdür ve denizel kökenli malzemenin rüzgârlarla taşınması sonucu oluşan kumul tepeleri, hareketli kumullar ile makro ve mikro kumul şekillerinin yer aldığı alandır. Artkıyıda çeşitli sazlık, bataklık ve lagüner ortamlar da gelişebilir. Artkıyıda sabit kumullar ise karasal koşulların etkisi altındadır [2].

Deniz ve karalar arasındaki ekotonları oluşturan kıyı kumulları, bitki örtüsü bakımından diğer alanlardan oldukça farklıdır. Bu farkı yaratan yetiştirme ortamı olarak kumulların özellikleridir (Avcı 2017). Kıyı kumul habitatlarında bitki besin maddeleri ve organik madde azdır. Bu sahalardaki yüksek geçirgenlik, doğrudan güneş ışığına maruz kalma, yüksek sıcaklıklar, güçlü rüzgârlar yanında, yüzeyin çoğu zaman hareketli olması bitki yetiştirme bakımından bu sahaları zor koşulların söz konusu olduğu alanlar yapar. Rüzgâr ve dalga etkisiyle yüksek oranda tuz içeren deniz suyuna maruz kalma da, bitki örtüsünün gelişimini sınırlayan önemli faktörlerden biridir. Kıyı kumulları üzerinde, topoğrafyanın şekillenmesinde rol



oynayan ve ekosistem mühendisleri olarak da ifade edilen bazı kumul bitkileri, kumu tutma ve bağlama yeteneklerine sahip olacak şekilde uyarlanmış öncü türlerdir. Bu türler kıyı kumullarının şekillenmesinde önemli role sahiptir [3].

Sürdürülebilirliğin üç temel bileşeninden (sosyal, ekonomik ve çevresel) birisi olan ve çevresel konuları kapsayan çevrenin sürdürülebilirliği, büyük ölçüde doğal kaynakların kullanımının en az zararlı gelecek nesillere aktarımı şeklinde açıklanabilir. Kıyı kumullarının bitki örtüsü içinde nesli tehlike altında kabul edilen türlerin de yer aldığı çok sayıda nadir ve endemik bitki taksonu yayılış alanı bulur. Bu doğal ekosistemlerin en az zararlı, gelecek nesillere aktarılması önemlidir [4]. Bu çalışmada Türkiye kıyılarındaki kumul sahaları, hem kumulların bitki yetişmesi bakımından özellikleri hem de bitki örtüsünün kumullar bakımından önemi açısından değerlendirilmiştir.

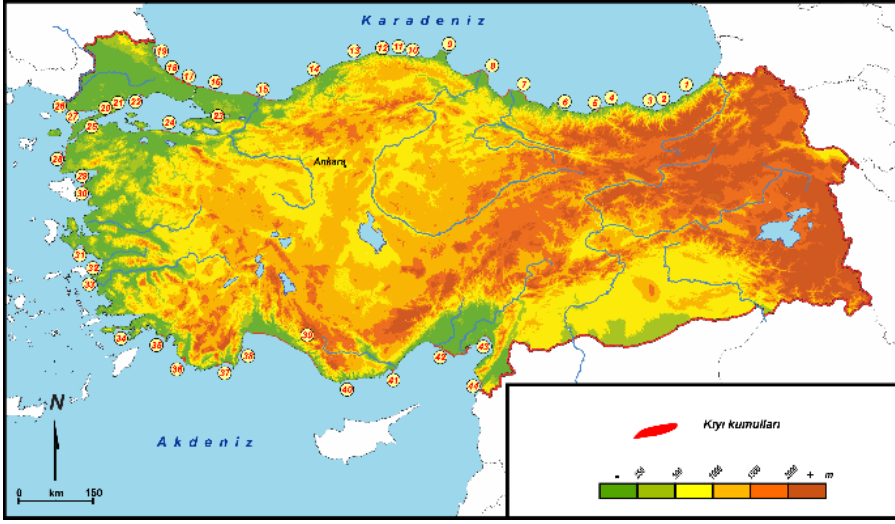
## **2. YÖNTEM**

Türkiye kıyılarındaki kumul alanlarının dağılışı için, ArcGIS 10.6 kullanılarak, ESRI tarafından sağlanan uydu görüntüsü üzerinde Türkiye'deki kıyı kumullarının 2 km'den daha uzun olanları belirlenmiştir. Bu kumullar üzerinde yayılış gösteren bitki örtüsü ile ilgili bilgilerin büyük kısmı arazi çalışmalarımızın sonuçlarına dayanmakla birlikte, titiz bir literatür çalışması da yapılmıştır.

## **3. BULGULAR**

Türkiye'de 8333 km olan kıyıların yaklaşık % 12,2'sini (1017 km) kıyı kumulları oluşturmaktadır. Türkiye'nin kuzeyinde Karadeniz kıyılarında yer alan kumulların uzunluğu 422 km'dir. Güneyde Akdeniz kıyılarında yer alan kumulların uzunluğu ise 390 km'dir. Geriye kalan kumullar ise Ege (123 km) ve Marmara denizi (82 km) kıyılarında yer almaktadır [5, Şekil 1].

İçlerinde çok sayıda endemik ve nadir bitki taksonunu barındıran Karadeniz kıyılarındaki kumullar batıda İğneada kumulları ile başlar, doğuya doğru Terkos-Kasatura kumulları ve Kilyos-Ağaçlı kumulları ile devam eder. İstanbul boğazının doğusuna geçildiğinde Şile-Sahilköy kumul alanı, daha doğuda Kefken-Melen arasındaki kıyı kumulu (Karasu kumulları olarak da bilinen Melen-Ağaçlı-Karasu-Kefken kumulları) ile devam eder. Filyos çayının denize döküldüğü alanda Filyos kumulları ise yakın zamanda liman yapımı nedeniyle büyük değişim geçirmiştir. Doğuya doğru Cide kumulları, İnebolu kumulları, Abana kumulları, Çatalzeytin kumulları ve Sinop-Dibekliköy kumul alanıyla Batı Karadeniz bölümündeki yayılışları tamamlanır. Orta Karadeniz Bölümü kıyılarında 3 önemli kumul alanı, Kızılırmak ve Yeşilirmak deltaları ile Gündoğdu kumullarıdır. Doğu Karadeniz bölümü kıyılarındaki başlıca kumullar ise Görele-Tirebolu-Espiye, Denizli-Eynesil, Araklı, Eskipazar-Of ve Ardeşen-Pazar kumullarıdır. Marmara denizinin kuzey kıyılarında Şarköy, Mürefte-Hoşköy ve Marmara Ereğlisi batısındaki kumul alanları yer alır. Marmara denizinin güney kıyılarındaki en önemli kumul alanı, Türkiye'de başka hiçbir kumul alanında rastlanmayan bazı bitkileri içinde barındıran Aşağı Kocasu kumullarıdır [6, 7].



Şekil 1. Türkiye'nin kıyı kumullarının yayılışı.

Ege denizinin kuzeyinde Saroz kıyı kumulları ile Meriç deltası kıyı kumulları bitki örtüsü bakımından dikkat çekicidir. Biga yarımadasının batısında Kumkale-Babakale kumulları, daha güneyde Burhaniye kumulları, Ayvalık güneyindeki kumullar ile Ege kıyılarındaki kıyı kumullarının parçalı yayılışı devam eder. Urla yarımadası güneyindeki alanı, Seferihisar güneyindeki kıyı kumulları oluşturur. Büyük Menderes kumulları güneye doğru Datça körfezi kumulları, Dalaman ovası güneyindeki kumullar, Patara kumulları, Finike körfezi kumulları ile devam eder. Akdeniz kıyılarındaki Antalya körfezinin her iki yanında ortaya çıkan kumullardan batıda kalanı Kemer kumulları, doğuda kalanı aynı zamanda Özel Çevre Koruma Bölgesi olan Antalya-Gazipaşa kumullarıdır. Taşeli platosunun güneyinde ise Anamur kumulları yer alır. Göksu nehri ağzında Göksu deltası kumulları, Seyhan ve Ceyhan deltalarındaki kıyı kumulları floristik bakımdan önemlidir. Dört Yol batısındaki kumullar ile bu alanın güneyinde Samandağ kumulları Türkiye'nin Akdeniz kıyılarındaki son kıyı kumullarıdır [6].

Kıyılarda denize en yakın alanlar, bitkiler için yüksek stresin söz konusu olduğu yerlerdir. Bu kuşakta yüksek sıcaklık, güçlü rüzgârlar ve tuz serpintisinin fazlalığı yanında ve bitki besin maddelerinin azlığı bu stres nedenlerinin en dikkat çekenleri arasındadır. Kuvvetli fırtınalar esnasında rüzgârın kumları hareket ettirmesiyle kuma gömülme yine denize en yakın olan kuşakta, bitkilerin yaşamını zorlaştırmaktadır. Özellikle gelgit zonunda ve önkıyılarda tuz toleransı yüksek olan bitkiler öncü rol üstlenirler. Kum tepciklerinin oluşumunda bu bitkilerin büyük önemi vardır. Kara ile deniz arasında önkıyıdaki önkumullar, kıyı habitatlarını bitkilerle tamponlar. Bu durumda topografyayı şekillendiren bir ekosistem mühendisi gibi çalışan bitkiler, hem fırtınaların yaratacağı sonuçları hem de oradaki yenilenme sürecini etkiler [8]. Özellikle kum tepciklerinin (nabkha) oluşumunda, öncü olan bitkilerin rolü önemlidir. Bunlar kumu tutan ve biriktiren türlerdir. Türkiye kıyı kumullarında

yayılış gösteren kum teresi (*Cakile maritima*), kum sarmaşığı (*Calystegia soldanella*) ve kum sütleğeni (*Euphorbia paralias*) gibi bitkiler kumu tutan öncü bitkilerdir ve organik madde bakımından da buldukları habitatlara katkı sağlayarak ikincil kolonileştirici bitkilere uygun koşullar yaratmış olurlar.

Kumul üzerinde gelişen bitkiler bu alanlara çeşitli şekillerde uyum sağlarlar. Gerçek kumul bitkilerinin büyük kısmı suya erişebilmek için çok uzun kök sistemlerine sahiptir. Bazıları odunsu gövdeler geliştirir, yapraklar küçülmüş ve kalınlaşmıştır. Bazılarında ise stomalar derine gömülmüştür. Kıyı üzerinde bitki örtüsünün gelişimi kumun içindeki rizomlardan, bitkilerin vejetatif üremelerinin ya da tohumdan yeni bitkinin ortaya çıkmasıyla gerçekleşmektedir. Kıyıda deniz etkisine en fazla açık yerlerde gelişen bitkiler kısa ömürlü bitkilerdir. Denize en yakın alanlarda bitki örtüsünün gelişmesi karaya doğru olan eski kumul alanlarına malzeme taşınımını da azaltır. Bu bitkiler varlıklarını birkaç ay ya da birkaç yıl sürdürür [9, 10]. Türkiye kumullarında soğanlı çok yıllık bir bitki olan kum zambağı (*Pancretium maritimum*), çok yıllık, rizomlu bir bitki olan hasır otu (*Cyperus capitatus*) ve Kilyos moru (*Jurinea kilaea*), çok yıllık bir tür olan bodur otu (*Cionura erecta*) ve rizomlu tür meyan (*Sophora jaubertii*) gibi bitkiler bu duruma örnektir [3, 6]. Kumullardaki bitkilerin, gelişim süreçlerinde karşılaştıkları en önemli streslerin başında kuma gömülme gelir. Kuma gömülen bitkilerin fotosentez yapma kapasiteleri azalır ve solunum hızı artar. Bu da canlılığın devam etmesine neden olan enerji eksikliğine yol açar ve dokularda bozulmalar meydana getirir. Ancak kumul bitkilerinin büyük kısmı belli seviyelerde kuma gömülmeye karşı çeşitli uyum şekilleri de geliştirmişlerdir [11].

#### 4. SONUÇ:

Türkiye'nin kıyı kumullarının bitki örtüsü, floristik bakımdan oldukça çeşitlidir. Bu kumulların 15 tanesi içlerinde 100 kadar endemik bitkiyi barındıran "önemli bitki alanı" olarak tanımlanmıştır. İstanbul'daki Şile-Sahilköy kumulları, Kilyos-Ağaçlı kumulları, Terkos-Kasatura kumulları da bunlar arasındadır. Ayrıca bu kumullarda yer alan bitkilerden bazıları Ulusal, Avrupa ve Küresel ölçekte nesli tehlike altında kabul edilen türlerdir. Türkiye'nin kıyı kumullarının floristik zenginlikleri dışında, bu bitki örtüsünün kumulların gelişimi bakımından da önemi büyüktür. Ancak kıyı kumullarının çok önemli bir kısmında beşeri faaliyetlerle büyük değişimlere yol açılmıştır. Bu değişimlerin izleri günümüze doğru artmakla birlikte çok gerilere kadar da gitmektedir. Türkiye'nin kumul alanlarında kumulların sabitlenmesi için yer yer ağaçlandırma çalışmaları yapılmış ve bu ağaçlandırmaların bir kısmında Türkiye florasına ait olmayan ağaç türleri de kullanılmıştır. Sanayi tesisleri, spor alanları, liman, mendirek, barınak gibi farklı kullanımlar, denizden kum alımı ve madencilik faaliyetleri ile istilacı türler gibi çok çeşitli nedenler, günümüzde bu alanlardaki türlerin mekânsal deseninde değişimlere yol açmaktadır. Daha başarılı toplumların ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik üzerine inşa edilerek uzun vadeli sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabildiği bilinmektedir [12]. Özellikle kıyı ekosistemleri bakış açısıyla Türkiye'nin kıyı kumullarının sürdürülebilirliği de, çevresel konular içinde değerlendirilmelidir.

## KAYNAKÇA

1. Balzan, M.V., Hassoun, A.E.R., Aroua, N., Baldy, V., Bou Dagher, M., Branquinho, C., Dutay, J.-C., El Bour, M., Médail, F., Mojtahid, M., Morán-Ordóñez, A., Roggero, P.P., Rossi Heras, S., Schatz, B., Vogiatzakis, I.N., Zaimes ve G.N., Ziveri, P. (2020). Ecosystems. In: Cramer, W., Guiot, J., Marini, K. eds, Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin-Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, 323-468, doi:10.5281/zenodo.7101090, Marseille, France.
2. Turoğlu, H. (2009). 3621 sayılı kıyı kanunu ve onun uygulama problemleri. *Türk Coğrafya Dergisi* 53: 31-40.
3. Avcı, M. (2018). Ekosistem Coğrafyası. İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi, İstanbul. ISBN: 978-605-07-0674-1.
4. Doody, J. P. (2013). Sand Dune Conservation, Management and Restoration, Springer, Dordrecht
5. Avcı, M., Avcı, S. ve Akkurt, S. (2015). Proceedings of the Twelfth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment MEDCOAST 2015, 06-10 October 2015, Varna, Bulgaria, Özhan, E. (Ed) vol.1: 397-405.
6. Avcı, M. (2017). Türkiye'nin Kıyı Kumullarında Bitki Örtüsü. In: Turoğlu, H. ve Yiğitbaşıoğlu H. eds, Yasal ve Bilimsel Boyutlarıyla Kıyı, 63-92, İstanbul.
7. Byfield, A. (2005). Kocacay Deltası. In: Özhatay, N., Byfield, A. ve Atay, S. eds, Türkiye'nin 122 Önemli Bitki Alanı, 79-80, WWF Türkiye, İstanbul.
8. Charbonneau, B.R., Dohner, S.M., Wnek, J.P., Barber, D., Zarnetske, P. ve Casper, B.B. (2021). Vegetation effects on coastal foredune initiation: Wind tunnel experiments and field validation for three dune-building plants. *Geomorphology* 378, 107594.
9. Archibold, O.W. (1995). *Ecology of World Vegetation*. Springer Science+Business Media Dordrecht.
10. Davidson-Arnott, R. (2010). *An Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*, Cambridge University Press, UK.
11. Maun, M.A (2004). Burial of plants as a selective force in sand dunes. In: Martínez, M.L. ve Psuty, N.P eds, Coastal Dunes, Ecology and Conservation. Ecological Studies Vol. 171, 119-135, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
12. Dos Santos, M., Moncada, S., Elia, A., Grillakis, M. ve Hilmi, N. (2020). Development. In: Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin- Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report [Cramer W, Guiot J, Marini K (eds.)] Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, 469-492, doi:10.5281/zenodo.7101111, Marseille, France.

## **Sürdürülebilir Şehirler ve Dirençlilik Mekanizmalarının Afet Yönetimi ile Entegrasyonu**

### *Integration of Sustainable Cities and Resilience Mechanisms with Disaster Management*

**Şafak Özsoy**

*Paksa- Metroport, Merdivenköy Mah. Yekta Sk. No:1 C Blok K:1 D:5 Göztepe,  
İstanbul*

*(safakozsoy@tulipconsultants.com)*

**Öz:** İnsan yerleşimlerin 21yy'da, şehir odağında yoğunlaşması beraberinde şehirlerin cazibe merkezlerine dönüşümünü hızlandırmaktadır. Kalkınma modellerinin sadece ekonomi odağında varlığını sürdürmeyeceği gerçeği bugün yaygın olarak kabul görmüş ve hayatın pek çok alanına geçişi sürmektedir. Kalkınmanın finansal sermaye ile, doğal, sosyal, fikri ve üretilmiş sermayeye kayışına tanıklık etmekteyiz. Şehirlerin dünyadaki ekolojik ayak izinin artması, beraberinde iklim risklerine dayalı kırılganlıkların ortaya çıkması, dekarbonizasyona geçiş ve yönetebilir dayanıklılık mekanizmalarına olan gereklilik, geleneksel yönetim modellerinin kapsayıcı ve paydaşların ihtiyaç ve beklentilerine uygun bir model çerçevesinde güncellenmesini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda sıkça duymaya bağladığımız “dayanıklılık” kavramı, iklim değişikliği ile afet yönetimi çerçevesinde sistemsel bir dönüşümün odak noktasına taşınmıştır. Dayanıklılık karmaşık, çok disiplinli ve çok boyutlu bir olgudur. Artık afet ve iklim değişikliği alanlarında giderek daha fazla kullanılacağı toplumların riskten dayanıklılığa geçişi IPCC raporlarına da yansımış durumdadır. Potansiyel entegrasyon için özellikleri ve bağlantıları belirlemek için her iki araştırma alanındaki benzerlikleri ve farklılıkları belirlemeye ayrıca ihtiyaç vardır. Şehirlerin verimliliğine ve katkısına odaklanmak, ekonomik büyümeye, dayanıklılığa ve iklim değişikliğine kentsel bir sorun olarak değil başta yoksulluk olmak üzere kentlerdeki tehditlerin yönetsel olarak çözümü yeni ve sistematik bir düşünce modeline bizi götürmektedir. Sürdürülebilir şehirlerin yönetsel süreçlerine entegre olmaya aday konumuz ise dayanıklılık mekanizmaların yönetimidir. Dayanıklılık kavramı, yoksulluk ve ekonomik kalkınma, gıda güvenliği ve açlık, sağlık, eğitim, cinsiyet, su, enerji, altyapı, sürdürülebilir şehirler ve topluluklar ve barış ve adalet gibi sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ilişkin daha geniş söylemde olumlu bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, afet riskinin azaltılması ve iklim değişikliğine uyum kapsamında dayanıklılık olgusunun kavramsallaştırılması ve operasyonel hale getirilmesi bir zorluk olmaya devam etmektedir. Öte yandan ekonomik büyümenin merkezinde inovasyon ve sosyal sermaye yer almaktadır. Sürdürülebilir şehirler odağında ekonomik sermayenin yanı sıra doğal ve sosyal sermaye ile harmanlanan yeni şehir modelleri içinde kesintisiz yaşamın sürmesi proaktif yöntemlerin risk ve fırsatlar ile ele alınması,

oluşabilecek acil durumların planlanmasını zorunlu kılmaktadır. İklim değişikliğinin yaratacağı aşırı boyutlu olayların şehir mekanizmaları içinde anlaşılacak bir yanda direncin artıracak faaliyetler yürütülürken diğer yanda olası bir acil durumun planlanması bir yönetsel süreç olarak ele alınmalıdır. Bu çalışmada dirençlilik kapsamında uygulanan kontrol listeleri genel olarak üzerinde durulacak konu olup planlama öncesinde şehirlerin dirençlilik karneleri ele alınacaktır. Bu bildiri de UNDRR tarafından geliştirilen dirençlilik karnesinin gözden geçirilmesi ve şehirlerin dirençlilik modeline uyarlanması İstanbul şehri üzerinden anlatılmaktadır. Böylelikle, Türkiye'nin pek çok ilinin cazibe merkezine 21. yy dönüşümü mümkün olup deprem ve diğer aşırı olaylara verilecek tepkinin yönetimi bu bildirinin özünü oluşturmaktadır. Anahtar Kelimeler: Afet yönetimi, dirençlilik, sürdürülebilir yönetim, sürdürülebilir şehirler, şehir dirençliliği,

**Abstract:** *Cities on the 21st are getting into the center of attraction. We are witnessing the shift of development to a model integrating with natural and social capital, where development models cannot only exist in the focus of the economy. The increase in the ecological footprint of cities in the world, the emergence of vulnerabilities based on climate risks, the transition to decarbonization and the need for manageable resilience mechanisms require the updating of traditional management models within the framework of a model that is inclusive and appropriate to the needs and expectations of stakeholders. In this context, the concept of "resilience", which we often hear, has been brought into a systemic focus within the framework of climate change and disaster management. The transition from risk to resilience of societies, where it will be increasingly used in disaster and climate change task, has now been reflected in IPCC reports. There is also a need to identify similarities and differences in both research areas to identify features and links for potential integration. Focusing on the efficiency and contribution of cities, economic growth, resilience and climate change, not as an urban problem, but the management solution of threats in cities, especially poverty, leads us to a new and systems thinking for social change. Business continuity is the basis of contingency planning, which is one of the management processes of sustainable cities. On the other hand, innovation and social capital is in the center of economic growth. Sustainable cities and sustainable management based on the natural and social capital, as well as economic capital that requires proactive methods to be handled with risks and opportunities, and planning for emergencies that may occur. cities resilience Resilience is the ability to anticipate, prepare for, and respond to hazardous events, trends, or disturbances related to climate. Improving cities resilience involves assessing the disasters and creating proper planned and systematic approaches into the disaster management UNDRR Resilience scorecards implementation processes are the main focus in this paper and it is focused on resilience as a part of the system and system approach to the cities management.*

**Keywords:** Sustainable cities, disaster management, resilience, sustainable management, cities resilience

## **İSTANBUL VE DEPREM**





## **Türkiye'de Depreme Dirençli Kentlerin Oluşturulması**

### *Construction of Earthquake-Resilient Cities in Türkiye*

**Naci Görür**

*İstanbul Teknik Üniversitesi  
(gorurna@gmail.com)*

**Öz:** Türkiye'nin çoğu şehri aktif fay zonlarında veya yakınlarında yer almaktadır. Bu, ülkedeki şehirlerin deprem felaketleri göz önünde bulundurulmadan plansız bir şekilde geliştiğini gösterebilir. Büyümelerinde, jeoloji, jeofizik, jeoteknik vb. dahil olmak üzere yer bilimleri parametrelerinin etkileri sınırlıdır. Bu nedenle, çoğu şehirde yerleşimlerin güvenliğini artırmak için kullanılan mikro-zonlama çalışmaları yoktur. Şehirlerin nüfusu arttıkça, insanlar yaşamaya uygun olmayan alanlara, vadilere, yamaçlara ve kıyılara taşınmaya başlar; burada depremler, sel felaketleri, toprak kaymaları, sıvılaşma vb. doğal afetler sırasında büyük zararlar görebilirler. Ülkemizde ne yazık ki, imar yasası etkin bir şekilde uygulanmamaktadır. Sonuç olarak, çok sayıda bina, imar planına, belediye planına ve konut veya imar yönetmeliğine uygun olarak inşa edilememektedir. Bu nedenle, yerleşimler depreme dayanıklı olmaksızın gecekondular gibi büyümektedir. Bu yüzden Türkiye'de bir yerleşimin büyümesi, nadiren bir iyileşme ama kalabalık, kaos ve zor yaşam koşullarını göstermektedir.

Deprem bölgelerindeki şehirler, mikro-zonlama verileri temelinde yönetilerek depreme dayanıklı şehirlere dönüştürülebilir. Bir şehir depreme maruz kaldığında, yönetim, insanlar, altyapı, bina stoğu, ekosistem ve çevre ve ekonomi olmak üzere altı ana bileşene sahiptir. Tüm bu parametreler depremler sırasında zarar görür ve şehir için felaketlere yol açar. Eğer bu bileşenler, deprem şehri olmadan önce rehabilite edilirse, yerleşim depreme dayanıklı hale gelebilir. Bu çalışma, bu bileşenlerin depremler için nasıl hazırlanacağıyla ilgili detayları ele almaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem, mikro-zonlama, kentsel planlama

**Abstract:** Most of the cities in Türkiye are located in or near active fault zones. This may indicate that cities in this country developed without consideration of earthquake disasters. In their development periods, effects of earth science parameters, including those of geology, geophysics, geotechnics, etc. are limited. Therefore, most of the cities do not have micro-zoning studies that are used in the safety enhancement of the settlements. As the population of cities increase, people start to move into areas unsuitable for habitation, including valleys, slopes and shorelines where they may face great damages during natural disasters due to earthquakes, floods, mass movements, liquefaction, etc. In our country, unfortunately, micro-zoning is not effectively applied. As a result, great amount of buildings cannot be constructed according to the zoning and, municipal plans and housing or zoning ordinance. Therefore, settlements grow like slums without

earthquake resilience. So that growth of a settlement in Türkiye hardly indicate an improvement, but crowd, chaos and difficult living conditions.

Cities in earthquake zones may be converted to earthquake resistant cities by governing them on the basis of micro-zoning data. A city which is subjected to an earthquake, has six main components, such as administration, people, infrastructure, building stock, ecosystem and environment and economy. All these parameters are damaged during earthquakes and cause disasters for the city. If each of these components are rehabilitated before the earthquake stroke the city, the settlement may become earthquake resistant. This study deals with the details of the preparation of these components for the earthquakes.

*Key Words:* Earthquake, micro-zoning, urban planning

# **Trakya Havzasındaki Doğalgaz Üretimi Sebebiyle Meydana Gelen Geniş Çaplı Zemin Deformasyonunun Kuzey Anadolu Fayı Üzerindeki Etkisi**

## *Land Subsidence due to Natural Gas Extraction in the Thrace Basin and its Influence on the North Anatolian Fault*

**Tohid Nozadkhalil<sup>a</sup>, Ziyadin Çakır<sup>a</sup>, Semih Ergintav<sup>b</sup>, Uğur Doğan<sup>c</sup>, Thomas R. Walter<sup>d</sup>**

<sup>a</sup> *Maden Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*

<sup>b</sup> *Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*

<sup>c</sup> *İnşaat Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*

<sup>d</sup> *Geophysics, Helmholtz Centre Potsdam - GFZ, Potsdam, Germany*  
(nozadkhalil18@itu.edu.tr)

**Abstract:** We map surface deformation in the Thrace region using the Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar (SAR) data. Interferometric SAR (InSAR) time series analysis of the SAR TOPSAR data acquired between 2014 and 2020 on ascending and descending orbits reveals a large-scale subsidence with rates reaching up to  $10 \pm 1.5$  mm/yr. We relate this deformation to natural gas reservoir operations, such as gas exploitation and extraction activities that have been taking place in the region for decades, an inference being supported by the strong correlation between the InSAR time series and the variation in natural gas production during the same time period in the Thrace region reported by the Energy Market Regulation Authority of Türkiye (EPDK). Assuming that the observed subsidence is caused by compaction of sediments in the natural gas reservoirs, we construct a triangulated surface enveloping roughly at the bottom of the gas extraction wells and use it to invert the amount of negative opening (volume loss) on triangular elements that are assumed to be buried in an elastic and homogeneous medium. Coulomb stress changes caused by this volume change on the North Anatolian Fault at the Sea of Marmara is found to be insignificant ( $<10^{-5}$  Mega-Pascal) to perturb the state of the stress around the Marmara seismic gap. Yet, the large-scale subsidence revealed in this study needs to be taken into consideration when assessing hazards for the infrastructures, settlements, and other engineering structures, particularly in case of a large earthquake in the Marmara Seismic Gap.

**Key Words:** InSAR, Subsidence, Natural Gas Production, Coulomb Stress, North Anatolian Fault

**Öz:** Trakya bölgesindeki yüzey deformasyonunu haritalamak amacıyla Sentinel-1 uydularının 2014-2020 yılları arasındaki iniş ve çıkış yörüngelerindeki TOPS verileri kullanıldı. Zaman serisi analizi, yılda  $10 \pm 1,5$  milimetreye varan büyük ölçekli bir oturma hareketini (~110x60 km) ortaya koymaktadır. InSAR zaman serileri ile doğalgaz üretimindeki arasındaki yüksek korelasyon bu deformasyonun bölgede yıllardır devam eden doğal gaz arama ve çıkarma faaliyetleri ile ilişkili olduğuna işaret etmektedir. Trakya bölgesinde doğalgaz üretimi Türkiye Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından raporlanmıştır. Gözlenen çökmenin doğal gaz rezervuarlarındaki sedimanların sıkışmasından kaynaklandığını varsayarak, gaz çıkarma kuyularının tabanını kaplayan bir yüzey oluşturuldu. Bu yüzey elastik ve homojen bir ortamda üçgen elemanlar ile tanımlandı. Bu elemanlar üzerindeki negatif açılma miktarı (hacim kaybı) ters çözüm yöntemiyle bulundu. Bu sıkışmanın Marmara denizi içerisinde yer alan Kuzey Anadolu Fayı (KAF) üzerinde olası etkisini hesap etmek için Coulomb gerilme modellemesi gerçekleştirildi. Bu hacim kaybından kaynaklanan Coulomb gerilme değişikliklerinin, Marmara sismik boşluğu etrafındaki gerilme durumunu etkilemek için önemsiz büyüklükte ( $<10^{-5}$  Mega-Pascal) olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, özellikle Marmara Sismik Boşluğunda büyük bir deprem olması durumunda, altyapı, yerleşim yerleri ve diğer yapıları için tehlikeler değerlendirilirken bu çalışmada ortaya çıkan büyük ölçekli çökme hareketinin dikkate alınması gerekmektedir.

*Anahtar Kelimeler:* InSAR, Çökme, doğalgaz üretimi, Coulomb Stres, Marmara denizi, Kuzey Anadolu Fayı

## **1. INTRODUCTION**

Subsidence and induced seismicity due to excessive groundwater pumping, geothermal operations, and the development of hydrocarbon extraction methods have recently attracted considerable attention all over the world. Following the free access policy of the European Commission for the Sentinel-1 SAR data available since 2014, InSAR has been extensively used to study these phenomena. Subsidence can also be triggered by groundwater extraction both in agricultural and residential areas resulting in infrastructure and building damages. Subsidence in various cities such as; Tehran and Yazd in Iran; Mexico City in Mexico; Bursa and Konya in Türkiye; and Taiyuan basin in North China has been revealed using InSAR [1]–[6].

Any earth's surface and subsurface activity that affects the stress field in its vicinity significantly may trigger or accelerate potential future hazardous events particularly in regions with high seismic risk. In this study, we use the advanced InSAR technique to map the surface motions in the eastern Thrace basin (NW Türkiye) where natural gas reservoir processes and extraction have been carried out with tens of wells for decades from various formations at different depths. We also model the mean InSAR velocity maps using elastic dislocations and calculate the Coulomb stress variation on CMF caused by volume loss due to natural gas extraction.

## **2. MAPPING SURFACE DEFORMATION USING INSAR**

To map the surface deformation in the Trace basin, we process the C-band (~5,8 cm wavelength) TOPSAR dataset of the Sentinel-1 satellites between 2014 and 2020. Interferograms are generated with the GMTSAR software, an open-source InSAR processing tool designed for users of Generic Mapping Tools (GMT) [7]. More than 800 Interferograms on both ascending (T131) and descending (T36) orbits are used for time series calculations. Timeseries of interferograms are obtained using the StaMPS (Stanford Method for Persistent Scatterers) multitemporal InSAR software [8], [9].

## **3. DISLOCATION MODEL**

Assuming that the observed subsidence is due to the compaction of sediments as a result of natural gas extraction, we model the mean LOS velocity field using volume loss in elastic and homogeneous half-space. We constructed a triangulated surface at a depth of 2 km that is the average depth of extraction wells [10], [11] in the study area (unfortunately, information about the depths of most wells is not available). Volume loss in sediments is modeled with a negative opening on triangular elements using the Poly3dinv inversion software, a three-dimensional slip-inversion method on triangular elements [12]. This method is based on the analytical solution for an angular dislocation in a linear-elastic, homogeneous, isotropic, half-space. Poly3dinv employs the Poly3D [13] that uses a set of planar triangular elements of constant displacement discontinuity to model deformation surfaces.

## **4. COULOMB STRESS MODEL**

We calculate Coulomb stress changes to determine the influence of subsidence caused by gas extraction on the state of stress on the NAF in the Marmara Sea. To avoid numerical artifacts and structural imperfections, we employed the compound dislocation model (CDM) which is an artifact-free solution to calculate stress field and deformation associated with rectangular dislocations with full rotational degrees of freedom in an elastic full space and half-space [14]. For this purpose, we gridded triangular elements using flexible tension continuous curvature splines and divided them into small rectangular cells, and assume that they are point sources. The point CDM (pCDM) is dimensionless and represents volumetric changes due to expansion or contraction in all directions in space. We calculate the pCDM from the potency and aspect ratios regardless of the shape of the deformation sources. The potency is the product of area and slip (opening value in tensile). The product of opening by area is equal to the potency of point sources in the horizontal plane.

## **5. DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS**

Mapping surface motions using PS-InSAR for both ascending and descending orbits reveals widespread subsidence with an elongated elliptical pattern in the Thrace basin, northwestern Türkiye. Decomposition of mean LOS velocities to vertical and horizontal components indicates a maximum of  $10 \pm 1.5$  mm/yr of subsidence. This gives rise to a total deformation up to  $50 \pm 10$  mm between 2014–2020. The observed subsidence may partially be resulted from excessive groundwater extraction. However, because of (1) the subsiding region being located within an active natural gas field, and (2) the similarities between spatial pattern of subsidence and the Hamitabat formation from which gas extraction has been carried out suggest that this vertical motion occurs most probably due to the natural gas extraction. This is also supported by the strong correlation between the gas production rate and InSAR time series.

Assuming that the observed subsidence results mainly from volume loss due to sediment compaction, we model the surface deformation using negative opening on triangular elements in an elastic half space. Using such this model we evaluate  $\sim 15.5 \pm 0.1$  million m<sup>3</sup>/yr volume loss in sediments as the result of subsidence in the Thrace basin. We then calculate Coulomb stress changes on the Central Marmara Fault segment of the North Anatolian Fault. The Coulomb Stress variation on CMF due to subsidence is found to be negligible as it is on the order of  $10^{-5}$  Mega-Pascal. However, the effect of this subsidence on industrial and residential buildings and infrastructure cannot be ignored for long time periods.

Catalogues of Kandilli Observatory and AFAD do not show much seismic activity associated with natural gas production, which is most probably due to the poor instrumental coverage in the region.

Furthermore, InSAR results reveal a clear signal of interseismic strain accumulation along the Ganos fault and  $\sim 10 \pm 2$  mm/yr dextral sense of motion between the Eurasian and Anatolian plates. Analysis of InSAR data shows that the present-day kinematics of western Anatolia has no significant effects on the Thrace basin.

## REFERENCES

1. Castellazzi, P., Arroyo-Domínguez, N., Martel, R., Calderhead, A., Normand, J., Gárfias, J., Rivera, A., (2016). Land subsidence in major cities of Central Mexico: Interpreting insar-derived land subsidence mapping with hydrogeological data, *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, vol. 47, pp. 102–111, doi: 10.1016/j.jag.2015.12.002.
2. Aslan, G., Fomelis, M., Raucoules, D., De Michele, M., Bernardie, S., Cakir, Z., (2020) Landslide mapping and monitoring using persistent scatterer interferometry (psi) technique in the french alps, *Remote Sens.*, vol. 12, no. 8, p. 1305, doi: 10.3390/rs12081305.
3. Haghshenas Haghghi, M. Motagh, M., (2021) Land subsidence hazard in iran revealed by country-scale analysis of sentinel-1 insar, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. XLIII-B3-2021, pp. 155–161, doi: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2021-155-2021.
4. Motagh, M., Hoffmann, J., Kampes, B., Baes, M., Zschau, J., (2007), Strain accumulation across the Gazikoy-Saros segment of the North Anatolian Fault inferred from Persistent Scatterer Interferometry and GPS measurements,” *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 255, no. 3–4, pp. 432–444, 2007, doi: 10.1016/j.epsl.2007.01.003.
5. Şireci, N., Aslan, G., Çakir, Z., (2021) Long-term spatiotemporal evolution of land subsidence in Konya metropolitan area (Turkey) based on multisensor SAR data, *Turkish J. Earth Sci.*, vol. 30, no. 5, pp. 681–697, doi: 10.3906/yer-2104-22.
6. Tang, W., Zhao X., Motagh M., Bi G., Li J., Chen M., Chen H., Liao., (2021), Land subsidence and rebound in the Taiyuan basin, northern China, in the context of inter-basin water transfer and groundwater management, *Remote Sens. Environ.*, vol. 269, p. 112792, doi: 10.1016/j.rse.2021.112792.
7. Sandwell, D., Mellors, X., Tong, Wei, M., Wessel, P., (2011), Open radar interferometry software for mapping surface Deformation, *Eos, Trans. Am. Geophys. Union*, vol. 92, no. 28, pp. 234–234, doi: 10.1029/2011EO280002.
8. Hooper, A., Zebker, H., Segall, A., Kampes, B., (2004), A new method for measuring deformation on volcanoes and other natural terrains using InSAR persistent scatterers, *Geophys. Res. Lett.*, vol. 31, no. 23, Dec. 2004, doi: 10.1029/2004GL021737.
9. Hooper, A., (2008), A multi-temporal InSAR method incorporating both persistent scatterer and small baseline approaches, *Geophys. Res. Lett.*, vol. 35, no. 16, p. L16302, doi: 10.1029/2008GL034654.
10. Gürgey, A., Philp, R. P., Clayton, C., Emiroğlu, H., Siyako, M., (2005) Geochemical and isotopic approach to maturity/source/mixing estimations for natural gas and associated condensates in the Thrace Basin, NW Turkey,” *Appl. Geochemistry*, vol. 20, no. 11, pp. 2017–2037, doi: 10.1016/j.apgeochem.2005.07.012.
11. Yilmaz, K., Umul, B., Davis, J., Nilson, G., (2016) Tight gas development

- in the Mezardere Formation, Thrace Basin Turkey,” *J. Nat. Gas Sci. Eng.*, vol. 33, pp. 551–561, doi: 10.1016/j.jngse.2016.05.049.
12. Maerten, F., (2005), Inverting for slip on three-dimensional fault surfaces using angular dislocations, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, vol. 95, no. 5, pp. 1654–1665, doi: 10.1785/0120030181.
  13. Thomas, A.L., (1993), *Poly3D: A Three-Dimensional, Polygonal Element, Displacement Discontinuity Boundary Element Computer Program with Applications to Fractures, Faults, and Cavities in the Earth's Crust*,” Stanford University, Stanford, California.
  14. Nikkhoo, M., Walter, T.R., Lundgren, P.R., Prats-Iraola, P., (2017), Compound dislocation models (CDMs) for volcano deformation analyses,” *Geophys. J. Int.*, vol. 208, no. 2, pp. 877–894, doi: 10.1093/gji/ggw427.



## **İstanbul'da Meydana Gelen YüzeY Deformasyonlarının InSAR Yöntemiyle Takibi**

### *Monitoring Surface Deformations in Istanbul Using Insar*

**Ziyadin Çakır<sup>a</sup>, Semih Ergintav<sup>b</sup>, Uğur Doğan<sup>c</sup>, Tarık Talay<sup>d</sup>, Evrim Yavuz<sup>d</sup>, Özlem Yıldız Yüksekol<sup>d</sup>, Naci Görür<sup>e</sup>**

<sup>a</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Müh. Böl.*

<sup>b</sup>*Boğaziçi Üniversitesi, Jeodezi Müh. Böl.*

<sup>c</sup>*Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Müh. Böl.*

<sup>d</sup>*İstanbul Büyükşehir Belediyesi Belediyesi, Deprem ve Zemin İnceleme Müd.  
(ziyadin.cakir@itu.edu.tr)*

**Öz:** Bu çalışmada Avrupa Uzay Kurumu (ESA)'ya ait Sentinel-1 SAR verileri kullanarak İstanbul il sınırları içinde meydana gelen deformasyonlar çalışılmıştır. 2019-2023 yılları arasındaki Sentinel görüntülerinin InSAR zaman serisi analizleri bazı baraj gövdelerinde, bazı metro inşaat hatları boyunca, deniz dolgu alanlarında, dere yatakları boyunca kritik alt ve üst yapılara zarar verebilecek ölçekte yüzeY deformasyonların varlığını ortaya koymaktadır. Yerleşim alanlarını etkileyen en önemli yüzeY deformasyonları Avrupa yakası Marmara Denizi sahil kesimleri boyunca gözlenmektedir. Beklenen İstanbul depreminde InSAR ile ortaya çıkartılan duraysız zeminlerin özellikle büyük ölçekte yüzeY kaymaların gözlendiği yerleşim alanlarında ciddi boyutlarda hasarın oluşacağı öngörülmektedir.

*Anahtar kelimeler:* InSAR, Sentinel, İstanbul

**Abstract:** In this study, surface deformations in the Istanbul metropolitan region are studied using ESA's Sentinel-1 SAR data. Time series analysis of the data between 2019 and 2023 shows deformations along some subway lines under construction, dams, land reclamation regions and stream courses that may affect critical infrastructures. Large area surface movements are observed along the coast lines on the European side of Istanbul. Unstable regions detected by InSAR are most vulnerable regions to seismic risk, particularly during an earthquake expected to hit Istanbul.

*Key Words:* InSAR, Sentinel, Istanbul

## **1.GİRİŞ**

Tüm dünyada, özellikle gelişmemiş ve Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde son elli yılda kentlerin çok hızlı büyümesi sağlık, güvenlik, trafik, çevre kirliliği gibi birçok sorunu da beraberinde getirmiştir. Bunlardan en önemlisi çarpık ve kontrolsüz yapılaşmadır. Bu durum özellikle yakın bir gelecekte olması beklenen büyük İstanbul depreminde can ve mal kayıplarına sebep olacak olan faktörlerin en başında gelmektedir. Doğal afetler, çevre, jeoloji ve bu gibi nedenlerle yerleşime uygun olmayan alanların izinli veya izinsiz ve de kontrolsüz olarak bir şekilde yerleşime açılmış durumdadır. Bu durum yerel yetkilileri bu tür bölgelere su, kanalizasyon, elektrik gibi alt yapı hizmetleri götürmeye mecbur etmiştir. Sel ve heyelan gibi doğal afetler hem alt yapı hem de üst yapılarda ciddi zararlara ve can kayıplarına neden olmaktadır. Doğal afetlerin yanı sıra ciddi hiçbir mühendislik hizmeti olmaksızın yapılan dayanıksız yapıların son zamanlarda kendi kendine yıkılmasıyla ciddi insan kayıpları meydana gelmiştir. Benzer şekilde yumuşak zeminlere uygun olarak yapılmayan birçok bina oturmalarına maruz kalmakta ve duraylılık kaybına uğramaktadır. Yamaç ve zeminlerde meydana gelen deformasyonlar GPS, Nivalman, mesafe-ve-açı ölçer (total station) ve benzeri yersel harita ölçme teknikleriyle ortaya çıkartılabilmektedir. Ancak bu tür ölçmeler alansal değil nokta bazlı ölçmelerdir. Nokta sayısının artırılması ise hem insan gücünün hem de ölçüm zamanının artırılması ve dolayısıyla maliyet artışı demektir. Deformasyon ölçüm ve takibinde çok daha efektif, ucuz ve hızlı sonuçlar veren uydu bazlı ölçme tekniklerinin başında son 15-20 yılda gelişen Yapay Açıklıklı Radar interferometrisi (InSAR) tekniği gelmektedir. Bu yöntem ile deformasyonlar çok geniş alanlarda çok hassas (cm altı) bir şekilde ölçülebilmektedir. Bu çalışmada Sentinel SAR uydu verileri kullanılarak İstanbul'da meydana gelen deformasyonlar haritalanmıştır.

## **2.YÖNTEM**

Bu çalışmada Avrupa Uzay Kurumu ESA'ya ait Sentinel uydusu tarafından elde edilen 5,6 cm dalga boyuna sahip, yani C bandındaki sentetik açıklıklı radar (SAR) görüntüleri ve SAR interferometrisi (InSAR) tekniği kullanılmaktadır. Avrupa Uzay Kurumu, ESA'nın Copernicus programıyla 2014 ve 2016 yıllarında uzaya gönderilen Sentinel 1A ve 1B uydularının sık tekrarlanan ve geniş alanları kapsayan SAR görüntülerinden faydalanılarak büyük çapta bölgesel incelemeler yapılabilmektedir. Tek bir görüntü çiftini kullanan konvansiyonel InSAR tekniğinden sonra, yakın zamanda Multi Temporal InSAR (MT-InSAR) yöntemleri geliştirilmiştir. Farklı zamanlarda alınmış SAR verilerinden zaman serisi analizi yapılmasına dayanan bu tekniklerle, atmosferik ve sayısal arazi modellerinden kaynaklanan hatalar başarıyla filtrelenebilmekte ve radar bakışı yönünde mm mertebesinde gelişen yüzey hareketleri dahi belirlenebilmektedir. MT-InSAR yöntemlerinden bir tanesi sabit yansıtıcılara dayalı InSAR yani Permanent Scatterers InSAR (PS-InSAR), diğeri ise Small Baseline Subset (SBAS) tekniğidir [1]. Bu gelişmiş InSAR tekniklerindeki temel amaç, uydu verisinin alındığı her bir zaman diliminde, sürekli yüksek yansıma özelliği gösteren noktaların (permanent scatterer:

PS) tespit edilmesi ve bu noktalardan gelen sinyallerin zamansal analizini yaparak cm altındaki yer hareketlerinin izlenebilmesidir. Temel olarak MT-InSAR analizinde, SAR verisine ait genlik ve faz bilgisi üzerinde uygun filtreleme teknikleri ile saptanan koheransı yüksek PS'lerin faz değerlerinin zamansal değişimi analiz edilir. Bu çalışmada İstanbul bölgesindeki deformasyonlar StaMPS [2] yazılımı kullanılarak MT-InSAR tekniği ile haritalanmıştır. Topoğrafya düzeltilmesi için SRTM-30 verisi, atmosfer düzeltilmesi için ERA verileri kullanılmıştır.

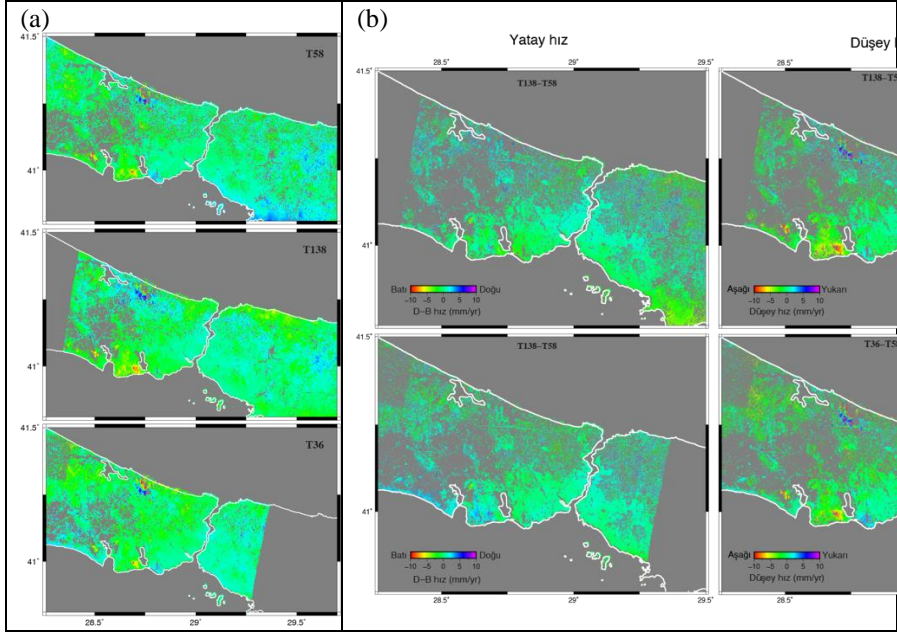
Bu çalışmada alçalan yörüngedeki T36 ve T138 ve yükselen yörüngedeki T58 çerçevelerinde Haziran 2019– Ekim 2022 tarihleri arasında çekilen görüntüler işlenmiş ve analizi yapılmıştır. T58 çerçevesinde 171, T36 çerçevesinde 165, T138 çerçevesinde ise toplamda 171 görüntü işlenmiştir (Şekil 1).

### **3.InSAR LOS HIZ ALANLARI**

Haziran 2019 – Mayıs 2023 tarihleri arasında her üç çerçevede elde edilen Sentinel görüntülerinden Hooper (2008) tarafından tanımlanan MT-InSAR yöntemi kullanılarak elde edilen radar bakış yönündeki (LOS) hızlar Şekil 1a'de gösterilmektedir. Sıcak renkler (sarı-turuncu-kırmızı) radardan uzaklaşan, soğuk renkler (turkuaz-mavi) radara yaklaşan bölgeleri göstermektedir. Yeşil renkler deformasyonun olmadığı yerleri göstermektedir. Verinin olmadığı yerler görüntü tarihlerini kapsayan zaman diliminde çok fazla miktarda değişime uğramış yerlerdir. Bunlar genel olarak tarım alanları, yoğun bitki örtüsüne sahip alanlar, gözlem dönemi içinde inşaat yapılan veya yıkıma uğrayan alanlar, aşırı miktarda erozyona, yer değiştirmeye veya heyelana uğramış alanlardır. Elde edilen hız alanlarında benzer sinyal veren alanlar genel olarak Küçükçekmece ve Büyükçekmece bölgelerinde olmakla birlikte LOS yönünde radardan uzaklaşma ve yakınlaşma gösteren birçok yer bulunmaktadır. InSAR sonuçlarında en az iki farklı çerçevede de gözlenen anomaliler güvenilir olup yüzey deformasyonlarına işaret eder. Tek bir çerçevede gözlenen bir sinyal büyük olasılıkla giderilememiş atmosferik kalıntı olup dikkatli yorumlanmalıdır. Bunun için Haziran 2019 - Mayıs 2023 dönemini kapsayan yükselen ve alçalan yörüngelerdeki hız alanları ayrıştırılarak (decomposition) yatay ve düşey yöndeki hız alanları elde edilmiştir (Şekil 1b). Bunun için T36-T58 ve T138-T58 kombinasyonları kullanılmıştır. Atmosferik kalıntılar, yörünge hataları ve de levha hareketlerinden kaynaklanan bileşenlerden dolayı düşey yönde deformasyonun olmadığı bölgelerdeki yatay yöndeki değişimlerin göz ardı edilmesi gerekmektedir.

InSAR sadece uydunun bakışı yönündeki değişimleri görebilmektedir. Bu değişimler ilk görüntüye göre sinyalin radara erken veya geç gelmesiyle yerden radara doğru yaklaşma veya uzaklaşma olarak algılanabilir. Radarın gidiş yönünde hareket eden noktalarda bir gecikme veya erken gelme olmayacağı için InSAR gidiş yönündeki hareketlere kördür. Dolayısıyla radar uyduları kutupsal yörüngeye sahip oldukları için, uyduları bazlı InSAR yaklaşık Kuzey-Güney yöndeki yatay hareketleri göremez. İniş ve çıkış yörüngelerinden elde edilen LOS hızları Şekil 1b'de gösterildiği gibi yatay (doğu-batı) ve düşey bileşenlerine ayrıştırılabilir [3].

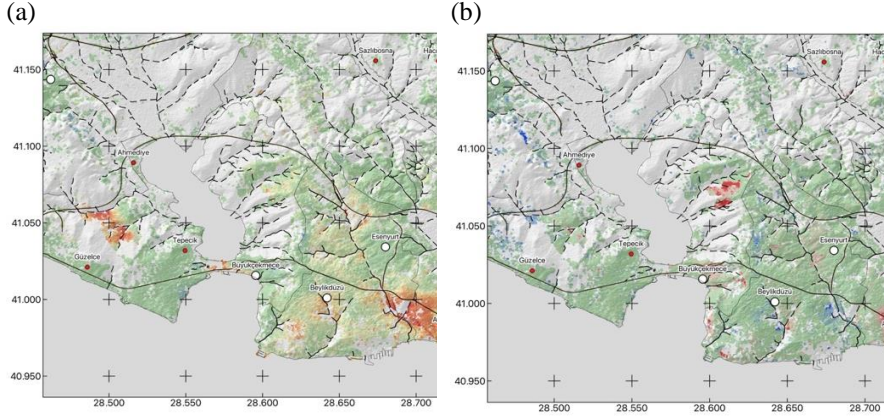
Düsey deformasyon haritasına bakıldığında çökme gösteren alanların genel olarak daha önceki raporlarda da belirlendiği üzere Büyükçekmece ve Küçükçekmece gölleri arasında kalan alanda yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 1, 2).



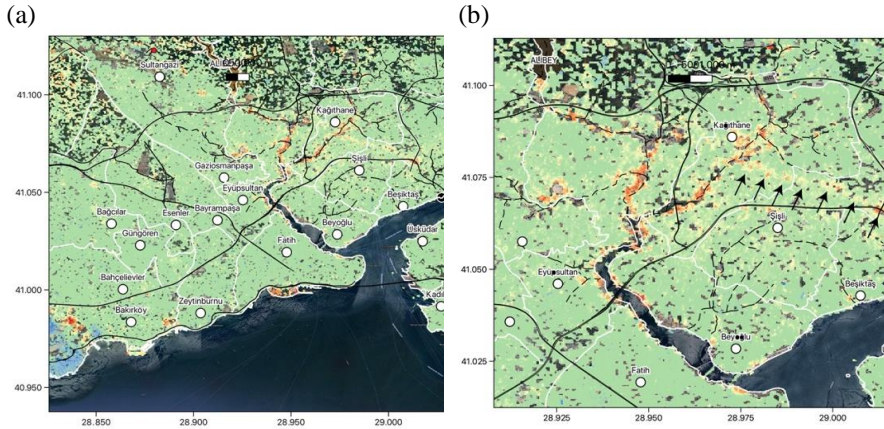
Şekil 1. T36, T58 ve T138 çerçevelerinde Haziran 2019 - Mayıs 2023 dönemi LOS hız alanları (a) ve bunlardan elde edilen yatay ve düşey bileşenler (b).

#### 4.SONUÇLAR

2019-2023 yılları arasındaki Sentinel görüntülerinin InSAR zaman serisi analizleri bazı baraj gövdelerinde, bazı metro inşaat hatları boyunca, deniz dolgu alanlarında, dere yatakları boyunca İSKİ ve İGDAŞ'a ait kritik altyapılara zarar verebilecek ölçekte yüzey deformasyonların varlığını ortaya koymaktadır (Şekil 3). Yerleşim alanlarını etkileyen en önemli yüzey deformasyonları Avrupa yakası Marmara Denizi sahil kesimleri boyunca gözlenmektedir. Beklenen İstanbul depreminde InSAR ile ortaya çıkartılan duraysız zeminlerin özellikle büyük ölçekte yüzey kaymalarını gözlemediği yerleşim alanlarında ciddi boyutlarda hasarın oluşacağı öngörülmektedir.



**Şekil 2.** Avcılar ve civarında gelişen düşey (a) ve yatay (b) hız alanları. Yeşil renkli alanlar duraylı zeminleri gösterirken, diğer renkler zemin duraysızlığı yaşanan alanları göstermektedir. Sarı-kırmızı renkler aşağı yönlü düşey ve batı yönlü yatay hareketlerinin, mavi renkler ise yukarı yönlü düşey ve batı yönlü yatay hareketlerin olduğu bölgeleri göstermektedir. Mavi elipsler geniş alanlara yayılan heyelanların olduğu bölgeleri göstermektedir.



**Şekil 3.** Boğaza yakın alanlarda ve Haliç civarında meydana gelen zemin deformasyonları (a) ve Gayrettepe-Kağıthane metro hattı boyunca (oklarla gösterilen hat) yüzeyde oluşan deformasyonlar (b).

## **KAYNAKLAR**

1. Ferretti A, Prati C, Rocca F (2001). Permanent Scatterers in SAR Interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 39 (1): 8-20. doi: 10.1109/36.898661
2. Hooper, A. (2008). A multi-temporal InSAR method incorporating both persistent scatterer and small baseline approaches. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L16302, doi:10.1029/2008GL034654.
3. Esfahany, S., Hanssen, R., van Thienen-Visser, K., & Muntendam-Bos, A. (2009). On the effect of horizontal deformation on InSAR subsidence estimates. In *Proceedings of the Fringe 2009 Workshop, Frascati, Italy* (Vol. 30).

## **Sismotürbidit Birimlerinin Çökelimini Etkileyen Faktörler: Kumburgaz Havzası, Marmara Denizi**

*Factors Effecting the Deposition of Seismoturbidite Units:  
Kumburgaz Basin, Sea of Marmara*

**Nurettin Yakupoğlu<sup>a</sup>, Gülsen Uçarkuş<sup>a</sup>, K.Kadir Eriş<sup>a</sup>, Pierre Henry<sup>b</sup>,  
M. Namık Çağatay<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> *Istanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği, EMCOL, Maden Fakültesi,  
34469 İstanbul, Türkiye*

<sup>b</sup> *Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, INRAE, Coll France, CEREGE, Aix-en-  
Provence, France  
(yakupoglu@itu.edu.tr)*

**Öz:** Su altı paleosismolojisinde, gravite akıntı çökelleri geçmiş depremlerin tespitinde bir araç olarak kullanılmaktadır. Özellikle dokusal, fiziksel, sedimentolojik ve jeokimyasal özellikleri ile ayırt edilmiş olan depremlerle tetiklenmiş türbidit birimleri (sismotürbiditler) genellikle deniz altında bulunan fay sistemlerinde kullanılmaktadır. Türbidit- homojenit birimlerinin (THB) ayrıntılı karakterizasyonu bu birimlerin geçmiş depremler ile ilişkisini taşınma rotaları ve depolanma mekanizmaları ile belirleyebilmek için önem arz etmektedir. Marmara Denizi'nde Orta Sırt segmentinin geçtiği Kumburgaz havzasında, iki uzun piston karot incelenmiştir. Burada, karotlarda 15 bin yıllık sedimanter geçmişte THB içermektedir. Çoklu parameter yaklaşımı ile THBlerin ayrıntılı tanımlanması X ışını floresansı ve manyetik duyarlılık anizotropisi ile sağlanmıştır. Daha önce yayınlanan deniz-göl geçişi tarihlendirmesi ve bu çalışmadaki radyokarbon tarihlendirmeleri ile karotlarda kronostratigrafi modellenmiştir. Sırası ile ortalama THB oluşumu göl döneminde (14.8–12.6 binyıl GÖ), alt sapropel döneminde (11.2–5.7 binyıl GÖ), üst sapropel döneminde (5.4–2.7 binyıl GÖ) ve sapropel içermeyen denizel dönemde (2.7 binyıldan günümüze) 235 yıl., 287 yıl., 114 yıl. ve 160 yıldır. THBlerin bu farklı oluşum aralıkları su seviyesi değişimleri, tuzluluk artması, hidrolojik koşullar ve iklimsel periotlar ile kontrol edilmektedir. Özellikle, Marmara Denizi'nin denizel döneme geçmesi (12.6 binyıl) yamaç stabilitesini etkilemiş, sediman kompozisyonu ve depolanmasını değiştirmiştir.

*Anahtar Kelimeler: Sualtı Paleosismolojisi, Marmara Denizi, Sismotürbidit, Kuzey Anadolu Fayı.*

**Abstract:** In subaqueous paleoseismology, sediment-gravity flow deposits are used as a tool for determination of past earthquakes in marine basins. Especially, earthquake-triggered turbidite deposits (seismoturbidites) are mainly distinguished by their textural, physical, sedimentological and geochemical are broadly used as a precursor for active submerged fault systems. Detailed characterization of Turbidite-

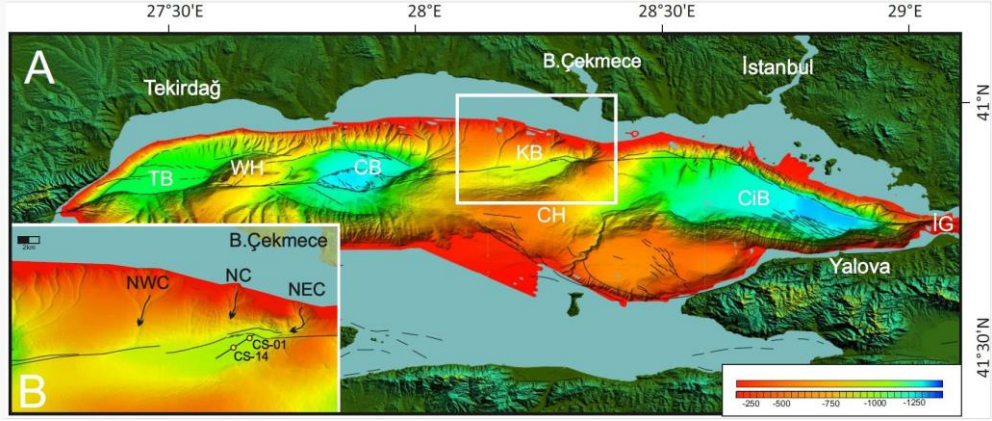
homogenite units (THUs) are crucial in order to establish meaningful criteria to link these units with earthquakes events and to identify their transport routes and depositional mechanisms. In Sea of Marmara, we focused on two giant piston cores in Kumburgaz basin where Central High segment passes through. Here, cores revealed the 15 kyrs long sedimentary history of the basin intercalated THU units. Multi-parameter approach provided detailed identification of THUs by using  $\mu$ -X-ray Fluorescence ( $\mu$ -XRF) and Anisotropy of Magnetic Susceptibility. According to the chronostratigraphic model derived from radiocarbon ages and the published age of lacustrine-marine (L-M) transition, the average THU occurrence intervals in the lacustrine (14.8–12.6 kyrs BP), lower sapropel (11.2–5.7 kyrs BP), upper sapropel (5.4–2.7 kyrs BP) and non- sapropelic part of the marine unit (2.7 kyrs BP-present) are 235 yrs., 287 yrs., 114 yrs. and 160 yrs. respectively. This distinct differentiation of average THU occurrence intervals is controlled by sea level changes, salinity increase, hydrological conditions and climatic periods. Especially, following the full marine connection of the Sea of Marmara at 12.6 kyrs BP, which caused changes in slope stability, sediment composition and sediment deposition in different parts of the basin.

*Key Words: Subaqueous Paleoseismology, Seismoturbidite, Sea of Marmara, North Anatolian Fault.*

## **1.GİRİŞ**

Sualtı paleosismolojisinde, sediman-gravite akıntı çökelleri büyük depremlerin tekrarlanma aralıklarının tespitinde bir araç olarak kullanılmaktadır. Derin sedimanter havzalarda türbidit birimleri bu amaç için kullanılmakta ve yıllarca süren farklı bölgelerdeki çalışmalar türbidit paleosismolojisinin güçlü bir araç olduğunu göstermektedir. Depremlerle tetiklenen türbiditler (sismotürbiditler) genellikle dokusal, fiziksel sedimantolojik ve jeokimyasal özellikleri ile ayırt edilmektedir. Fakat klasik türbidit çökelleri ile arasındaki ayırıcı özellikler düzgün bir şekilde sınıflandırılmamıştır. Bu çalışmada, bu birimlerin stratigrafik özelliklerini ayırt etmede birçok yöntem kullanılarak türbiditlerin alt birimleri çoklu proksi yaklaşımı ile belirlenmektedir. Türbiditler, türbülans akıntısı ile çökelen kaba taneli taban ve bunu üzerleyen laminar akıntı ile oluşan çökelleri kapsamaktadır. Sismotürbiditlerin çökelişi sırasında, homojenitleri ve bunları üzerleyen sedimanların sınırı belirsiz görülmektedir [1-7]. Bu belirsiz sınırın tespiti keskin yaş derinlik modellerinin oluşturulması için gerekli olup paleosismolojide bu birimlerin kullanılmasını sağlamaktadır [6-7].





**Şekil 1.** A) Marmara denizi batimetri haritası ve karot lokasyonları. B) Kumburgaz havzası kuzey kanyonları ve karot lokasyonları haritası.

Marmara Denizi içerisinde bulunan kapalı bir havza olan Kumburgaz, 15 bin senelik sedimanter kayıtları kapsayan iki piston karot ile incelenmiştir (Şekil 1). 70 türbidit-homojenit birimi, sedimantolojik, elementsel, manyetik özellikleri ile ayırt edilmiş olup Marmara Denizi'nin denizel ve gölsel dönemlerindeki türbidit tekrarlanma aralığı ve türbidit kalınlıkları kapsamında farklılıklar gösterdiği ortaya çıkarılmıştır. İklimsel dönemler ve Marmara Denizi'nin denizel ve gölsel dönemdeki farklı türbidit oluşum mekanizmaları incelenmektedir.

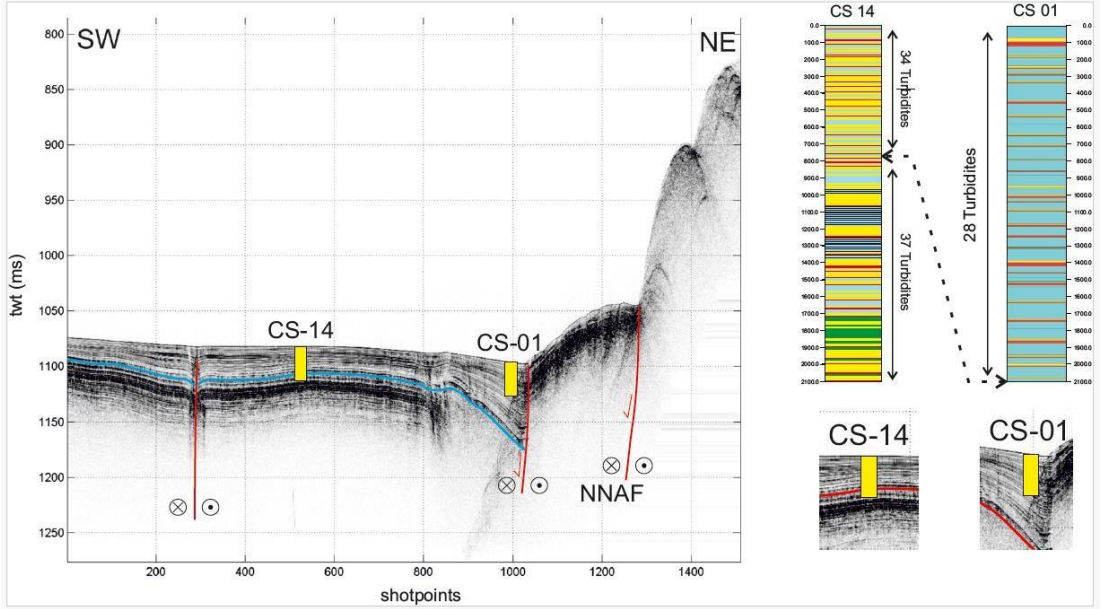
## 2.YÖNTEM

Bu çalışmada sediman karotlarında çoklu analiz teknikleri uygulanmıştır. Fiziksel özelliklerini tespit etmek için manyetik duyarlılık ve gamma yoğunluk verileri GEOTEK marka MSCL cihazı ile incelenmiştir. Jeokimyasal analizler ve proksiler ITRAX XRF karot tarayıcısı ile major ve minör element tayinleri yapılmıştır. Manyetik anizotropi analizleri Fransa'da CEREGE laboratuvarlarında tamamlanmıştır. Toplamda incelenen iki karotta tarihlendirme analizleri TÜBİTAK-MAM laboratuvarlarına gönderilen radiokarbon örnekleri ile desteklenmekte olup gelen veriler yaş-derinlik modellerine işlenmiş ve karot kronostratigrafisi oluşturulmuştur.

## 3.BULGULAR

Türbidit-homojenit birimleri karot stratigrafisinde homojenit ve bunu üzerleyen sedimanlarda görülen ani düşüş gösteren manyetik foliasyon ve element dağılımları sayesinde belirlenmiştir. CS-01 karotunda 28 (Yakupoğlu ve diğ., 2019) CS-14 karotunda ise 70 (Yakupoğlu ve diğ., 2022) türbidit-homojenit birimi belirlenmiştir (Şekil 2). Denizel dönem içerisinde iki Holosen sapropel seviyesi tespit edilmiştir [8-10]. Türbidit oluşum aralıkları sırası ile 174 yıl, 114 yıl, 284 yıl ve 235 yıl olarak

sapropel harici denizel birim, üst sapropel, alt sapropel ve gölsel dönem için hesaplanmıştır.



**Şekil 2.** Karotların sığ sismik profil üzerinde lokasyonları. CS-01 ve CS-014 karotlarının basitleştirilmiş stratigrafik logları ve türbidit sayıları.

Türbidit-homojenit birimleri genel olarak tabanda Fe, Ca içeriğine sahip yüksek manyetik foliasyon ölçümlerine sahiptir. Homojenit ve bunları üzerleyen denizel/gölsel çamur ile ayrımı manyetik foliasyon ve gamma yoğunluktaki ani düşüşler ile belirlenmiştir. Bu sayede türbidit-homojenit birimlerinin keskin sınırları ortaya çıkmış ve yaş derinlik modellerine işlenmiştir.

#### 4.TARTIŞMA ve SONUÇ

15 bin yıllık sedimanter geçmiş içerisinde elde edilen farklı türbidit çökme aralıkları, türbidit oluşumunu etkileyen faktörlerin önemini göstermektedir. Türbidit oluşum aralıklarının sırası ile 174 yıl, 114 yıl, 284 yıl ve 235 yıl olarak sapropel harici denizel birim, üst sapropel, alt sapropel ve gölsel dönem için bulunması bu dönemlerde fay aktivitesinin değiştiğini değil bu iklimsel dönemlerdeki fiziksel koşulların farklılaştığı şeklinde yorumlanmıştır. Özellikle deniz suyu seviyesinin değişimi, tuzluluk oranı, iklimsel faktörler türbidit oluşum aralığını ve bu birimlerin stratigrafik kalınlıklarının farklı olduğunu göstermektedir. Bu veriler ışığında son 6 bin sene içerisindeki farklı karotlarda bulunan verilerin de benzerlik göstermediği ortaya çıkartılmıştır. Bunun nedeni

karot lokasyonu, bölgenin sualtı kanyon sistemlerinin aktivitesi ve şelfde bulunan sediman girdisinin değişiminin etkili olduğu gözlenmektedir.

## **KAYNAKLAR**

1. Barnes, P.M., Bostock, H.C., Neil, H.L., Strachan, L.J., Gosling, M., (2013). A 2300-year Paleoearthquake record of the Southern Alpine Fault and Fiordland Subduction Zone, New Zealand, based on stacked turbidites. *Bulletin of the Seismological Society of America* 103 (4), 2424–2446.
2. Eriş, K.K., Çağatay, N., Beck, C., Mercier de Lepinay, B., Campos, C. (2012). Late-Pleistocene to Holocene sedimentary fills of the Cinarcik Basin of the Sea of Marmara. *Sedimentary Geology* 281, 151–165.
3. Çağatay, M.N., Erel, L., Bellucci, L.G., Polonia, A., Gasperini, L., Eris, K., ... Damci, E. (2012). Sedimentary earthquake records in the Izmit Gulf, Sea of Marmara, Turkey. *Sediment. Geol.* 282, 347–359.
4. McHugh, C.M., Braudy, N., Çağatay, M.N., Sorlien, C., Cormier, M.H., ... Henry, P., (2014). Seafloor fault ruptures along the North Anatolia Fault in the Marmara Sea, Turkey: link with the adjacent basin turbidite record. *Marine Geology* 353, 65–83.
5. Goldfinger, C., Galer, S., Beeson, J., Hamilton, T., Black, B., Romsos, C., ... Morey, A. (2017). The importance of site selection, sediment supply, and hydrodynamics: a case study of submarine paleoseismology on the Northern Cascadia margin, Washington USA. *Marine Geology* 384, 4–46.
6. Yakupoğlu, N., Uçarkuş, G., Eriş, K. K., Henry, P., & Çağatay, M. N. (2019). Sedimentological and geochemical evidence for seismoturbidite generation in the Kumburgaz Basin, Sea of Marmara: Implications for earthquake recurrence along the Central High Segment of the North Anatolian Fault. *Sedimentary Geology*, 380, 31-44.
7. Yakupoğlu, N., Henry, P., Uçarkuş, G., Eriş, K. K., Demory, F., Crouzet, C., Çağatay, M. N. (2022). Factors affecting thickness and frequency of turbidites triggered by earthquakes in Kumburgaz Basin, Sea of Marmara. *Marine Geology*, 452, 106900.
8. Çağatay, M. N., Görür, N., Algan, O., Eastoe, C., Tchapylyga, A., Ongan, D., ... Kuşcu, I. (2000). Late Glacial–Holocene palaeoceanography of the Sea of Marmara: timing of connections with the Mediterranean and the Black Seas. *Marine Geology*, 167(3-4), 191-206.
9. Çağatay, M.N., Eriş, K., Ryan, W.B.F., Sancar, Ü., Polonia, A., Akçer, S., ... Bard, E. (2009). Late Pleistocene–Holocene evolution of the northern shelf of the Sea of Marmara. *Marine Geology* 265 (3–4), 87–100.
10. Çağatay, M. N., Eriş, K. K., Makaroğlu, Ö., Yakupoğlu, N., Henry, P., Leroy, S. A., ... Kende, J. (2019). The sea of Marmara during marine isotope stages 5 and 6. *Quaternary Science Reviews*, 220, 124-141.

## **SPAC Yöntemi Kullanarak İstanbul Genelinde Vs30 Değerlerinin Elde Edilmesi**

### *Obtaining Vs30 Values Across Istanbul Using the SPAC Method*

**Eşref Yalçinkaya<sup>a</sup>, Kemal Duran<sup>b</sup>, Asım Oğuz Özel<sup>a</sup>, Onur Tan<sup>a</sup>, Tarık Talay<sup>b</sup>, Evrim Yavuz<sup>b</sup>, Esra Kalkan Ertan<sup>b</sup>**

*<sup>a</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Jeofizik Mühendisliği Bölümü,  
Büyükcemece/İstanbul*

*<sup>b</sup>İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü,  
Bakırköy/İstanbul  
(eyalcin@iuc.edu.tr)*

**Öz:** İBB-DEZİM tarafından desteklenen deprem zararlarının azaltılması çalışmaları kapsamında İstanbul sınırları içerisinde dağılmış 150 noktada Dizilim Mikrotremör Ölçümleri toplanmıştır. Ölçümlerin amacı il genelinde ilk 30m derinliğe kadar kayma dalgası hız dağılımının (Vs30) yeni verilerle güncelleştirilmesidir. Ölçümlerde en az 7 sismometreden oluşan farklı boyut ve geometrilerde dizilimler kullanılmış ve en az bir saat süreyle mikrotremör kayıtları toplanmıştır. Analizlerde Uzaysal Özilişki Yöntemi (SPAC) kullanarak dispersiyon eğrileri hesaplanmış ve ters çözüm yöntemiyle yer altı kayma dalgası hızı derinlik kesitleri elde edilmiştir. Elde edilen her bir hız kesitinden Vs30 değerleri hesaplanmış ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine uygun olarak zemin sınıfları belirlenmiştir. Ölçüm noktalarının %59'u ZC zemin sınıfı çıkarken, ZE zemin sınıfı %4'ünde, ZA zemin sınıfı ise %3'ü olarak belirlenmiştir. Elde edilen hız değerleri yüzey jeolojisi ile ilişkilendirilmiş ve zemin/kaya ortamlara ait kayma dalgası hız dağılımları oluşturulmuştur.

*Anahtar Kelimeler:* Deprem, Vs30, zemin sınıfı, İstanbul, jeoloji, mikrotremör

**Abstract:** Within the scope of reducing earthquake damage studies supported by İBB-DEZİM, Array Microtremor Measurements were collected at 150 points distributed across Istanbul. The purpose of the measurements is to update the shear wave velocity distribution (Vs30) up to the first 30m depth throughout the province with new data. In the measurements, arrays consisting of at least 7 seismometers of different sizes and geometries were used and microtremor records were collected for at least one hour. In the analysis, dispersion curves were calculated using the Spatial Autocorrelation Method (SPAC) and underground shear wave velocity depth sections were obtained by the inversion method. Vs30 values were calculated from each velocity section and soil classes were determined in accordance with the Turkish Building Earthquake Regulation. While 59% of the measurement points were determined as ZC class, ZE class was determined in 4% and ZA class was determined as 3%. The obtained velocity values were associated with the surface

geology and shear wave velocity distributions for soil/rock environments were created.

*Key Words:* Earthquake, Vs30, soil class, Istanbul, geology, microtremor

## **1.GİRİŞ**

Zemin özelliklerinin güvenilir bir şekilde belirlenmesi, sağlıklı kentleşme ve deprem güvenli yapılaşma açısından son derece önemlidir. Son yıllardır yapılan araştırmalar ve deprem sonrası hasar gözlemleri, zemin özelliklerinin depremlerde oluşan yer hareketinin karakterini belirlemede ve ortaya çıkan hasarlarda baş öneme sahip olduğunu göstermektedir [1][2]. Bu bulgulara bağlı olarak oluşturulan deprem yönetmelikleri, ivme-hız-yerdeğiştirme azalım ilişkileri, hasar ve can kaybı tahminleri zemin sınıflamaları temel alınarak hesaplanır.

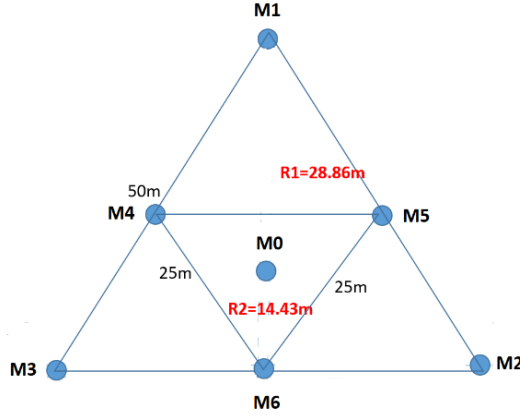
Borcherdt [3] zeminleri en üstteki 30 m zemin profilinin ortalama kayma dalgası hızına göre (Vs30) sınıflandırmış, Vs yokluğunda zemin sınıfını tahmin etmek için uygun jeolojik ve jeoteknik bilgiler kullanılabilir olmuştur.

1999 İzmit ve Düzce depremleri sonrasında özellikle şehrin güney kesimini kaplayan bölümünde zemin özelliklerini belirlemeye yönelik farklı projelerde çok sayıda veri toplanmıştır. Günümüz koşullarında bu verilerin tekrar gözden geçirilmesi ve İstanbul'un tamamına yayılan yeni verilerle güçlendirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü (DEZİM) tarafından desteklenen bir proje kapsamında il geneline yayılan 150 noktada Dizilim Mikrotremör Ölçüleri toplanmış ve SPAC yöntemi kullanarak Vs30 değerleri hesaplanmıştır.

## **2.YÖNTEM ve ANALİZLER**

Dizilim Mikrotremör Ölçümleri düzenli geometrilerde oluşturulan sismik istasyonlar tarafından kaydedilen mikrotremör kayıtlarından oluşur [4] (Şekil 1). İstasyon sayısının yüksek tutulması, kullanılan dizilimlerinin küçük yarıçaptan büyük yarıçaplara genişletilmesi veri kalitesini artırır. Bu çalışmada ölçümler çoğunlukla Şekil 1'de verilen geometride, 7 adet sismometre eş zamanlı çalıştırılarak toplanmıştır. Geometri seçimi her bir ölçüm noktasında saha koşullarına uygun olarak farklılıklar gösterebilir. Ölçüm boyutları genel olarak büyük ve küçük eşkenar üçgende kenar uzunlukları sırasıyla 50 m ve 25 m olarak uygulanmıştır. Genel olarak her bir noktada yaklaşık bir saatlik kayıt uzunlukları kullanılmaktadır. Dizilim kayıtlardan Uzaysal Özilişki Yöntemi'yle (SPAC) [5] hesap edilen dispersiyon eğrileri, yer altı tabakalarının sismik hız ve kalınlık özelliklerini yansıtır (Şekil 2). Dispersiyon eğrilerinin elde edilmesinde SPAC yöntemine ek olarak  $f_k$  (frekansdalga sayısı) yöntemi de kullanılır. Dispersiyon eğrileri farklı ters çözüm yöntemleriyle zemin tabakalarının modellenmesi yoluna gidilir. Öncelikli hedef ilk 30 m derinliğine erişen zemin yapısının ortaya çıkarılması ve Vs30 parametresinin

hesaplanmasıdır (Şekil 2). Kullanılan dizilimin yarıçapları genişletilerek çok daha derinlerden bilgi almak mümkündür.

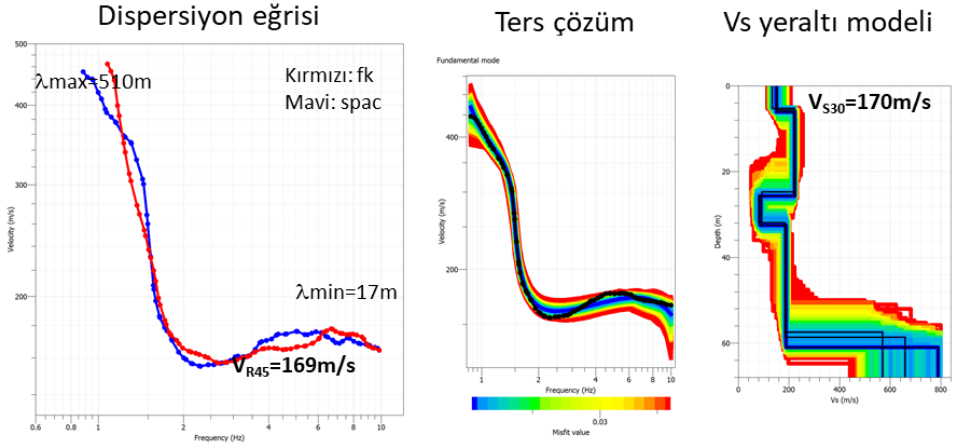


**Şekil 1.** Dizilim Mikrotremör Ölçümleri'nde kullanılan 7 istasyonlu, iç içe eşkenar üçgen geometrisi. Küçük üçgenin kenar uzunluğu 25 m, büyük üçgenin kenar uzunluğu 50 m seçilmiştir.

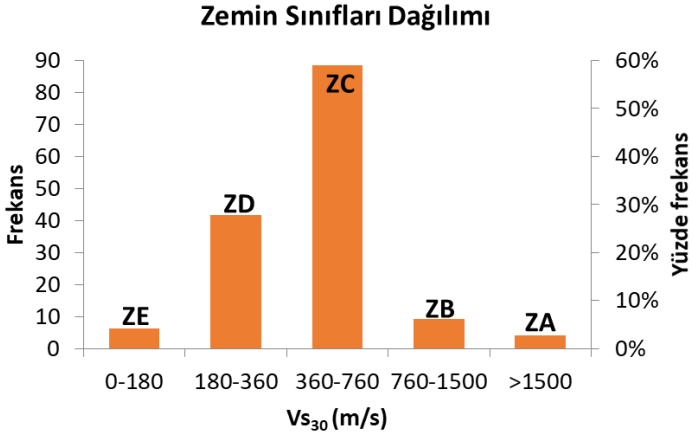
### 3.SONUÇLAR

İlksel çözümleri tamamlanan 150 noktadan 6'sında güvenilir bir dispersiyon eğrisine ulaşılamaması nedeniyle ölçümlerin tekrarlanması kararı alınmıştır. Değerlendirmesi yapılan noktalardan elde edilen Vs30 değerleri Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde yer alan zemin sınıflamalarına göre sınıflandırılmıştır (Şekil 3). Yapılan sınıflandırma sonucu il genelinde en yaygın olarak ZC sınıfı zeminlerin yer aldığı görülmektedir (%59). İkinci sırada ZD sınıfı zeminler yer alır (%28). ZE ve ZA, yani en zayıf zemin ve kaya zemin olarak nitelendirilen zemin sınıflarının oranları sırasıyla %4 ve %3 olarak belirlenmiştir.

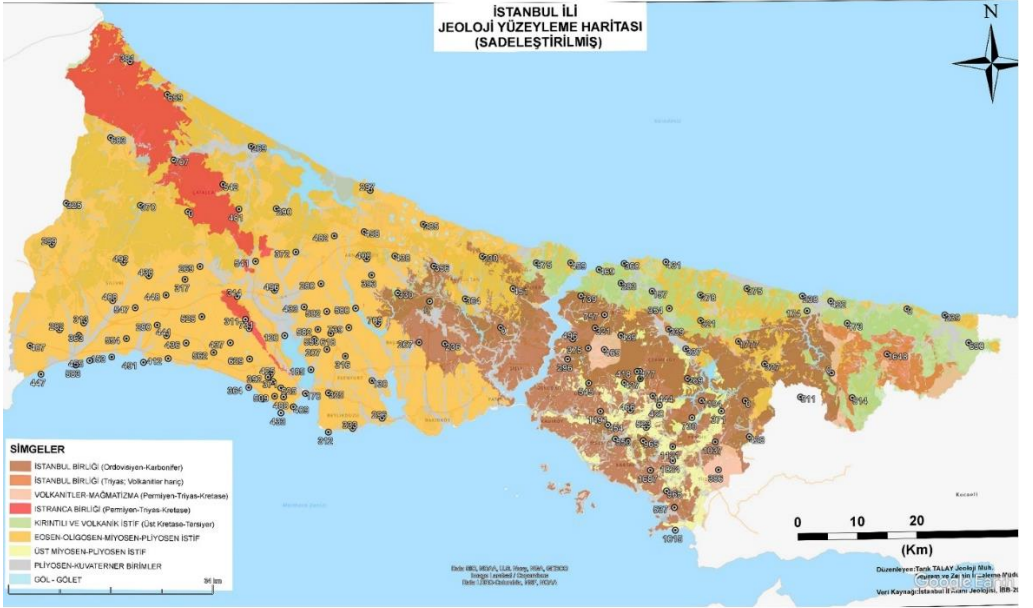
Vs30 değerlerinin jeolojik birimlerle ilişkisinin belirlenmesi yönünde çalışmalar devam etmektedir (Şekil 4). Genel olarak Anadolu yakasında Vs30 değerlerinin daha yüksek, Avrupa yakasında daha düşük gözlemlendiğini söylemekle birlikte, her iki kesimde de lokal alanlarda çok düşük Vs30 değerlerinin varlığı dikkat çekmektedir. Benzer bir değerlendirme kaya olarak nitelendirilen jeolojik birimler içinde yer alan, yüksek ayrılmış, bozmuş lokal alanlarda ortaya çıkan düşük Vs30 değerleri için yapılabilir. Vs30 değerlerinde gözlenen bu yüksek değişkenliğin, deprem zararlarının azaltılması çalışmaları için oldukça küçük ölçekte risk değerlendirmelerine ihtiyaç duyulacağını göstergesi olarak yorumlanmıştır.



**Şekil 2.** Örnek bir dispersiyon eğrisi analizi. Solda SPAC ve fk yöntemiyle elde edilen dispersiyon eğrileri, ortada ters çözüm sonucu gözlemsel (siyah eğri) ve sentetik dispersiyon eğrilerinin (hata değerlerine göre renklendirilmiş) çakışması, sağda hata değerlerine göre renklendirilmiş yer altı Vs hız kesiti (siyah eğriler en düşük hata değerlerine sahip üç model).



**Şekil 3.** Vs30 değerlerinin Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine uygun olarak zemin sınıfları dağılımı.



Şekil 4. Vs30 değerlerinin sadeleştirilmiş yüzey jeolojisi üzerindeki dağılımı.

## KAYNAKLAR

1. Bard, P. Y., Riepl, J. (1999). Wave propagation in complex geological structures and local effects on strong ground motion. Wave Motion in Earthquake Engineering (ss. 38-95). Southampton England ; Boston: WIT Press / Computational Mechanics.
2. Somerville, P. G., Graves, R. W. (2003). Characterization of earthquake strong ground motion. Pure and Applied Geophysics, 160(10), 1811-1828.
3. Borchardt, R. D. (1994). Estimates of Site-Dependent Response Spectra for Design (Methodology and Justification). Earthquake Spectra, 10(4), 617-653.
4. Aki, K. (1957). Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors. Bull. Earthq. Res. Inst., 35, 415-456.
5. Bettig, B., Bard, P. Y., Scherbaum, F., Riepl, J., Cotton, F., Cornou, C., Hatzfeld, D. (2001). Analysis of dense array noise measurements using the modified spatial auto-correlation method (SPAC): application to the Grenoble area. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 42(3-4), 281-304.



## **Deprem Tehlikesi Açısından İstanbul'un Jeolojisine Bir Yaklaşım**

*An approach to the geology of Istanbul in terms of earthquake hazard*

**H. Serdar Akyüz<sup>a</sup>, Cengiz Zabcı<sup>a</sup>, Timur Ustaömer<sup>b</sup>, Gürsel Sunal<sup>a</sup>, İsra Bostancıoğlu<sup>c</sup>, Tarık Talay<sup>c</sup>, Akif Yeşiltaş<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> *İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü*

<sup>b</sup> *İ.Ü.-Cerrahpaşa, Mühendislik Fak., Jeoloji Müh. Bölümü*

<sup>c</sup> *İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü*  
(akyuz@itu.edu.tr)

**Öz:** İstanbul'un jeolojisi 19.yüzyılın başlarından beri doğa bilimcilerin ve yer bilimcilerin ilgisini çekmiştir. İstanbul Boğazı civarında başlayan ilk çalışmalar zamanla daha geniş alanları kapsayarak İstanbul bölgesinin stratigrafik ve yapısal özellikleri yavaş yavaş ortaya çıkartılmaya başlamıştır. Artan bilgi birikimi ve gelişen teknoloji ile birlikte ortaya çıkan yeni verilerle bazı jeolojik problemlere cevap bulunurken bazı yeni problemler de ortaya çıkmıştır. Oldukça karmaşık görünen stratigrafik ve yapısal ilişkiler hala tartışılmaya ve araştırılmaya devam etmektedir.

Beklenen Marmara depreminin, İstanbul başta olmak üzere Marmara denizi civarında ve yakınında geniş bir bölgeyi etkileyeceği bilinmektedir. Depremde meydana gelecek hasarları denetleyen en önemli faktör zemin-yapı kalitesi ve ilişkisidir. Bunun anlaşılması için de ilk adım zemin özelliklerinin doğru bir şekilde ortaya konması ve sınıflanmasıdır. Deprem tehlike analizlerine altlık oluşturması için, yapılan tüm jeolojik çalışmalar değerlendirilerek bir stratigrafi ve genelleştirilmiş zemin haritası ihtiyacı hasıl olmuştur. İBB Deprem ve Zemin İnceleme Şube Müdürlüğüne desteklenen bu çalışmada önceki çalışmalar göz önünde bulundurularak oluşturulan derleme haritalar ve deprem tehlike analizlerine yön verecek şekilde Paleozoyik-Mesozoyik-Senozoyik stratigrafisine yeni bir yaklaşım sunulacaktır.

*Anahtar Kelimeler:* İstanbul, jeoloji, deprem

**Abstract:** The geology of Istanbul has attracted the attention of naturalists and geologists since the early 19th century. The first studies, which began around the Bosphorus, gradually covered more extensive areas, and the stratigraphic and structural features of the Istanbul region were steadily revealed. While some geological problems have been addressed with the new data emerging with increasing knowledge and developing technology, some new issues have also been revealed. The stratigraphic and structural relationships, which appear quite complex, are still being discussed and explored.

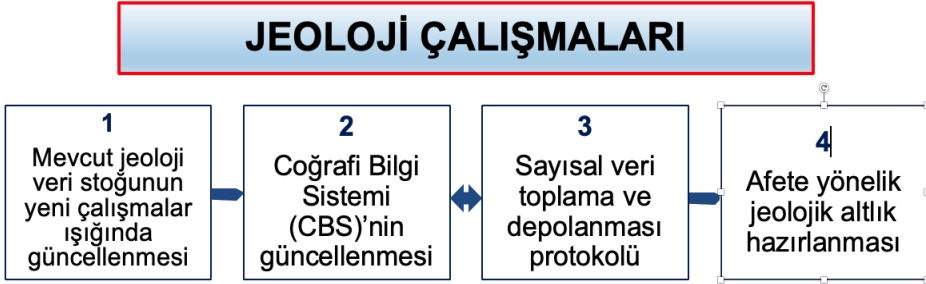
It is known that the expected Marmara earthquake will affect a large region around and near the Sea of Marmara, especially Istanbul. The ground-building quality and relationship is the most critical factor controlling earthquake damage. To better understand this, the first step is to identify and classify the ground properties accurately. A practical stratigraphy and a generalised ground map were required to provide a basis for earthquake hazard analysis by utilising and evaluating all geological studies. This study, supported by the IMM Earthquake and Ground Research Directorate, will present the compiled maps from the previous studies and a new approach to Paleozoic-Mesozoic-Cenozoic stratigraphy to guide earthquake hazard analyses.

*Key Words:* İstanbul, geology, earthquake

## **1.GİRİŞ**

Kuzey Anadolu Fayı'nın iki sismik boşluk dışında tamamının 20. yüzyılda meydana depremlerle kırıldığı bilinmektedir [Örn:1]. Erzincan doğusundaki Yedisu Fayı ve Marmara denizi içindeki Marmara Fayı, kırılması beklenen faylardır. Beklenen Marmara depremi başta İstanbul olmak üzere Marmara bölgesini önemli derecede etkileyecektir. Bu çalışmada Marmara Fayı'nın geometrisi, segmentasyonu, tek parça mı çok parçalı mı kırılacağı gibi konulara girilmeyecektir. İstanbul'u depreme hazırlamak için maksimum büyüklüğe göre tedbirlerin alınması gerekliliği açıktır. Bu nedenle hazırlanan deprem senaryoları da bu çalışmanın konusu dışındadır. Beklenen Marmara depreminde meydana gelecek hasar ve can kayıplarını azaltabilmek için oluşabilecek maksimum büyüklüğü hesaba katmanın dışında, zemin özelliklerinin ve bu zemin üzerindeki binaların depremde nasıl davranacaklarının bilinmesi gerekir. Bunun için zemin parametrelerine ve bina envanterine ihtiyaç vardır. Her binanın/tesisin ne zaman yapıldığı, mühendislik hizmeti alıp almadığı, üzerinde herhangi bir değişiklik yapıp yapılmadığı, mevcut durumdaki dayanıklılığı bilinmelidir.

Jeolojik formasyonların özellikleri ve parametrelerine de bağlı olarak bina bazında hasar olup olmayacağı, hasar olacaksa ne tür bir hasar olacağı bilindiği takdirde gerekli önlemlerin alınması mümkündür. Dolayısıyla bölge veya semt bazında değil, bina bazında deprem tehlikesinin belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin X semtindeki zeminin kötü olması o semtteki tüm binaların yıkılacağı anlamına gelmeyeceği gibi, Y semtindeki sağlam zemin üzerindeki binaların yıkılmayacağı anlamına da gelmez. Jeolojik ortamın bilinmesi depreme karşı önlem almak için ilk adımdır. İBB Deprem ve Zemin İnceleme Şube Müdürlüğüne desteklenen bu çalışmada, İstanbul'daki jeolojik formasyonlarının depremsellik açısından bir derlemesi ve değerlendirmesi dört aşamalı bir program çerçevesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Zemin üzerindeki binaların, tesislerin değerlendirilmesi bu çalışmanın dışındadır.



Şekil 1. İBB-DEZİM tarafından yürütülen çok disiplinli yerbilimleri çalışmaları kapsamında dört aşamadan oluşan jeolojik çalışmaları.

## 2.İSTANBUL İÇİN AFETE YÖNELİK JEOLOJİ ÇALIŞMALARI

### 2.1 Mevcut Jeoloji Veri Stokunun Yeni Çalışmalar Işığında Güncellenmesi

İstanbul'un jeolojisi ile ilgili çalışmalar 19. yüzyılın başından beri bilinmektedir. Bilinen ilk jeoloji haritası Guillaume-Antoine Olivier'e (1801) aittir [2]. Daha sonra pek çok yerli ve yabancı gezgin, doğa bilimci ve yer bilimci İstanbul'un jeolojisi ile ilgili yaptıkları çalışmalarla paleontolojik, stratigrafik ve yapısal özellikleri yavaş yavaş ortaya çıkarmışlardır. Çoğunlukla lokal alanları kapsayan bu çalışmalardan sonra, İBB tarafından yapılan bir çalışmayla tüm İstanbul'u kapsayan *kapsamlı ve bütüncül* bir jeoloji raporu hazırlanmıştır [3].

Bu çalışmada İstanbul'un jeolojisi deprem tehlikesi çerçevesinde önceki çalışmalar ışığında derlenmiş ve değerlendirilmiştir. İlk olarak eski çalışmalar taranarak, İstanbul ili sınırlarında yüzeyleyen Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik birimlerin stratigrafik sınıflamaları ve adlandırmaları değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, özellikle yaşlandırma tabanlı yeni çalışmalar ışığında belirlenen sorunları araştırmak amacıyla lokal gözlemler ve arazi çalışmaları yapılmıştır.

Bilindiği gibi İstanbul il alanı içerisinde Paleozoyik'ten başlayan, aralarda önemli orojenez ve uyumsuzluklar içeren ve Güncel'e kadar uzanan jeolojik oluşumlar mevcuttur. Bu formasyonlara değişik araştırmacılar tarafından farklı adlandırmalar ve sınıflamalar verilmiştir. Paleozoyik yaşlı birimler Ordovisiyen'den Karbonifer'e kadar uzanan sedimanter bir istiftir. Triyas'ta bir uyumsuzlukla başlayıp Triyas sonunda biten sedimanter bir istiftin sonra Kretase'den başlayıp Eosen'e kadar devam eden sedimanter, volkanik ve volkano sedimanter bir istif izlenir. Eosen'den sonra yine sedimanter bir istif, arada uyumsuzluklarla günümüze kadar uzanır. Paleozoyik ve Mesozoyik kayaların lokal alanlarda magmatik sokulumlarla yaygın bir şekilde kesildiği görülür. Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı formasyonların kaya zemin oldukları ve sağlam zemin sınıfına girdikleri kabul edilir. Eosen ve sonrasında, kireçtaşı formasyonları ve bazı ara seviyeler dışındaki birimlerin sağlam kaya sınıfına girmedikleri görülür. Kuvaterner yaşlı çökellerin ise gevşek zemin sınıfına girdikleri kabul edilir. Güncel alüvyonlar, kıyı bölgelerinde görülen dolgu alanları ise en zayıf zeminlerdir.

## **2.2 Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'nin Güncellenmesi**

Özgül vd. (2011) [1] tarafından hazırlanan jeoloji verisi taban alınarak İBB envanteri içerisinde halen işleyen bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veri tabanı mevcuttur. Bu güncelleme çalışması kapsamında, uluslararası standartlar göz önünde bulundurularak ihtiyaç duyulacak bütün jeoloji katmanları için yeni öznelik tabloları hazırlanmıştır. Bu katmanlar, her türlü jeoloji uygulaması için gerekli olan tabaka, foliasyon, eklem, fay, stratigrafik ve tektonik dokanaklar, kıvrım geometrisi, formasyon, yüzlek ve coğrafi adlar gibi bilgileri içerir (Tablo 1).

## **2.3 Sayısal Veri Toplama ve Depolanma Protokolü**

Gerçekleştirilecek saha çalışmaları sırasında sağlıklı ve hızlı veri toplama için 'sayısal veri toplama' protokolu geliştirilmiştir. Akıllı cihazlar için üretilen ücretsiz uygulamalar kullanılarak tasarlanmış bu protokol sayesinde CBS veri tabanı ile entegre olabilecek saha verisi üretilebilecektir. Bu çalışma kısaca, eğitim ölçer ve GNSS alıcısı olan herhangi bir akıllı cep telefonu ile farklı geometrik unsurların ölçülmesine dayanır. Tasarlanan sistemde, İstanbul ili'ni oluşturan birimlerin kaydı girilmiş, olası yapı türleri belirlenmiştir. Toplanan veri kmz veya csv dosya biçimlerinde dışa aktarılabilen ve anında saha gözlemleri ile görselleştirilebilmektedir.

## **2.4 Afete Yönelik Jeolojik Altlık Hazırlanması**

İBB DEZİM bünyesinde zaten kapsamlı ve ayrıntılı olarak hazırlanmış jeoloji bilgi tabanı [3], güncel çalışmaların ışığında (a) Stratigrafî, (b) Yapısal Unsurlar, (c) Yeni yaşlandırma çalışmaları, (d) Yeni CBS kurgusu ile güncellenerek afete yönelik jeolojik veri tabanı altlığı hazırlanmıştır. CBS ortamında sayısal olarak yer alan bu veri tabanındaki sınıflama genel bir bilgi verse de, beklenen Marmara depreminde zeminin nasıl davranacağı ve üzerindeki binanın bu davranışa nasıl karşılık vereceği önemlidir. Deniz, dere, göl kenarındaki alüvyon, delta ve dolgu alanlarında yanıl ayrılmalar (lateral spreading) olması muhtemeldir. Bunların dışında, gevşek zemin üzerinde de olsa, zemin parametreleri ve maksimum deprem büyüklüğü göz önüne alınarak inşa edilmiş yapılarda önemli sorunlar meydana gelmesi beklenmemelidir. Sağlam kaya olarak kabul edilen zeminlerin ise lokal olarak alterasyon, tektonik hareketler sonucu örselenme, magmatik kayalardaki arenalaşma gibi nedenler ile sağlam kaya davranışı göstermeyeceği açıktır.

**Tablo 1.** Tasarlanan CBS veri tabanında öznitelikleri belirlenmiş katmanlar.

KATMAN ADI	VERİ TİPİ	ÖLÇEK	AÇIKLAMA
TABAKA	GRAFİK-NOKTA	1:5000	Sedimanter kayaların oluşumu ile ilişkili birincil düzlemlerinin geometrileri
FOLIASYON	GRAFİK-NOKTA	1:5000	Magmatik ve Metamorfik kayalarda ölçülen düzlemsel yapıların geometrileri
EKLEM	GRAFİK-NOKTA	1:5000	Yüzlek ölçeğinde eklem geometrileri
EKLEM_CIZGI	GRAFİK-ÇİZGİ	1:5000	Harita boyunca çizgisel eklem uzanımları
KESİT_HAT	GRAFİK-ÇİZGİ	1:100000	Farklı en kesit yerlerinin güzergahını gösteren hatlar
KESİT_NOKTA	GRAFİK-NOKTA	1:100000	Farklı en kesitlerin başlangıç ve bitiş noktaları
FAY	GRAFİK-NOKTA	1:5000	Yüzlek ölçeğinde fay düzlemi geometrileri
STRATIGRAFİK_DOKANAK	GRAFİK-ÇİZGİ	1:5000	Jeolojik birimler arasında stratigrafik dokanaklar
TEKTONİK_DOKANAK	GRAFİK-ÇİZGİ	1:5000	Jeolojik birimler arasında faylı dokanaklar
KIVRIM_EKSENDUZLEMI	GRAFİK-NOKTA	1:5000	Kıvrım eksen düzlemlerinin geometrileri
KIVRIM_EKSENCIZGISI	GRAFİK-NOKTA	1:5000	Kıvrım eksen çizgilerinin geometrileri
KIVRIM_EKSENI	GRAFİK-ÇİZGİ	1:5000	Kıvrım eksenlerinin harita görünümleri
FORMASYON_ETIKET	GRAFİK-NOKTA	1:5000	Birim adlarının etiket yerleri
FORMASYON	GRAFİK-POLİGON	1:5000	Farklı jeolojik birimlerin alansal geometrileri
YUZLEK	GRAFİK-POLİGON	1:5000	Jeolojik birimlerin yüzlek alanları
YUZLEK_DIGER	GRAFİK-POLİGON	1:5000	Yapay dolguların kapladığı alanlar
DURAKLAR	GRAFİK-NOKTA	1:5000	Gözlem durakları
COGRAFI_ADLAR	GRAFİK-NOKTA	1:100000	Belli coğrafi adların yerleri ve etiket bilgileri

**KAYNAKLAR**

1. Barka, A., Akyüz, H.S., and 18 others, 2002. The surface rupture and slip distribution of the August 17, 1999 İzmit earthquake, M=7.4, North Anatolian Fault. Bull. Seism. Soc. Amer., 92 (1), 43-60.
2. Olivier G.A., 1801. Voyage dans l'Empire Othoman, l'Égypte et la Perse. Tome premier. Publisher: H. Agasse an IX, Paris, 432 p.
3. Özgül, N., Özcan, İ., Akmeşe, İ., Üner, K., Bilgin, İ., Korkmaz, R., Yıldırım, Ü., Yıldız, Z., Akdağ, Ö., Tekin, M., 2011. İstanbul il alanının jeolojisi. İBB Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü. İstanbul Kent Jeolojisi Proje Raporu. 333 s.

## **İstanbul Metropolitan Alanı İçindeki İhmal Edilen Depremler**

### *Neglected Earthquakes in the Istanbul Metropolitan Area*

**Onur Tan<sup>a</sup>, Özlem Karagöz<sup>b</sup>, Semih Ergintav<sup>c</sup>, Kemal Duran<sup>d</sup>**

<sup>a</sup>*İstanbul Üniv., Mühendislik Fak., Jeofizik Müh. Böl., İstanbul*

<sup>b</sup>*Çanakkale Onsekiz Martı Üniv., Mühendislik Fak., Jeofizik Müh. Böl., Çanakkale*

<sup>c</sup>*Boğaziçi Üniv., Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Ens., Jeodezi Böl., İstanbul*

<sup>d</sup>*İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Zemin ve Deprem Araştırma Müdürlüğü, İstanbul (onur.tan@iuc.edu.tr)*

**Öz:** Bu çalışmada, öncekilerden farklı olarak, İstanbul'da daha önce ilgilenilmemiş ve bölgedeki yapay patlamalarla maskelenmiş depremlere odaklanılmıştır. İstanbul'da 2006'dan 2016'ya kadar olan 386 deprem, aynı dönemde işletilen yoğun sismik ağ kullanılarak çift fark yöntemi ile yeniden konumlandırılmıştır. En son 2021 Kartal Depremi ( $M_L$  4.1) de dahil olmak üzere depremlerin ( $M_L \geq 3$ ) kaynak mekanizmaları incelenmiştir. Son dönem deprem aktivitesinin analizine ek olarak, 1923 (Mw 5.5) ve 1929'da (Mw 5.1) meydana gelen iki orta büyüklükteki İstanbul depreminin konumları revize edilmiştir. Ana deformasyon zonunun dışında yer alan depremlerin konumları ve fay düzlemi çözümleri kullanılarak bunların Marmara Bölgesi'nin gerilme rejimindeki rolleri tartışılmıştır. İstanbul-Zonguldak Zonu'ndaki Senozoyik ve Paleozoyik formasyonlar üzerindeki depremler, paleo-yapıların son tektonik gerilmeler altında yeniden aktive olması şeklinde yorumlanmıştır. Fay düzlemi çözümleri, Marmara Bölgesi'nde esas olarak K-G genişlemenin de olduğu sağ yanal atımlı sisteme karşılık gelen bir transtansiyonel rejimin sintetik/antitetik makaslamaları ile uyumludur.

*Anahtar Kelimeler: Çift-farklar yöntemi, depremler, fay düzlemi çözümü*

**Abstract:** In this study, unlike the previous ones, we focus on earthquakes in Istanbul did not gained interest previously and were masked by the blasts in the region. A total of 386 earthquakes around Istanbul from 2006 to 2016 were relocated by the double-difference method using a dense seismic network operated during the same period. The source mechanisms of earthquakes ( $M_L \geq 3$ ), including the most recent 2021 Kartal Earthquake ( $M_L$  4.1), were determined. In addition to the analysis of recent earthquake activity, the locations of two moderate-sized Istanbul earthquakes in 1923 (Mw 5.5) and 1929 (Mw 5.1) were revised. Using the epicenters and fault plane solutions of the earthquakes outside of the main deformation zone, their role in the stress regime of the Marmara Region is discussed. Earthquakes on Cenozoic and Paleozoic formations in the Istanbul-Zonguldak Zone are interpreted as reactivation of paleo-structures under the recent tectonic stress. The fault plane solutions agree with the synthetic/antithetic shears of a transtensional regime

corresponding to the right lateral strike-slip system with mainly N-S extension in the Marmara Region.

*Key Words: Double-difference method, earthquakes, fault plane solutions*

## **1.GİRİŞ**

Anadolu Levhası ~25 mm/yıl hızla batıya doğru hareket eder. Deprem aktivitesi esas olarak ana deformasyon zonu olan Kuzey Anadolu Fayı (KAF) üzerinde gerçekleşmektedir. Marmara Bölgesi yüksek deprem aktivitesine sahiptir ve KAF'nin segmentleri üzerinde birçok yıkıcı deprem ( $M_w > 7$ ) hem tarihsel hem de aletsel dönem deprem kataloglarında rapor edilmiştir. Orta ve Güney Marmara Bölgesi'nin aksine, KAF'nin kuzeyi son yüzyılda çok düşük sismik aktiviteye sahiptir. Bununla birlikte, Osmanlı arşivlerine göre, Edirne ve civarında 15. ve 19. yy. arasında en az 20 adet hissedilir deprem meydana gelmiştir [1].

İstanbul metropoliten alanı, İstanbul Boğazı'nın her iki yakasını da kapsamakta ve esas olarak, Miyosen öncesi kayalar ve Miyosen-Pliyosen çökeller üzerinde yer almaktadır. Metropoliten alanda Holosen aktif fayların bulunmamasına rağmen, Fanerozoik birimler özellikle Asya yakasında çeşitli yönlerde ve boyutlarda paleo-faylar tarafından kesilmektedir. Önceki çalışmalarda Avrupa yakasındaki iki önemli eski fay zonundan da bahsedilmiştir. Batı Karadeniz Fayı, İstanbul'un batısında, Istranca Masifi ile İstanbul-Zonguldak Paleozoyik Zonu arasında, deforme olmamış Eosen çökelleriyle kaplı bir dekstral transform fay zonedir [2]. KB-GD doğrultulu dekstral Çatalca Fayı, Istranca Masifi ile Trakya Havzası arasındaki sınırı oluşturan bölgedeki diğer faydır [3].

Bu çalışmada, öncekilerden farklı olarak, İstanbul metropoliten alanındaki orta büyüklükteki depremlere ve bunların gelecekteki olası sismik tehlike potansiyeline odaklanılmıştır. Bu amaçla, en son 19 Haziran 2021 Kartal depremi de dahil olmak üzere 2006-2016 dönemindeki kara alanındaki depremlerin aktivitesi ve kaynak özellikleri, mevcut sismik ağlardan elde edilen veriler kullanılarak incelenmiştir. Depremlerin lokasyonları, dalga şekli benzerliğini kullanan çift fark algoritması ile yeniden konumlandırılmıştır. İstanbul depremlerinin kaynak mekanizmalarının tektonik yorumuna ek olarak (burada detayları verilmemekle birlikte) yer hareketi tahminleri için senaryo depremler sayısal olarak simüle edilmiştir. Bu amaçla Ayrık Dalga Sayısı Yöntemini [4] kullanan ve yırtılan kaynak, deprem-istasyon arası sismik yol özellikleri ve mühendislik ana kayası üzerindeki sığ bir boyutlu zemin katmanlarının büyütmesinin etkilerini içeren bir boyutlu nümerik yer hareketi simülasyon metodolojisi, 2021 Kartal deprem kayıtları ile doğrulanmıştır ve uygulanmıştır.

## **2.YÖNTEM**

Bu çalışmada kullanılan parametrik ve dalga şekli deprem verileri Marmara Denizi çevresindeki bölgesel ve ulusal sismolojik ağlarından elde edilmiştir. Çalışma



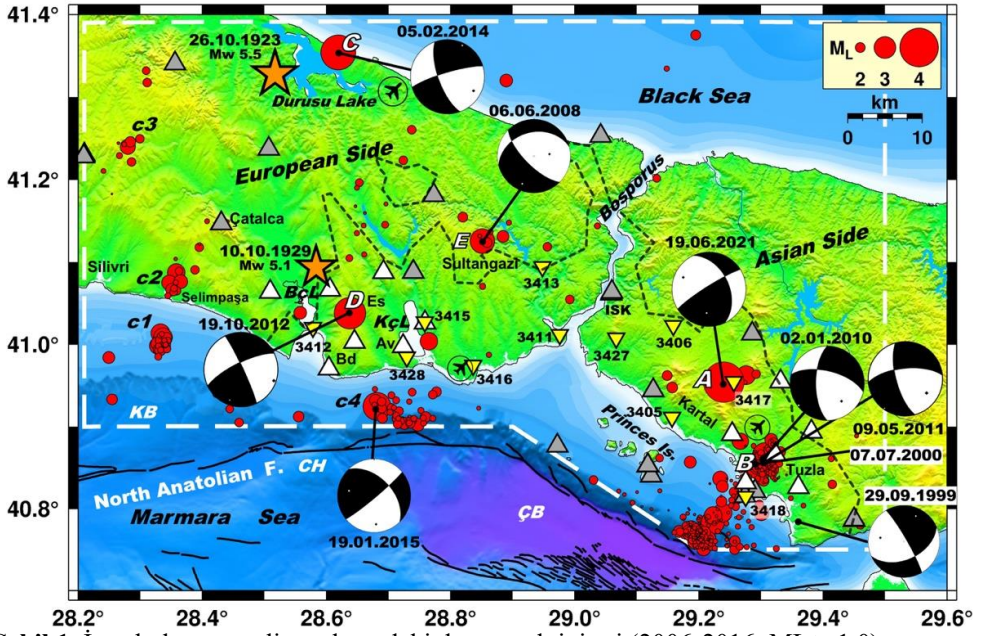
alanında 2006-2016 yılları arasında meydana gelen toplam 386 deprem, 3.038 P- ve 2.581 S-dalgası varış zamanları kullanılarak yeniden konumlandırılmıştır. Depremlerin episantr ve derinliklerindeki ortalama belirsizlik yaklaşık  $\pm 2$  km'dir. Bu belirsizliği azaltmak için deprem dalgası benzerliklerinin kullanıldığı çift-farklar ters çözümüyle yeniden analiz edilmiştir [5]. Sonuç olarak bölgedeki depremlerin ortalama yatay ve düşey konum belirsizlikleri sırasıyla  $\pm 400$  m ve  $\pm 1200$  m'ye düşürülmüştür. Depremlerin fay düzlemi çözümleri için P-dalgası ilk hareket yönlerinden yararlanılmıştır.

### **3.SONUÇLAR**

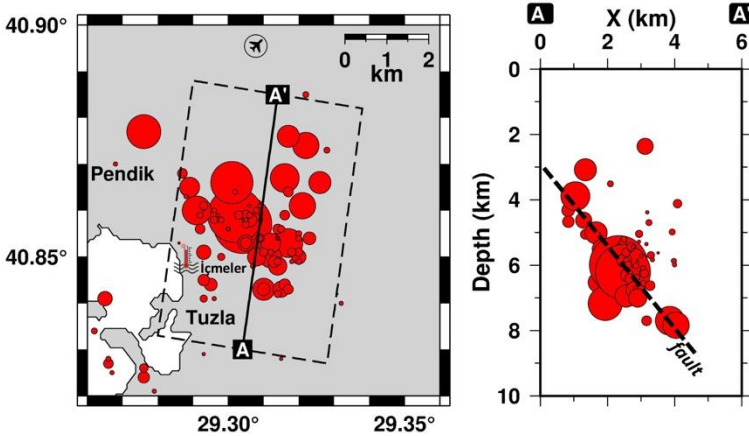
İstanbul içindeki depremler, Kuzey Anadolu Fayı'nın dışındadır ve Kuzey Anadolu Makaslama Zonu'ndaki ikincil makaslama yapıları üzerinde meydana gelmiştir (Şekil 1). Metropoliten alandaki 3.0 - 4.5 büyüklüğündeki depremler, İstanbul'un her iki yakasında beş önemli deprem kaynağını işaret etmektedir. Ayrıca, fay düzlemi çözümleri, yanal atımlı bileşenin baskın olduğunu göstermektedir. Kaynak alanlardan biri olan Tuzla-İçmeler jeotermal alanı en yüksek mikro-deprem aktivitesine sahiptir ve belirlenen kuzeye eğimli fay düzlemi buradaki termal suyun yüzeye taşınmasından sorumlu olabilir (Şekil 2).

Son depremlerin faylanma mekanizmaları ve uygun seçilmiş düğüm düzlemleri, Kuzey Anadolu Makaslama Zonu'ndaki sentetik/antitetik makaslama ve normal yapılarla uyumludur (Şekil 3). Odak mekanizmalarının P-eksenleri, transtansiyonel rejimin maksimum asal gerilmesiyle eşleşen BKB-DGD sıkışma kuvvetine ( $K110^\circ D$ ) işaret etmektedir. İstanbul'un Avrupa yakasındaki son depremlerin konumları ve KB-GD düğüm düzlemleri Batı Karadeniz Fayı ile iyi bir uyum içindedir. Ayrıca, 19 Haziran 2021 Kartal Depremi ( $M_L 4.1$ ) de dahil olmak üzere Asya yakasındaki depremlerin odak mekanizması çözümleri, haritalanmış Paleozoyik faylarla uyumlu bir doğrultuya sahiptir. Marmara'daki mevcut transtansiyonel rejimin olası Riedel/anti-Riedel makaslama yapıları ve İstanbul'daki Paleozoyik faylar arasındaki doğrultu uyumu nedeniyle, depremlerin ( $M_w 3-4$ ) eski fay yüzeylerinde meydana gelebileceği sonucuna varılmıştır.

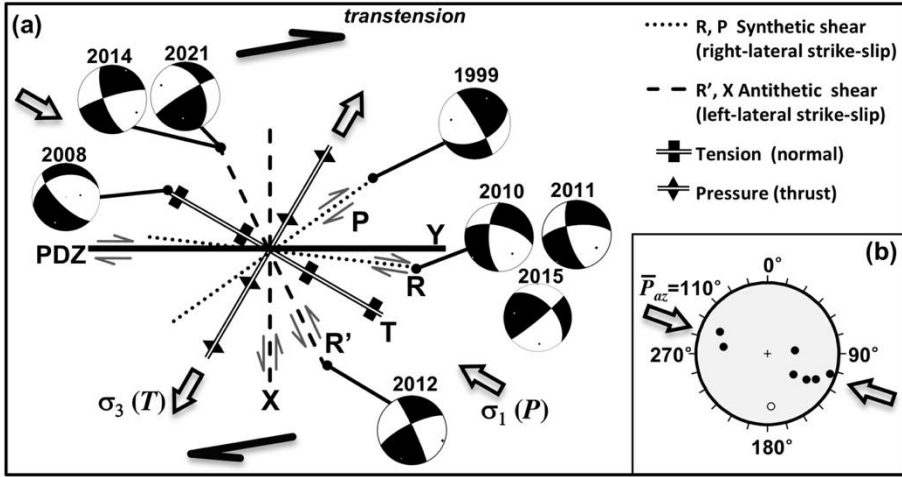
Anadolu'nun batıya hareketinden kaynaklanan sürekli gerilim yüklemesi, çalışma alanındaki önceden var olan zayıf zonlar üzerinde orta büyüklükte bir depreme ( $M_w 5.0-5.5$ ) de neden olabilir. Böyle bir durumda nümerik dalga simülasyonu sonuçları, İstanbul metropoliten alanında orta büyüklükteki bir depremin, zemin koşullarıyla beraber rezonans ve düşük inşaat kalitesine sahip orta katlı binalar (4 - 10 kat) için hasar potansiyeline olduğunu göstermektedir.



**Şekil 1.** İstanbul metropoliten alanındaki deprem aktivitesi (2006-2016,  $M_L \geq 1.0$ ). C1-C4 mikro-deprem kümeleridir. Yıldızlar 1923 ve 1929 İstanbul depremlerinin yeniden konumlandırılmış merkez üsleridir. Üçgenler sismoloji istasyonlarının yerlerini gösterir. Marmara Denizi içerisindeki faylar [6] çizgilerle gösterilmiştir.



**Şekil 2.** (a) Tuzla kümesinin sismik aktivitesi ve GGB-KKD profili (A-A'). Kesit 1:1 ölçeğinde çizilmiş ve olası KKD eğimli fay yüzeyi kesikli çizgi ile gösterilmiştir.



Şekil 3. (a) Transtansiyonel bir bölgedeki farklı fay yapılarının, İstanbul depremlerinin odak mekanizması çözümleriyle karşılaştırılması. Mekanizmalar deprem lokasyonlarına göre çizilmemiştir. PDZ: Ana deformasyon zonu (b) Depremlerin P (sıkışma) eksenlerinin yönelimi. Ortalama sıkışma doğrultusu ( $P_{az}$ )  $K110^{\circ}D$ 'dur.

## KAYNAKLAR

1. Ambraseys, N., (2009). Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900. Cambridge University Press.
2. Okay, A. I., Sengor, A.M.C. ve Görür, N, (1994). Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions. *Geology*, 22(3), 267-270.
3. Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C. ve Şengör, A.M.C., (1997). Geology and tectonic evolution of the Pontides. In: Robinson, A.G. (ed), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region*. AAPG Memoir 68, 183–226.
4. Bouchon, M. ve Aki, K., 1977. Discrete wave-number representation of seismic-source wave fields. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 67(2), 259-277.
5. Waldhauser, F. ve Ellsworth, W.L., (2000). A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the northern Hayward fault, California. *Bulletin of the seismological society of America*, 90(6), 1353-1368.
6. Armijo, R., Pondard, N., Meyer, B., Uçarkus, G., de Lépinay, B. M., Malavieille, J., ... ve Sarikavak, K., (2005). Submarine fault scarps in the Sea of Marmara pull-apart (North Anatolian Fault): Implications for seismic hazard in Istanbul. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 6 (6).



**ÇEVRE JEOLJİSİ, DEĞİŞEN İKLİM ve  
İSTANBUL**



## **Ulusal ve Bölgesel Perspektifte Türkiye'de Artan Heyelan Tehlikesi: İklim ve Antropojenik Etkilerin Rolü**

### *Increasing Landslide Hazard in Türkiye From a National and Regional Perspective: The Role of Climate and Anthropogenic Effects*

**Tolga Görüm<sup>a</sup>, Abdullah Akbaş<sup>b</sup>, Seçkin Fidan<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Maslak, Sarıyer, İstanbul*

<sup>b</sup> *Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Özlüce, Bursa*

<sup>c</sup> *Ankara Üniversitesi, Ayaş Meslek Yüksekokulu, Mimarlık Ve Şehir Planlama Bölümü, Ayaş, Ankara (tgorum@gmail.com)*

**Öz:** Heyelanların mekânsal ve zamansal dağılımlarının bilinmesi, heyelan tehlikesinin ve heyelana bağlı kayıpların ve zararların daha iyi anlaşılmasını kolaylaştıracaktır. Bu bakımdan, geçmiş heyelan olaylarını içeren güvenilir veriler, gelecekteki heyelan tehlikesi ve riskinin anlaşılması konusunda çok önemlidir. Ülkemizde heyelana bağlı kayıplar dramatik bir şekilde artmakta, her yıl daha fazla insan ve insana ait yapılar bu yaygın doğa ve antropojenik kaynaklı afetten etkilenmektedir. Heyelan tehlikesinin büyüklüğü, yoğunluğu ve/veya sıklığı artış eğiliminde olsa da, antropojenik müdahalelerin, özellikle büyük kentsel alanlardaki hızlı değişimin rolü sıklıkla göz ardı edilmiştir. Değişen iklim koşulları ile daha ekstrem olayların gözlemlendiği ülkemizde iklim değişikliği ile eş değerlendirilmesi gereken diğer olgunun antropojenik değişimlere bağlı etkinin kısa ve uzun dönemli sonuçlarıdır. Bu kapsamda bu çalışma son otuz yıllık dönemde ulusal ölçekte gerçekleşmiş heyelan olaylarının ana tetikleyicisi olan hidro-meteorolojik ve antropojenik faktörler ile İstanbul gibi büyük kentsel alanlardaki ölümcül ve ekonomik kayıplara yol açan heyelanları bölgesel bir yaklaşımla değerlendirmektedir. Çalışmanın sonuçları kentsel ve dağlık alanlarda artan antropojenik müdahalenin, bölgesel topoğrafik ve iklimsel farklılıklarla birlikte, heyelan frekans ve yoğunluğunu belirgin bir şekilde arttırdığını vurgulamaktadır.

*Anahtar Kelimeler:* Ekstrem olaylar, Afet, Kentleşme, İklim değişikliği, İstanbul

**Abstract:** Knowledge of the spatial and temporal distributions of landslides will facilitate a better understanding of the landslide hazard and landslide-related losses and damages. In this regard, reliable data including past landslide events are very important in understanding future landslide hazard and risk. Losses due to landslides

are increasing dramatically in our country, and every year more people and human structures are affected by this widespread natural and anthropogenic disaster. Although the magnitude, intensity and/or frequency of landslide hazards has tended to increase, the role of anthropogenic interventions, especially rapid change in large urban areas, has often been overlooked. In our country, where more extreme events are observed with changing climate conditions, another phenomenon that should be evaluated equally with climate change is the short and long-term consequences of the impact of anthropogenic changes. In this context, this study evaluates the hydro-meteorological and anthropogenic factors, which are the main triggers of landslide events that have occurred on a national scale in the last thirty years, and the landslides that cause fatal and economic losses in large urban areas such as Istanbul, with a regional approach. The results of the study emphasize that increasing anthropogenic intervention in urban and mountainous areas, together with regional topographic and climatic differences, significantly increases the frequency and intensity of landslides.

*Key Words:* Extreme events, Disaster, Urbanization, Climate change, Istanbul



## İklim Değişikliğinin İstanbul Üzerinde Ekstrem İklim İndekslerine Etkisinin CMIP6 İklim Modelleri İle İncelenmesi

### *Examination of the Impact of Climate Change on Extreme Climate Indices in Istanbul Using CMIP6 Climate Models*

**Berkin Gümüş<sup>a</sup>, Sertaç Oruç<sup>b</sup>, İsmail Yücel<sup>a</sup>, Tuğrul Yılmaz<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> İnşaat Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye

<sup>b</sup> İnşaat Mühendisliği Bölümü Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı, Türkiye;

(berkin.gumus@metu.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmanın amacı iklim değişikliğinin ekstrem iklim indekslerine etkisini İstanbul üzerinde en güncel iklim modelleri ile yakın (2015-2040), orta (2041-2070) ve uzak (2071-2100) gelecek için incelemektir. Çalışmada Birleşik Model Karşılaştırma Projesi Aşama 6 (CMIP6) iklim modellerinin Ortak Sosyo-Ekonomik Rotalar (SSP) 5-8.5 ve SSP2-4.5 senaryoları ele alınmış ve yüzyıl sonuna kadar incelenmiştir. Düşük bir mekansal çözünürlüğe sahip olan küresel iklim modellerinin (GCM'ler) çözünürlükleri, bir ölçek küçültme yöntemi olan kantil delta haritalama (QDM) metodu kullanılarak istatistiksel olarak yükseltilmiştir. Referans verisi olarak Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Yeniden Analizi 5-Land (ERA5-Land) kullanılarak iklim modeli ölçekleri  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$  (~9km) seviyesine getirilmiştir. Yağış temelli indeksler incelendiğinde toplam yağışların azaldığı bununla birlikte ekstrem yağış olaylarının ise artış eğiliminde olduğu görülmektedir. SSP 5-8.5 senaryosu altında yüzyıl sonuna gelindiğinde toplam yağışlardaki düşüş %10'a ulaşmaktadır. Yıl içinde yaşanan en şiddetli günlük yağışlara bakıldığında ise söz konusu yağış şiddetinde %25 seviyesinde bir artış öngörülmektedir. En yüksek %5'lik dilimdeki toplam ekstrem yağışların tüm yağışlara oranı ise referans döneminde (1961-2014) ortalama %22 seviyesinde iken yüzyıl sonunda %30 üzerine çıkmakta olup bu da gelecekte ekstrem yağış olaylarının toplam yağışların içindeki payının artacağını göstermektedir. Ekstrem sıcaklık indeksleri incelendiğinde ise günlük maksimum sıcaklıkların yıllık ortalamasında iki senaryo altında da sürekli bir yükseliş görülmektedir. Yüzyıl sonunda bu yükseliş SSP 5-8.5 senaryosu için  $5.5^\circ\text{C}$ 'ye ulaşmakta olup yıl içinde görülen en yüksek sıcaklarda ise  $7.2^\circ\text{C}$  artış beklenmektedir. Bu da bölgede ekstrem sıcakların ortalamadan daha hızlı yükseldiğini göstermektedir. Minimum sıcaklıkların  $0^\circ\text{C}$  altına düştüğü gün sayısının ise referans dönemde ortalama 15 iken yüzyıl sonunda sifıra kadar düşebileceği öngörülmektedir. Elde edilen sonuçlar İstanbul üzerinde ekstrem iklim olaylarının şiddet ve frekansının ve buna bağlı olarak da etkisinin giderek artacağını göstermektedir.

*Anahtar Kelimeler:* CMIP6, iklim değişikliği, ekstrem iklim indeksleri, kantil haritalama

**Abstract:**The aim of this study is to examine the impact of climate change on extreme climate indices in Istanbul using the most up-to-date climate models for the near (2015-2040), medium (2041-2070), and distant (2071-2100) future. In the study, the Shared Socioeconomic Pathways (SSP) 5-8.5 and SSP2-4.5 scenarios of the Climate Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) climate models were considered and analyzed until the end of the century. The resolutions of the global climate models (GCMs), which have a low spatial resolution, have been statistically enhanced using the quantile delta mapping (QDM) method, a downscaling technique. As a reference data, the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Reanalysis 5-Land (ERA5-Land) was used, and the scales of the climate model were brought to a level of  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$  (~9km). When precipitation-based indices are examined, it is observed that total precipitation decreases, while extreme precipitation events tend to increase. Under the SSP 5-8.5 scenario, the decrease in total precipitation reaches 10% by the end of the century. Looking at the most intense daily precipitation within a year, an increase of about 25% in this precipitation intensity is projected. The ratio of total extreme precipitation in the highest 5% percentile to all precipitation, which was on average about 22% during the reference period (1961-2014), is expected to exceed 30% by the end of the century, indicating that the share of extreme precipitation events in total precipitation will increase in the future. When examining extreme temperature indices, a continuous increase is observed in the annual average of daily maximum temperatures under both scenarios. By the end of the century, this increase is expected to reach 5.5 °C under the SSP 5-8.5 scenario, with an expected increase of 7.2 °C in the highest temperatures observed within the year. This indicates that extreme heats in the region are rising faster than the average. The number of days with minimum temperatures falling below 0 °C, which averaged 15 during the reference period, is projected to drop to zero by the end of the century. The obtained results show that the intensity and frequency of extreme climate events in Istanbul, and consequently their impact, are expected to increase progressively.

*Keywords: CMIP6, climate change, extreme climate indices, quantile mapping*

## **İklim Değişikliğinin İstanbul'un Su Havzalarındaki Akarsu Akımlarına Olası Etkilerinin İncelenmesi**

### *Climate Change Impacts on the River Flows of Watersheds of Istanbul*

**Gökhan Cüceloğlu, İzzet Öztürk<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> *Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü, Gebze Teknik Üniversitesi, Gebze, Kocaeli*

<sup>b</sup> *Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak, İstanbul  
(cuceloglu@gtu.edu.tr)*

**Öz:** Bu çalışmada, iklim değişikliğinin İstanbul'a içme suyu temin eden su havzalarındaki akımlara olası etkileri araştırılmıştır. Havzalardaki akarsu akımların tahmini için fiziksel tabanlı, deterministik, havza ölçeğinde simülasyon yapabilen Soil and Water Assessment Tool (SWAT) modeli kullanılmıştır. Hidrolojik model simülasyonları için gerekli meteorolojik veriler beş farklı küresel iklim modeli (GCM) çıktılarından (GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC ve NoerESM1-M) istatistiksel ölçek küçültme yöntemi kullanılarak çalışma bölgesine uyarlanması ile edilmiştir. Kurulan bölgesel hidroloji modeline ait çıktılar iki farklı emisyon senaryosu (RCP 4.5 ve RCP 8.5) için 2025 ile 2099 yılları arasında değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular referans dönem (1980-2013) akım verileri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada elde edilen model sonuçlarına göre bu yüzyılın sonuna kadar, İstanbul'un su havzalarında akarsu akımlarının önemli ölçüde azalacağı öngörülmektedir. Model çıktılarına göre su potansiyellerindeki azalmanın şehrin nüfusunun büyük çoğunluğunun yaşadığı Avrupa kıtasında yer alan su havzalarında daha şiddetli olacağı beklenmektedir. Çalışma kapsamında elde edilen bulgulara göre önümüzdeki yüzyılda İstanbul'a içme suyu temin eden havzalardaki akımların RCP 4.5 senaryosuna göre %13-%35 oran aralığında (ortalama %25), RCP 8.5 senaryosuna göre de %12-%45 oran aralığında (ortalama %35) azalacağı öngörülmektedir. Akarsu akımlarındaki beklenen azalmalar kurak dönemlerde şehrin su ihtiyacını sağlayan baraj göllerinin doluluk seviyelerini de önemli ölçüde etkileyeceği öngörülmektedir. İklim değişikliğinin İstanbul'un su kaynakları üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması ve şehrin su temin sisteminin özellikle kurak dönemler için dirençliğinin artırılması su güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır.

*Anahtar Kelimeler:* İklim değişikliği, İstanbul, Su kaynakları, Su Güvenliği

**Abstract:** In this study, the potential impacts of climate change on the flow of watersheds supplying drinking water to Istanbul were analyzed. The Soil and Water Assessment Tool (SWAT), which is a physical-based deterministic watershed-scale simulation model, was used to predict the future flows in the watersheds under climate change. Meteorological data for the future period were adapted to the study area using a statistical downscaling method by using outputs of five different global

climate models (GCM) (GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC, and NoerESM1-M). Flows obtained from the regional hydrology model were evaluated for two different emission scenarios (RCP 4.5 and RCP 8.5) for the years 2025 to 2099, and the results were compared with reference period (1980-2013) flow data. Our simulations demonstrate a substantial decrease in surface water availability within Istanbul and its surrounding areas by the year 2099. All GCM driven simulations align in agreement that the western part of the study area (European Side), where the majority of the population resides, will be impacted more in terms of surface water availability. The results revealed that in the next century, flows in the watersheds supplying drinking water to Istanbul are expected to decrease by an average of 25% according to the RCP 4.5 scenario, within a range of 13% to 35%, and by an average of 34% according to the RCP 8.5 scenario, within a range of 12% to 45%. The reductions in river flows are expected to significantly affect the reservoir levels of dam lakes that provide the city's water supply, particularly during drought periods. Mitigating the adverse impacts of climate change on Istanbul's water resources and increasing the resilience of the city's water supply system, especially during dry periods, are essential for water security in the next century.

*Key Words:* Climate change, Istanbul, Water resources, Water security

**ÖZTUNALI OTURUMU**

**JEOLJİK MİRAS ve KÜLTÜREL JEOLJİ**





**Prof. Dr. Önder ÖZTUNALI**  
**1935-2004**

**İstanbul Üniversitesi ve İstanbul Kültür Üniversitesi'ne  
değerli katkılarda bulunmuş Prof. Dr. Önder  
Öztunalı'yı minnet ve saygılarımızla anıyoruz.**





## **Şehirlerin Kalitesi Doğal Varlıkları Kadardır**

### *The Quality of Cities is as Much as Their Natural Assets*

**Nizamettin Kazancı** <sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06870 Gölbaşı Ankara

<sup>b</sup>Jeolojik Mirası Koruma Derneği, P.K.10, Maltepe, 06570 Çankaya, Ankara,  
(nkazanci@ankara.edu.tr- kazancinizamettin@gmail.com)

**Öz:** Günümüzde şehirlerin büyüklükleri, nüfusları ve kapladıkları alan ile ölçülüyorsa da aynı şehirlerin gücü, çekicilikleri, yaşam kalitesi doğa ve doğal alanlar ile olan ilişkisine göre belirlenmektedir. İnsanların nefes alacak yerlere, sessizliğe ve çıplak bile olsa boş bir araziye bakmak ihtiyacı bilinen hususlardır. Bunları sağlamak için 1980'lerin uygulaması olan şehir içindeki yeşil alanlar, park ve bahçeler artık yetersiz ve sürdürülemez olmuştur. Birleşmiş Milletler'n 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden 11.si olan "yaşanabilir şehirler", kentlerin üretim büyüklüğünü ve nüfus çokluğunu değil yaşam kalitesini esas almaktadır. Sorun ve/veya şehirlerde yaşam kalitesini yükseltmenin nasıl sağlanacağıdır. Bunun için bilimsel verilere dayalı akılcı uygulama örneklerine bakmak yeterlidir. Örneğin Uluslararası Doğa Koruma Birliği-IUCN, Dünya Miras Alanları için 2015'ten bu yana "yeşil kart" uygulaması başlatmıştır. Dünya Miras Listesi'ne girmiş tescilli yerlerde doğal hayatın sürmesine yeterli katkı veren miraslar "yeşil kart" ile ödüllendirilmektedir. Yine IUCN "yaban hayatı" bölgelerinin yalnızca korunmasını değil genişletilmesini önermekte, bunun insanların güncel hayatına olumlu etkilerini belgelemektedir. UNESCO'nun "küresel jeopark programı" aynı sebeplerle hızla yayılmaktadır. Uluslararası Yerbilimleri Birliği-IUGS UNESCO ile ortaklaşa Dünya Miras Listesi gibi "Dünyanın En iyi Jeositleri-Wold Best Geosites" projesini yürütmekte, her şehrin ve her ülkenin kendi değerlerine sahip çıkması için çağrılar yapmaktadır. IUCN, IUGS ve UNESCO'nun çabalarının ortak amacı halkın ve karar vericilerin şehirlerini çevresi bir bütün olarak görmelerini sağlamak, doğa ve doğal süreçleri tanıtarak iklim değişikliğine uyumlu toplumlar yaratmak, afet zararlarının azaltılmasına katkıda bulunmak, kırsal alanları kalkındırarak şehirlerin yükünü azaltmaktır. Kırsal alanlar arsa ve şehirlerin genişleyeceği mekanlar değil onların nefes alacağı yerlerdir. Bunun için doğal alanların bilimsel yönü ile öğrenilmesi ve öğretilmesi gerekir. Yönlendirme ve bilgi tabelaları ile desteklenmiş kırsal alanlar konumu ne olursa olsun, taşıdıkları biyo-ve jeoçeşitlilik nedeniyle jeoturizm odaklarıdır. Doğal alanları şehirler ile birleştirmenin başlangıcı, doğal varlık olarak nelerin bulunduğu bilinmesidir. Biyoçeşitlilik için biraz daha zahmetli, Jeoçeşitlilik için göreceli kolay olan öncelikli iş envanter çıkarılmasıdır. Bunun için ülkemizde yeterli yerbilimi bilgileri mevcuttur. Başta büyük şehirlerimiz olmak üzere bütün illerimizi, yerbilimcilerle ortak çalışmaya, ilçe düzeyinde jeolojik miras envanterlerini çıkarmaya davet ediyoruz. Bu konuda JMO desteği ile atılmış adımlar vardır. Memnuniyet verici husus jeolojik miras konusunda kamu kurumları, sivil toplum kuruluşları ve UNESCO Türkiye Milli Komisyonu ortak anlayışa sahiptir ve birbirlerini desteklemektedir.

**Anahtar kelimeler:** *Jeolojik Miras, Jeosit, Jeoçeşitlik, sürdürülebilir kalkınma, Dünya Mirası*

**Abstract:** Today, the sizes, populations, and areas covered by cities are measured, but the power, attractiveness, and quality of life of the same cities are determined by their relationship with nature and natural areas. It is a well-known fact that people have a need for places to breathe, silence, and even to look at an empty piece of land, even if it's just bare. To provide these, green areas, parks, and gardens within the city, which were implemented in the 1980s, have now become insufficient and unsustainable. The United Nations' 2030 Sustainable Development Goal 11, "sustainable cities," prioritizes the quality of life in cities rather than the size of production and population density. The question is how to address and/or increase the quality of life in cities. Looking at rational examples of practical applications based on scientific data is enough. For example, the International Union for Conservation of Nature (IUCN) has initiated the "green card" program for World Heritage Sites since 2015. Heritage sites that contribute sufficiently to the preservation of natural life in registered World Heritage Sites are rewarded with a "green card." IUCN also suggests not only the protection but also the expansion of "wildlife" areas and documents their positive impact on people's current lives. UNESCO's "global geopark program" is spreading rapidly for the same reasons. The International Union of Geological Sciences (IUGS) and UNESCO jointly carry out the "World's Best Geosites" project, similar to the World Heritage List, to call on every city and country to protect their own values. The joint efforts of IUCN, IUGS, and UNESCO aim to help the public and decision-makers see their cities as part of a whole, create climate-resilient communities by introducing nature and natural processes, contribute to reducing disaster damage, and develop rural areas to reduce the burden on cities. Rural areas are not spaces where cities and urban areas will expand, but places where they can breathe. For this, natural areas need to be learned and taught with their scientific aspects. Rural areas supported by direction and information signs are geotourism hubs due to the biodiversity and geological diversity they carry, regardless of their location. The beginning of combining natural areas with cities is knowing what exists in terms of natural existence. Inventory for biodiversity is a bit more laborious, and for geological diversity, it is relatively easy. In our country, there is sufficient earth science information available. We invite all our provinces, especially our major cities, to work with earth scientists to create geological heritage inventories at the district level. There are steps taken with the support of the Chamber of Geological Engineers (JMO) on this issue. It is gratifying that public institutions, civil society organizations, and the UNESCO Türkiye National Commission have a common understanding of geological heritage and support each other.

**Key Words:** *Geological Heritage, Geosite, Geodiversity, Sustainable Development, World Heritage*

## İstanbul'un Taş Kültüründe Küfeki Taşının Rolü ve Sürdürülebilirliği

### *The Role and Sustainability of Küfeki Stone in the Stone Culture of Istanbul*

**O. Serkan Angı, Yılmaz Mahmutoğlu**

*(<sup>a</sup>İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak İstanbul  
(angio@itu.edu.tr)*

**Öz:** İstanbul özgün kültürel ve tarihi geçmişe sahip dünyadaki nadir kentler arasındadır. Uygarlık tarihinde önemli bir yere sahip olan kentin miras yapılarının kimliğini yöresel "Küfeki Taşı" oluşturmaktadır. Özellikle, Tarihi Yarımada'da bu taştan yapılmış kentin simgesi olan mimari yapılar yer almaktadır. Bu yapılarda mimari eleman olarak kullanılan doğal taşlarda zamanla meydana gelen yıpranma ve "taş hastalıkları" bugün bu yapıların çoğunda restorasyon ve onarım çalışmalarını zorunlu hale getirmiştir. Diğer taraftan, mimari özelliklerin ve yapı özgünlüğünün korunması açısından restorasyon çalışmalarında özgün veya uygun niteliklere sahip alternatif doğal taş kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, Küfeki Taşı kaynağının yer aldığı bölgeler yoğun kentleşme baskısı altında kalmış, antik taş ocakları korunamamıştır. Literatürde; "Bakırköy Küfeki Taşı / Mactra'lı Kireçtaşı" olarak bilinen bu doğal taş türü, jeolojik olarak; Üst Miyosen (Sarmasiyen) yaşlı Çekmece Formasyonu'nun Bakırköy Üyesi içindeki "fosilli kireçtaşı" seviyelerine karşılık gelmektedir. Bu simgesel taşın yerine son yıllarda yapılan restorasyon uygulamalarında genellikle "Sazlıbosna Taşı" ile "Pınarhisar Taşı"nın kullanıldığı görülmektedir. Ancak, bu uygulamalarda tercih edilen taşların gerek görsel gerekse diğer özellikleri yönünden Küfeki Taşı ile hiç bir benzerliği bulunmamaktadır. Bildiride, İstanbul'daki tarihi kârgir yapıların sürdürülebilirliği için restorasyon çalışmalarında Küfeki Taşı'nın yerine alternatif olabilecek uygun doğal taş kaynakları üzerinde durulmuş ve çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** İstanbul, Küfeki Taşı, Sürdürülebilirlik, Tarihi yapılar, Taş hastalıkları, Taş kültürü.

**Abstract:** Istanbul is among the rare cities in the world with a unique cultural and historical background. The identity of the heritage buildings of the city, which has an important place in the history of civilization, is formed by the local "Küfeki Stone". In particular, in the Historical Peninsula, there are architectural monuments made of this stone, which are the symbol of the city. The decay and weathering that occurs over time in the natural stones used as architectural elements in these buildings and "stone deteriorations" have made restoration and repair works mandatory in most of these buildings today. On the other hand, in order to preserve the architectural features and originality of the buildings, alternative natural stone sources with original or appropriate qualities are needed in restoration works.

However, the regions where the Küfeki Stone source is located have been under heavy urbanization pressure, and the ancient quarries have not been preserved. This type of natural stone, known as "Bakırköy Küfeki Stone / Mactra-bearing Limestone" in the literature, geologically; It corresponds to the "fossiliferous limestone" levels within the Bakırköy Member of the Upper Miocene aged Çekmece Formation. Instead of this symbolic stone, it is observed that "Sazlıbosna Stone" and "Pınarhisar Stone" are generally used in the restoration works made in recent years. However, the stones preferred in these works have no similarity with Küfeki Stone in terms of both visual and other properties. In the presentation, suitable natural stone resources that can be an alternative to the Küfeki Stone in restoration projects for the sustainability of historical masonry buildings **in Istanbul were emphasized and solutions were proposed.**

**Key Words:** Istanbul, Küfeki stone, Sustainability, Historical buildings, Stone deteriorations, Stone culture.

## **1.GİRİŞ**

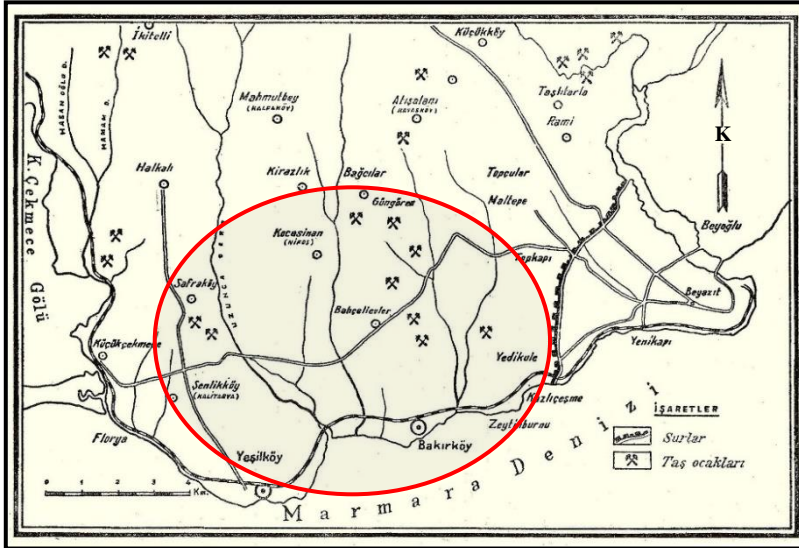
Bilimsel açıdan bakıldığında, doğanın tüm sırlarının taşta gizli olduğu söylenebilir. Teknik açıdan ise, taş en güvenilir doğal yapı malzemesi olarak tanımlanabilir. Bu nedenle, insanlık tarihinde kültürel çeşitliliğin yaşatılmasında, deneyim ve birikimlerin günümüze aktarılmasında taş önemli bir rol üstlenmiştir. Ömürleri uzun olsun diye değerli her şey taşa işlenmiş, kutsanan imgeler taşa can bulmuş, görkemli kültürel simgelerin tümü taştan oluşturulmuştur. Bugün farklı uygarlık ve kültürlerle ait, taşla örülüp bezenmiş tarih ve anıtsal yapılara ortak miras olarak sahip çıkılmakta, korunmakta, yıpranan gövdeleri ve eskiyen yüzleri yenilenmektedir. Uygarlık tarihinde önemli bir yere sahip İstanbul'un da kimliği taşa yazılmıştır. Antik kent merkezi "Tarihi Yarımada" adeta taştan oluşturulan yapılarla bezenmiştir. Burada bulunan, Roma, Bizans ve Osmanlı İmparatorluklarının simgesi sayılabilecek yapılar uzun yaşamını taşa borçludur.

Bu yapılarda, "Küfeki Taşı" olarak adlandırılan "Bakırköy Kireçtaşı" en yaygın kullanılan taş türünü oluşturur. Ancak, kentin antik kimliğini bezeyen saray, kilise, sur, cami, külliye, köprü, su kemeri, türbe vb. birçok yapıda oluşan yıpranma ve taş hastalıkları, günümüzde bu yapıların çoğunda iyileştirme ve yenileme çalışmalarını zorunlu hale getirmiştir. Bu nedenlerden dolayı, bu yapıların birçoğu restore edilmiş, bazıları için ise çalışmalar halen devam etmektedir. Ayrıca, son yıllarda projelendirilen modern yapılarda da kayda değer yapı taşı kullanımı gereksinimi doğmuştur (Mahmutoğlu, 2014; Angı, 2010; Angı 2019a; 2019b). Bunun yanı sıra, Küfeki Taşı yerine kullanılan alternatif taşların da uygun niteliklere sahip olmadıkları, yapılan uygulamalarda da karşımıza çıkmaktadır. Bu iki nedenden dolayı, İstanbul'da büyük miktarda yapı taşı talebi ortaya çıkmıştır. Bakırköy Kireçtaşının bulunduğu alanların tümünde yapılaşmaya gidilmiş olması, bu taşın yerine kullanılabilecek alternatif yeni taş kaynaklarının araştırılmasını zorunlu hale getirmiştir.

## 2.KÜFEKİ TAŞININ MALZEME ÖZELLİKLERİ

Sözlük anlamı olarak; Köfeki/Kefeki/Küfeki Taşı; 1. Sünger taşı, delikli taş; 2. Gevrek, yumuşak ve kolay işlenebilen taş olarak açıklanan bu terim, Eski Yunanca'da ise; (Koupho)lithos; (kof, hafif ve süngerimsi) taş olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, bu doğal taşın bileşiminde bulunan fosil kavrıklarından dolayı taş ocakçılığında ve halk dilinde; "Midyeli Taş" olarak da adlandırıldığı bilinmektedir (Angı, 2019a; 2019b).

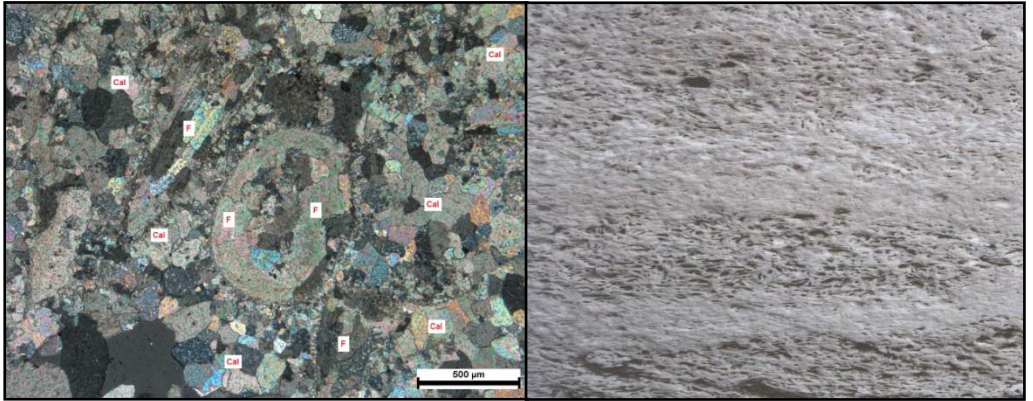
Bizans döneminde de, imparatorluğun kentteki ana taş üretim merkezi olan Küfeki Taşı ocakları, Osmanlı İmparatorluğu dönemindeki belgelere göre; Davutpaşa'daki Mehmed Paşa çiftliğinden, Haznedar'daki Lütfi Paşa çiftliğine kadar uzanmaktaydı. Bu taş ocakları yazılı belgelerde; "seng-i küfeki karheng-i miri (devlete ait küfeki taşı ocağı)" olarak adlandırılmaktaydı (Barkan, 1979; Çelik, 2009; Angı vd. 2017; Angı, 2019a; 2019b). Bizans Dönemi'nde; Konstantinopolis (İstanbul) /Makriköy (Bakırköy) Taşı, Osmanlı Dönemi'nde; Köfeki/Küfeki Taşı ve Cumhuriyet Dönemi'de ise; Bakırköy Küfeki Taşı olarak bilinen bu doğal taş türü jeolojik olarak; Üst Miyosen (Sarmasyen) yaşlı Çekmece Formasyonu'nun sığ denizel ortamda çökelmiş Bakırköy Üyesi (Bakırköy Kireçtaşı) içindeki (Arıç, 1955; Özgül vd. 2011) litolojik olarak; "Fosilli (Mactra'lı) Kireçtaşı (Kalker)" seviyelerinde açılmış eski dönemlerde işletilen taş ocaklarından çıkarılmıştır (Arıç, 1955; Sayar ve Erguvanlı, 1955). Bu ocaklar, İstanbul'un Bakırköy ilçesi başta olmak üzere, Haznedar, Merter, Güngören, Davutpaşa, Zeytinburnu ve Sefaköy civarlarında yayılım göstermekteydi (Şekil 1).



Şekil 1. Bakırköy ve civarındaki Küfeki Taşı'nın üretildiği eski ocaklarının (kırmızı daire içindeki) yayılımı (Sayar ve Erguvanlı, 1955).

## 2.1. Küfeki Taşının mineralojik-petrografik özellikleri

Küfeki Taşı arazide; beyaz, kirli beyaz ve sarımsı bej renkte, çoğunlukla tabakalı, çatlaksız ve yönlenmemiş yapıda olup, kesilip boyutlandırıldığında son derece masif bir görünüme sahiptir. Mineralojik olarak; bağlayıcı çimento (matriks) yapısı çok büyük oranda sparitik kalsit- $\text{CaCO}_3$  (% 93-100) ve az oranda da kuvars- $\text{SiO}_2$  (% 1-3) kristallerinden oluşmaktadır. Bol fosil kavkılı, yer yer karstik boşluklu ve kriptomatelli olan bu doğal taş başlıca; *Mastra*, *Melanopsis* ve *Helix* kavkuları ile Krinoid parçaları içermektedir (Pamir ve Sayar, 1933; Arıç, 1955); (Şekil 2). Taşın içerdiği bu kavkılar ve mineralojik yapısı, ocaktan çıkarıldıktan hemen sonra kolay işlenebilmesi ve zamanla havayla temas etmesi sonucunda, bünyesine karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) alıp, ikincil bir “hidratasyon” yaparak sertleşmesiyle, taşa; doğal ve dayanıklı “Kompozit” bir malzeme niteliği kazandırmıştır (Arıoğlu ve Arıoğlu, 1997; Tuğrul vd. 1999). Küfeki Taşı, Folk (1962)'ye göre petrografik sınıflamada; “Biyosparitik Kireçtaşı” olarak adlandırılmaktadır (Angı vd. 2017; Angı 2019a; 2019b).



Şekil 2. Küfeki Taşı'nın makroskobik (solda) görünümü ve mikroskobik (sağda) görüntüsü (Angı vd. 2017; Angı, 2019). (Cal: Kalsit; F: Fosil)

## 2.2. Küfeki Taşının fiziko-mekanik özellikleri

Yapı taşlarında aranan fiziko-mekanik özellikleri belirlemek amacıyla, Küfeki Taşı örnekleri üzerinde, TS 699 ve TS 2513 standartlarına göre, İTÜ Maden Fakültesi laboratuvarlarında ilgili deneyler yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur.

**Tablo 1.** Küfeki Taşı'nın fiziko-mekanik özelliklerinin deney sonuçları.

<b>Fiziksel Özellikler</b>	<b>Birim</b>	<b>Değer</b>	
Sertlik	Mohs	2-3	
Birim Hacim Ağırlığı	g/cm <sup>3</sup>	<b>Kuru</b>	<b>Doygun</b>
		2.35	2.41
Ağırlıkça Su Emme	%	2.43	
Porozite	%	5.86	
<b>Mekanik Özellikler</b>	<b>Birim</b>	<b>Değer</b>	
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	kg/cm <sup>2</sup>	<b>Don Öncesi</b>	<b>Don Sonrası</b>
		442	411
Ağırlıkça Don Kaybı	%	0.11	
Endirekt Çekme Dayanımı	kg/cm <sup>2</sup>	32	
Böhme Aşınma Dayanımı	cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup>	22	

### 3.SONUÇ

İstanbul'da bulunan farklı uygarlıklara ait anıtsal niteliğe sahip önemli tarihi yapılarda, günümüzde ve yakın gelecekte yapılması planlanan restorasyon ve onarım çalışmaları için, bu yapıların hemen hepsinde “özgün yapı malzemesi” olarak yoğun bir biçimde kullanılmış olan yöresel “Küfeki Taşı”nın sağlandığı taş ocakları günümüzde hızlı nüfus artışına bağlı olarak yoğun yapılaşmanın altında kalmıştır. Bu nedenle, günümüzdeki restorasyon uygulamalarında, alternatif olarak kullanılan mevcut doğal taş türlerinin çok kısa bir zaman içerisinde bozunmaya ve yıpranmaya uğradıkları görülmüştür. Dolayısıyla, İstanbul'da bulunan anıtsal mimari eserlerimizin restorasyonu ve onarımlarında, tarafımızca yapılan detaylı ön bilimsel araştırmalarla, özgün taşın bire bir benzer niteliklerine sahip, yurtdışı ve yurtiçi yeni potansiyel kaynak alanları tespit edilmiştir. Bu yeni kaynaklardan temin edilecek olan “özgün” doğal taşlar ile kentin tarihi yapılarının sürdürülebilirliği açısından, nitelikli bir şekilde restore edilerek, yapıların mimari kimliğine saygılı ve gelecek nesillere de sağlam bir şekilde kavuşturulacağı şüphesizdir.

### KAYNAKLAR

1. Angı, O.S., (2010). “İstanbul Tarihi Yarımada'daki Antik Yapılarda ve Anıtlarda Kullanılan Doğal Taşların Özellikleri ve Korunmuşluk Durumları”. İBB-KUDEB Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları, 6, 31-42.
2. Angı, O.S., Yavuz, O., Çiftçi, E., (2017). “Geçmişten Günümüze İstanbul'daki Önemli Yapılarda Kullanılan Yöresel Yapı ve Kaplama Taşlarının Jeo-Litolojik ve Arki-Tektonik Özellikleri”, İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri, 28(1), 163-196.
3. Angı, O.S., (2019a). “Kentin Tarihi Kimliği İle Bütünleşmiş, Uygarlıkların Anıtsal Yapılarında Kullandığı Yöresel Bir Doğal Taş:“İstanbul Taşı (Bakırköy Küfeki Taşı)”. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Mavi Gezegen Dergisi, Doğal Taşlar Özel Sayısı, 26, 65-70.

4. Angı, O.S., (2019b). "İstanbul'daki Tarihi Kârgir Yapıların Koruma ve Onarımında "Küfeki Taşı" Sorunsalı ve Çözüm Önerileri", İBB-KUDEB Kargir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri XI Bildiriler Kitabı, s. 246-259.
5. Arıç, C., (1955). "Haliç-Küçükçekmece Gölü Bölgesinin Jeolojisi". İTÜ Maden Fak., Doktora Tezi, 48 s., İstanbul.
6. Arıoğlu, N., Arıoğlu, E., (1997). "Mimar Sinan'ın Seçtiği Taş: Küfeki ve Çekme Dayanımı", 14. Türkiye İnşaat Mühendisliği Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 1021-1034.
7. Barkan, Ö.L., (1979). "Süleymaniye Camii ve İmaretî İnşaatı, Cilt II", Türk Tarihi Kurumu Yayını, 301 s., Ankara.
8. Çelik, S., (2009). "Süleymaniye Külliyesi Malzeme, Teknik ve Süreç", Atatürk Kültür Merkezi Yayını, 328 s., Ankara.
9. Folk, R. L., (1962). "Spectral Subdivision of Limestone Types", in W. E. Ham, eds., Classification of Carbonate Rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoir No. 1, 62- 64.
10. Mahmutoğlu, Y., (2014). "İstanbul'un Gerçek Hafızası Küfeki Taşı ve Restorasyonda Kullanılabilecek Trakya Bölgesi Yapı Taşı Olanakları", Yer Mühendisliği, 4, 42-46.
11. Özgül, N., Özcan, İ., vd., (2011). "İstanbul İl Alanının Jeolojisi". İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, İstanbul Kent Jeolojisi Projesi Yayını, 305 s., İstanbul.
12. Pamir, H.N., Sayar, A.M., (1933). "Küçük Çekmece Memeli Fosil Yatağı", Jeol. Ens, Neş., No. 6.
13. Sayar, A.M., Erguvanlı, K., (1955). "Türkiye Mermerleri ve İnşaat Taşları". İTÜ Maden Fakültesi Yayını, 130 s., İstanbul.
14. Tuğrul, A., Zarif, İ.H., Yıldırım, M., Gürpınar, O., (1999). "İstanbul'daki Tarihi Anıt ve Yapılarda Kullanılan Kireçtaşlarının Kirlenme ve Ayrışmasında Etkin Faktörler", İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri, 12(1), 39-51.
15. TS 2513, (1977). Doğal Yapı Taşları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
16. TS 699, (2000). Doğal Yapı Taşları – İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.



## **Hatıpler Köyü (Gebze/Kocaeli)'nde Korunması Gereken Bir Jeolojik Miras: Hatıpler Formasyonu**

### *A Geological Heritage to be Protected in Hatıpler Village (Gebze/Kocaeli): Hatıpler Formation*

**Göksel Dursun, Talha Acar, Yıldırım Güngör**

*İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Müh. Müh. Jeoloji Müh. Bölümü, Büyükçekmece /İstanbul  
(gokseld@iuc.edu.tr)*

**Öz:** Hatıpler Formasyonu, Gedik vd. (2005) tarafından Kocaeli ilinin Gebze ilçesine bağlı Hatıpler mahallesi yakın kuzeydoğusunda ayırtılarak tanımlanmış ve bu lokasyonda adlanmıştır. Altta sarımsı bej ve kırmızı renkli kumtaşı, çamurtaşı ve çakıltaşlarından oluşan karasal çökel niteliğindeki Melemezli üyesi ile üzerinde Nummulites sp. ve Assilina sp. içeren resifal kireçtaşları yer almaktadır. Şelf çökeli karakterindeki Lütésiyen yaşlı birimde ayrıca yeşilimsi gri renkli, yine Nummulites sp. ve Assilina sp. içeren karbonatlı kumlu şeyller, grimsi mavi renkli bol fosilli kumlu kireçtaşları, oldukça dayanımlı, yer yer 50 cm kalınlığa ulaşan grimsi bej bol fosilli kireçtaşları, canlı eşeleme izleri ve kalıpları içeren kumlu, bol fosilli dayanımlı kireçtaşları, kül rengi karbonatlı, kumlu, oldukça dağınık ve nisbeten seyrek fosilli kil seviyeleri ise tarafımızdan tanımlanmıştır. Birim üst seviyelere doğru genel karakterini yansıtan grimsi bej renkli, oldukça dayanımlı, bol Nummulites sp. ve Assilina sp. içeren kireçtaşları şeklinde izlenmektedir. Hatıpler Mahallesi kuzeydoğusunda malzeme almak için açılmış bir ocak içinde kalınlığı yer yer 3 metreye kadar uzanan seviye, tamamen Nummulites ve Assilina fosillerinden oluşmaktadır. Bu seviye önemli bir jeolojik mirastır ve mutlaka korunması gerekmektedir. Bu bildiride Hatıpler Formasyonunun Jeolojik miras potansiyeli ve nasıl korunması gerektiği tartışılacaktır.

*Anahtar Kelimeler: Jeolojik Miras, Jeoçesitlilik, Jeoturizm, Jeosit, İstanbul*

**Abstract:** Hatıpler Formation, Gedik et al. (2005) in the near northeast of the Hatıpler neighborhood of the Gebze district of Kocaeli province and named it in this location. The Melemezli member, which is a terrestrial sediment consisting of yellowish-beige and red sandstone, mudstone and conglomerate at the bottom, and Nummulites sp. and Assilina sp. contains reef limestones. In the Lutetian aged unit with shelf sediment character, greenish gray colored Nummulites sp. and Assilina sp. carbonate sandy shales containing carbonate, greyish blue colored abundantly fossiliferous sandy limestones, very durable, grayish beige abundantly fossiliferous limestones reaching a thickness of 50 cm in places, sandy, abundantly fossiliferous durable limestones containing live digging traces and moulds, ash colored carbonated, sandy, highly dispersed and Relatively sparse fossiliferous clay levels were identified by us. Towards the upper levels of the unit, greyish-beige colored, very durable, abundant Nummulites sp., reflecting its general character. and Assilina

sp. It is observed as limestone containing The level, which is up to 3 meters thick in places, in a quarry opened to obtain materials in the northeast of Hattipler District, consists entirely of Nummulites and Assilina fossils. This level is an important geological heritage and must be protected. In this paper, the geological heritage potential of the Hattipler Formation and how it should be protected will be discussed.  
*Keywords: Geoheritage, Geodiversity, Geotourism, Geosite, Istanbul*

## Örnek Bir Jeobelde: Hacılı Şalelesi ve Gürlek Mağarası (Şile-İstanbul)

*In an Exemplary Geotown: Hacılı Waterfall and Gürlek Cave (Şile Istanbul)*

**Azra ReyhanKahraman<sup>(a)</sup>, Ecrin Zeynep Saygılı<sup>(a)</sup>, Aral Güngör<sup>(a)</sup>, Selçuk Erdem<sup>(a)</sup>, Osman Işık<sup>(a)</sup>, Yıldırım Güngör<sup>(b)</sup>, Direnç Azaz<sup>(b)</sup>**

*<sup>a</sup>Özel Mürüvet Evyap Okulları, Maden Mah.Bakır Sokak No:2  
Sarıyer/İstanbul*

*<sup>b</sup>İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Müh.Fak. Jeoloji Müh.Bölümü,  
Büyüçekmece/İstanbul  
(yildirim.gungor@iuc.edu.tr)*

**Öz:** Jeoturizm; jeoloji/Jeomorfoloji temalı, öğrenme amaçlı ve bilgi temelli bir ekoturizm türüdür. Bu turizm türü kayaçlar, fosiller, mineraller, volkanlar, buzullar, buzul gölleri, dağlar, aşınma ve birikme şekilleri ile deprem, sel, heyelan gibi afete dönüşebilecek doğa kaynaklı olaylar, yapısal unsurlar, çöller, göller, mağaralar, nehirler, şaleleler ve madenler ile insan jeoloji ilişkisinin yoğun olarak gözlemlendiği kültürel öğeleri de kapsamaktadır. Jeoturizmin yatırım maliyetleri, diğer turizm türlerine oranla çok düşük olduğu için getirisi de fazladır. Ekonomik ve kültürel olarak belli bir aşamada bulunan Jeoturistler, Jeolojik Miras olarak isimlendirilen bu oluşumları yerinde görmek için bazen günlerce süren yolculuklar yapmaktadırlar. “Jeobelde”, ismini ve varlığını borçlu olduğu jeolojik varlıktan alan yerleşim birimidir. İsmi bir masğara ve Şaleden alan Hacılı Köyü bir jeobelde adaydır. Bu çalışmanın amacı; Hacılı mahallesi sınırları içindeki Gürlek mağarası ve civarında bulunan Jeolojik Miras unsurlarından yola çıkılarak, bu alanın jeoturizm potansiyelini ortaya koymak ve Koruma-Kullanma temelli sürdürülebilir bir kalkınma modeli geliştirmektir. Bu amaçla önce mahalle sakinleri ve doğaseverlere anketler uygulanmıştır. Daha sonra alanın Jeolojik Miras unsurlarını saptamak ve Jeoturizm potansiyelini ortaya çıkarmak için saha çalışmaları yapılmıştır. Anket sonuçları ile saha çalışmalarında yapılan gözlemler ve tespitler, hedef alandaki Jeolojik Miras öğelerinin sadece Jeoturizm için değil doğa eğitimleri içinde de önemli olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma sonunda alanda yapılacak bir Jeoturizm düzenlemesinin hem alanın korunmasını sağlayacağı, hem de köy için önemli bir gelir kaynağı oluşturacağı ortaya konmuştur

*Anahtar Kelimeler: Jeolojik Miras, Jeoturizm, Sürdürülebilir Kalkınma, Hacılı Şalelesi, Hacılı Mağarası*

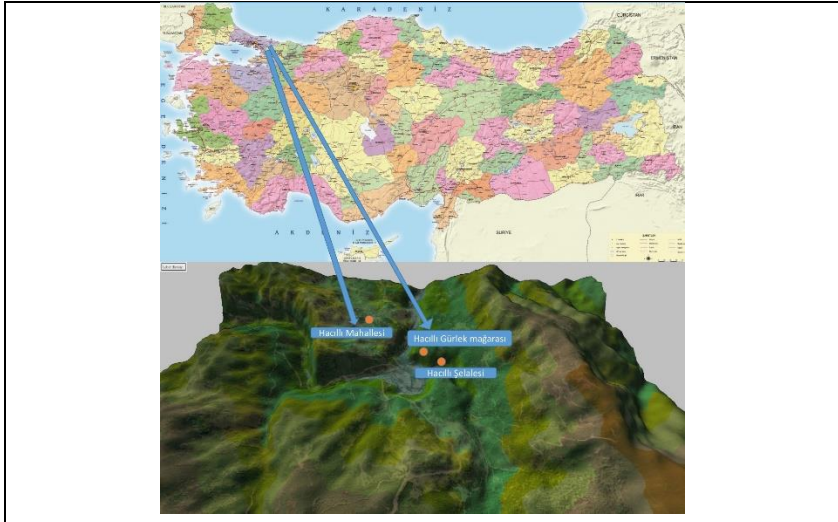
**Abstract:** Geotourism; It is a type of ecotourism with a Geological Heritage theme, for learning purposes and based on knowledge. This type of tourism is about rocks, fossils, minerals, volcanoes, glaciers, glacial lakes, mountains, erosion and accumulation patterns, natural events that can turn into disasters such as earthquakes, floods and landslides, structural elements, deserts, lakes, caves, rivers, waterfalls and

mines. It also includes cultural elements where human-geology relations are intensely observed. Since the investment costs of geotourism are very low compared to other types of tourism, its returns are also high. Geotourists, who are at a certain stage economically and culturally, sometimes travel for days to see these formations, called Geological Heritage, on site. "Geotown" is a settlement that takes its name and existence from the geological entity to which it owes its existence. Hacılı, named after a cave and a waterfall, is a geotown candidate. The purpose of this study; Based on the Geological Heritage elements of Gürlek cave and its surroundings within the borders of Hacılı district, it is to reveal the geotourism potential of this area and to develop a sustainable development model based on Protection-Use. For this purpose, surveys were first administered to neighborhood residents and nature lovers. Later, field studies were carried out to identify the Geological Heritage elements of the area and to reveal its Geotourism potential. Survey results and observations and findings made during field studies have revealed that the Geological Heritage elements in the target area are important not only for Geotourism but also for nature education. At the end of the study, it was revealed that a geotourism arrangement to be made in the area will both ensure the protection of the area and create an important source of income for the village.

*Key Words: Geological Heritage, Geotourism, Sustainable Development, Hacılı Waterfall, Hacılı Cave*

## 1.GİRİŞ

İstanbul F23c4 paftasında bulunan proje alanı İstanbul İlinin Şile İlçesinin Hacılı Mahallesi sınırları içinde kalmaktadır (Şekil 1). Muhtarlıktan alınan bilgiye göre nüfusu 2013 yılından beri sürekli azalan Hacılı'nın toplam nüfusu 233'tür .



Şekil 1. Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası

Yer yuvarının 4.6 milyar yıllık yaşam süresinin herhangi bir döneminde meydana gelmiş gerek oluşum, gerekse bulunuş şekli ile ender bir doğal anıt görünümünde olan ve korunmaya alınmazsa kısa sürede yok olacak bölge, kayaç, fosil, mineral ve yer şekilleri gibi oluşumlara jeolojik miras adı verilmektedir (Güngör, 200; Güngör ve diğ.,2015; Çiftçi ve Güngör, 2014). Bu oluşumlar yok edildiğinde yeryuvarının geçmişiyile ilgili birçok bilgi de silinmiş olmaktadır. Yerbilimciler açısından yüzlerce milyon yıllık, bazen de milyar yıllık bu oluşumların kısa sürede yok edilmesi büyük bir problemdir. İnsanlara doğa kültürünü aşlamak, doğa koruma konusunda daha duyarlı olmaların sağlamak için ise bu türden doğal anıt sayılan Jeolojik Miras öğelerinin korunması ve verdikleri mesajların anlaşılabilir olmasını sağlamak gerekmektedir. Özetle yok olması durumunda bulunduğu bölgeye ait bilgi ve jeolojik bir belgenin kaybolacağı, nadir bulunan, yok olma tehdidi altındaki jeosit'tir (Wimbledon, 1996; Kazancı, 2010 a,b; Çiftçi ve Güngör, 2016)

### **1.1.Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmanın yapmaktaki amacımız; Hacılı Gürlek Mağarası ve civarında yapılacak koruma- kullanma amaçlı Jeoturizm düzenlemesi ile ziyaretçilerin doğaya zarar vermesinin engellenmesi, jeolojik/Jeomorfolojik unsurların bulunduğu Jeotur güzergahının belirlenmesi, mağara içinde yaşayan yarasaların korunması için tedbir alınması ve yöre halkıyla işbirliği yapılarak sahanın sürdürülebilir bir ekonomik kalkınma amaçlı kullanımının koşullarının ortaya konması ile ilgili bir proje geliştirmektir.

## **2.YÖNTEM**

Proje oluşturulmadan önce araştırma yapılarak önce konu belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda İstanbul civarındaki kırsal kesimde küçük bir sürdürülebilir kalkınma amaçlı bir alan aranmış ve "**Jeobelde**" proje alanı olarak Şile ilçesi Hacılı köyü saptanmıştır. Projenin ikinci aşaması olarak literatür çalışması yapılmıştır. Bu konuda Türkiye Jeolojik Mirası Koruma Derneği yayınları, MTA yayınları, jeoloji Mühendisleri Odası yayınları, Uluslararası camiada önemli bir yeri olan Geoheritage dergisi ile bu konuda yayın yapmış bilim insanlarının çalışmaları okunmuş, Küresel Jeopark Ağı (GGN-Global Geopark Network) üyesi jeoparklar incelenmiş ve proje konusu hakkında deneyim kazanılmıştır. Bu çalışma sonrasında bir SWOT analizi yapılarak alanın güçlü ve zayıf yanları ortaya çıkarılmıştır

Üçüncü aşamada Hacılı Mahallesi ve hedef proje alanına gidilerek köyün ekonomik kaynakları hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Bu çalışmada köyün ana geçim kaynağının odun kömürü ve hayvancılık olduğu, az miktarda da tarım yapıldığı gözlenmiştir. Bu ilk saha gezisinde ilgi çekici olan bir somut veri elde edilmiştir. Yaz aylarında köyün gelirinde Hacılı Şelalesi ve Hacılı Gürlek Mağarası sayesinde yöreye gelen ziyaretçi sayısında ciddi artışlar olmaktadır. Dördüncü aşamada Hacılı ve civarında yapılan tespitlerden yola çıkılarak yöre halkı ve ziyaretçiler için ayrı

anket formları hazırlanmış, bu anketler yöre halkına ve ziyaretçilere uygulanmıştır . Beşinci aşamada üç kez saha çalışması yapılarak Hacılı ve civarında var olan Jeolojik Miras öğeleri saptanmış, proje alanı için hangi özelliklerinden dolayı önemli oldukları not edilmiş ve bilimsel veriler toplanmıştır. Bu veriler daha sonra 24 kişilik bir ziyaretçi grubuna sahada anlatılmış ve ardından bu gruba anket uygulanmıştır.

Final aşamasında anket sonuçları değerlendirilerek analizler yapılmış, saha çalışmalarında elde edilen sonuçlar değerlendirilerek ziyaret edilecek ve doğa eğitiminde de kullanılacak Jeolojik Miras unsurları saptanmış, bu unsurların bilimsel tanımlaması yapılmıştır. Çalışma sonunda proje alanını ziyaret edenler için bir bilgilendirme panosu hazırlanmıştır.

### **3.BULGULAR**

#### **3.1.Anket analizleri**

Proje kapsamında iki adet anket yapılmıştır. Hacılı sakinlerinden 31 kişiye yöreye doğa yürüyüşüne gelenlerden ise 24 kişiye uygulanan anket sonuçları değerlendirilerek yöre halkının ve ziyaretçilerin proje alanı hakkındaki düşünceleri öğrenilmiştir. Ankete verilen yanıtlardan köy halkının; mağara ve civarının potansiyelinin farkında olduğunu, ancak yöreye gelen piknikçilerin ve kampçıların davranışlarından rahatsız oldukları, bu rahatsızlığın daha çok çevreye verilen zararlarla ilgili olduğu ortaya çıkmıştır. Ankete katılanların mağara ekosistemi hakkında çok bilgileri olmamasına rağmen mağara içinde yaşayan yarasaların korunması gerektiğini düşünmeleri oldukça ilginçtir. Bu durum doğayı bilen, tanıyan insanların doğaya saygı gösterdikleri anlamına gelmektedir. Bölgede doğa yürüyüşü yapan 24 kişilik bir guruba yapılan anket sonuçları da hemen hemen aynıdır. İlk 10 soru için genel bir değerlendirme yapıldığında katılımcıların yöre halkına göre bilimsel anlamda daha bilgili olduğu görülmektedir. Yarasalar ile ilgili sorularda katılımcıların yarasalarla ilgili görüşleri olumludur. Katılımcılar yarasaların doğaya yararlı oldukları konusunda hem fikirdirler. Kendileri de ziyaretçi olmalarına karşın bölgeye gelenlerin çevreyi korumadıklarını ama köye ekonomik katkıda bulduklarını düşünmektedirler. Hem yöre halkı hem de ziyaretçilerden alınan geri bildirimler proje alanının düzensiz ve vahşice kullanıldığını ortaya koymaktadır. Bu şekilde bir arazi kullanımı kısa bir süre içinde doğanın büyük zarar görmesine neden olacaktır. Bu proje sürdürülebilir, çevreye saygılı ve yöreye ekonomik katkı sunacak bir proje olacaktır

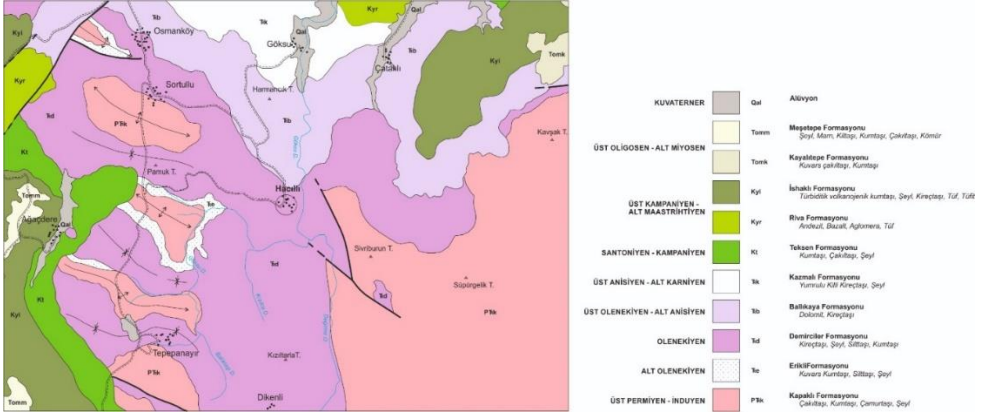
#### **3.2 Jeolojik Bulgular**

Mağaranın bulunduğu lokasyon ve civarında Üst-Permiyen–Kuvaterner arasında farklı birimler yüzeylenmektedir (Şekil 2). Çalışma alanı Triyas Yaşlı Ballıkaya Formasyonu içinde yer almaktadır.

#### 4.SONUÇLAR

İstanbul Üniversitesi –Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden alınan destekle yapılan saha çalışmalarında bir jeorota belirlenmiş ve bu jeorota üzerinde farklı özellikte Jeolojik Miras öğeleri saptanmış ve güzergah haritası çıkarılmıştır. Önerilen Jeorota; Göksu çayı, karstik kaynak, ağaç kökleri ve toprak oluşumu, fay düzlemi, iz fosiller, Hacılı şelalesi ve Hacılı Gürlek mağarasından oluşmaktadır

Proje çalışmaları sonunda; Hacılı Mahallesi sınırları içinde olan Hacılı Gürlek mağarası ve civarının yüksek bir Jeourizm potansiyeli olduğu, öğrenciler açısından doğa eğitimi için uygun olduğu, yapılan jeorota güzergahı üzerinde önemli jeolojik miras unsurları bulunduğu ve mağara içinde önemli mağara çökellerin var olduğu ortaya çıkmış, Hacılı mahallesinin bu özelliklerinden dolayı Jeobelde adayı olduğu kanısına varılmıştır. Yöreye kamp ve piknik amaçlı gelen ziyaretçilerin kirliliğe ve tahribata yol açtıkları hem tespit edilmiş hem de köy halkı tarafından onaylanmıştır. Bu özelliklerden yola çıkıldığında proje alanda yapılacak Jeoturizm amaçlı bir çalışmanın sürdürülebilir kalkınma anlamında köye önemli katkıda bulunabileceği ortaya çıkmıştır.



Şekil 2. Hacılı mahallesi ve civarının Jeoloji haritası (Özgül ve diğ. (2011'den alınmıştır) )

## **KAYNAKLAR**

- Özgül,N., Akay, E., Akdeniz, N., Bilgin R.,Dalkılıç, H.,Gedik,H., Özcan,, Akmeşe, İ., Üner, K., Bilgin, İ., Korkmaz, R., Yıldırım,Ü., Zülkif, Y., Tekin, M., Akdağ Ö., 2011, İstanbul Kentjeoloji Projesi, İBB, 305 s.,
- Çiftçi, Y., Güngör, Y. 2014. Jeosit Tanımlama Ve Jeopark Düzenleme Standartları Üzerine Bir Çalışma, 67. TJK. Bildiri özleri kitabı, p 422, Ankara.
- Çiftçi, Y., Güngör, Y., 2016. . Proposals For The Standard Presentation Of Elements Of Natural And Cultural Heritage Within The Scope Of Geopark Projects, MTA, Dergisi, 153, 223-238
- Güngör, Y., 2009. Doğanın Öyküsünü Anlamak; Jeoturizm. Mavi gezegen, 14, 1-5
- Güngör Y., Azaz, D., Başaran E., 2015. "Türkiye’de Yapılan Jeopark Çalışmaları İle Danxia Jeoparkı (Zhangye-Çin) Arasında Bir Karşılaştırma", 68. Türkiye jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri Kitabı, cilt.68, no.68, ss.286-287
- Kazancı, N. 2010a. Dünyada ve Türkiye’de Jeosit-Jeopark-Jeomiras Olgusuna Yaklaşımlar. Kızılcahamam Çamlıdere Jeopark ve Jeoturizm Projesi Raporu, p 76, Ankara.
- Kazancı, N. 2010b, Jeolojik Koruma (Kavram ve Terimler), Jemirko ve TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, p 60, Ankara.
- Wimbledon, W.A.P. 1996. National site election, a stop on the road to a European Geosit List. *Geologica Balcanica* 26, 15-27.



## **İstanbul'un Jeolojik Miras Potansiyeli**

### *Geological Heritage Potential of Istanbul*

**Yıldırım Güngör<sup>a</sup>, Serkan Anđı<sup>b</sup>, Direnç Azaz<sup>a</sup>, Murat Yılmaz<sup>a</sup>, Özge Boso Hanyalı<sup>c</sup>, Selman Er<sup>d</sup>, Onur Yılmaz<sup>e</sup>, Yılmaz Savaşın<sup>f</sup>, M.Namık Yalçın<sup>g</sup>**

<sup>a</sup>*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi Jeo. Müh. Böl. Büyükçekmece/ İstanbul*

<sup>b</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Müh.Bölüm, Maslak, İstanbul*

<sup>c</sup>*Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarma Bölümü, İstanbul*

<sup>d</sup>*İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Malatya*

<sup>e</sup>*Jeoloji Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi*

<sup>f</sup>*Emekli Öğretim Üyesi*

<sup>g</sup>*İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Emekli Öğretim Üyesi*

*(yildirim.gungor@iuc.edu.tr)*

**Öz:** İstanbul ve civarı Prekambriyen- Kuvaterner gibi geniş bir zaman aralığında gözlenen zengin bir jeo-çeşitliliğe sahiptir ve Jeolojik Miras olanakları açısından da oldukça zengindir. Ancak kentsel planlama aşamalarında tüm mühendislik çalışmaları yapılırken ve kültürel miras korunurken, jeolojik mirasın korunması için gerekli çalışmalar yapılmamıştır. Aksine, birçok potansiyel jeolojik miras unsuru, hızlı ve kontrolsüz yapılaşma ile birlikte yok olmuştur. Son 50 yıldır devam eden bu kontrolsüz yok olma baskısına rağmen İstanbul sınırları içinde hala kayda değer potansiyel jeolojik miras öğeleri bulunmaktadır. Ancak İstanbul'un jeolojik mirasına yönelik olarak çalışmalar çok eksiktir. Jeolojik miras öğeleri ile ilgili yapılan çalışmaların iki amacı bulunmaktadır. Bunlardan ilki; bilimin ışığında toplumu doğa hakkında aydınlatarak dogmatik düşüncelerden arınmasını sağlamaktır. Bu aydınlatma söz konusu jeolojik miras öğeleri ile karşı karşıya iken eğitim vererek veya bu öğeler hakkında çeşitli broşürler, kitaplar, belgeseller hazırlayarak olabilir. İkinci amaç ise bu jeolojik miras öğelerinin, buldukları bölgelere yerel kalkınma sağlaması için çalışmalar yapılmasına öncülük etmektir. Bu iki ana amacın bulunduğu tepe noktada ise "Koruma" bulunmaktadır. Bilgilenen ve az da olsa maddi kazanç elde eden yöre insanı doğal olarak bu değerleri korumak zorunda kalacaktır. İstanbul gibi büyük bir metropolde bu kazanç belki çok fazla dikkate alınmayabilir. Ancak küçük bir jeolojik miras öğesini bile yöreye nasıl ekonomik katkıda bulunduğunun örnekleri de oldukça fazladır. Bu bildiriye yapılan kısa bir çalışma sonucunda ortaya çıkarılan İstanbul'un Jeolojik Miras potansiyeli tartışılacaktır.

*Anahtar kelimeler : Jeolojik Miras, jeoturizm, jeosit,sürdürülebilir kalkınma, İstanbul*

**Abstract:** Istanbul and its vicinity boast a rich geo-diversity observed over a vast time span, such as from Precambrian to Quaternary, and are also quite rich in terms of Geological Heritage opportunities. However, necessary efforts for the preservation of geological heritage have not been made during urban planning phases and cultural heritage preservation, quite the contrary, many potential geological heritage features have vanished due to rapid and uncontrolled urbanization. Despite this uncontrolled pressure leading to extinction continuing for the last 50 years, there are still remarkable potential geological heritage elements within the boundaries of Istanbul. Nevertheless, works related to Istanbul's geological heritage are very scarce. Studies concerning geological heritage elements have two main purposes. The first one is to enlighten the society about nature in the light of science, making it free from dogmatic thoughts. This enlightenment can be achieved through education or by preparing various brochures, books, documentaries about these elements. The second purpose is to take the lead in conducting works to provide local development for these geological heritage elements in their respective regions. At the point where these two main purposes intersect, there is "Preservation." Inevitably, the local people, who are informed and, to some extent, gain economically, will have to preserve these values. Perhaps this gain may not be taken into heavy consideration in a large metropolis like Istanbul. However, there are quite a few examples of how even a small geological heritage element contributes economically to the region. This paper will discuss the potential Geological Heritage of Istanbul, revealed through a brief study.

*Keywords: Geological Heritage, geotourism, geosite, sustainable development, Istanbul*

## **1.GİRİŞ**

İstanbul zengin bir jeoçeşitliğe sahip olmasına rağmen jeolojik miras çalışmaları, oldukça kısıtlıdır. Özellikle büyük kentlerde toplum yararı için önemli olan jeolojik miras öğeleri hızla yok olmaktadır. Ancak İstanbul'un jeolojik miras öğeleri yerbilimcilerin ilgisini çekmemiştir. Oysa kaybolan jeolojik Miras değerleri zaman içinde istanbulun jeolojik evriminde kayıp halkaların ortadan kalkmasına bile neden olabilir. Jeolojik miras, bulunduğu bölgenin jeolojik evrimini ve o evrimdeki çok önemli olayları temsil eder. Mevcut bilimsel veriler ışığında jeolojik mirasın belirlenmesi, envanterinin yapılması yerbilimcilerin, bunların tescili ve koruma önlemlerinin alınması, yerel kalkınma için kullanılması ise karar vericilerin sorumluluğundadır (Kazancı ve Korkmaz, 2023). Yerbilimcilerin yol göstermesi karar vericilerin zaman içinde bu çalışmalara eğilmelerine katkıda bulunacaktır. İstanbul'un jeolojik mirası ile ilgili ilk çalışmalar Yalçın (2017) ve Azaz ve diğ.(2017) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada jeoçeşitlilik açısından Özgül ve diğerlerinin 2011 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi için hazırlamış olduğu rapor temel alınmıştır.

## **2.İSTANBUL'UN POTANSİYEL JEOLJİK MİRAS ÖĞELERİ VE ALANLARI**

### **2.1. Mağaralar ve Şelaleler**

**Yarımburgaz Mağarası:** Küçükçekmece ilçesi sınırları içindeki karstik bir mağara olan ve daha sonra içinde farklı dönemlerde yaşamış insanlar tarafından şekillendirilen bu mağara, Dünya ölçeğinde önemli bir arkeolojik-jeolojik miras ve jeosittir. Bu alan aynı zamanda, insan-jeoloji ilişkisinin çok iyi gözlemlendiği yaklaşık 400 bin yıllık bir tarihi barındırmaktadır.

**İnceğiz Mağaraları:** Çatalca ilçesinde bulunan İnceğiz Mağaraları; Kalkolitik döneme kadar giden tarihi ile önemli bir jeolojik miras ögesidir.

**İhsaniye İki Göz Mağarası:** Çatalca ilçesinde bulunan ve yaklaşık 4 kilometre uzunluğundaki mağara; önemli bir karstik oluşumdur ve içinde arkeolojik buluntuların olduğu da söylenmektedir.

**Hacılı Gürlek Mağarası:** Hacılı köyünde (Şile) büyük şelalenin bitişiğindeki bir ezik zonda gelişmiş, yaklaşık 10 metre askıda duran mağara hem jeolojik oluşum öyküsü hem de içerdiği mağara oluşumları açısından ideal bir jeolojik miras ögesidir.

**Sofular Mağarası:** Şile ilçesi sınırları içinde yer alan yaklaşık 100 metre uzunluğundaki mağara aynı zamanda önemli bir arkeolojik alandır.

**İnkese Mağarası:** Şile ilçesi sınırları içinde yer alan yaklaşık 300 metre uzunluğundaki mağarada; arkeolojik buluntuların olduğu da söylenmektedir

**Hacılı Köyü Şelaleleri:** Şile ilçesindeki, birkaç düşey fay basamağında oluşan şelaleler hem görsel hem de jeolojik öyküleri açısından ilgi çekicidirler.

### **2.2.Antik Yerleşim Alanları**

**Bathonea Hellenistik antik liman kenti:** Küçükçekmece ilçesinde, İstanbul Üniversitesi –Cerrahpaşa Avcılar Kampüsü sınırları içinde bulunan bu antik liman kenti önemli bir arkeolojik-jeolojik miras ögesidir.

**Yenikapı-Marmaray batıkları ve antik liman yerleşimi:** Bu alan da dünya çapında bir arkeolojik-jeolojik miras ögesidir.

### **2.3. Fosil Alanları**

**Nummilit Fosilleri** Çatalca ve Şile bölgesinde bulunan Eosen fosil alanları (Nummilit, Mercan vd.)

**İstanbul Paleozoyik İstifi Fosilleri:** İstanbul Paleozoyik istifinde bulunan fosil alanları: Beykoz-Kanlıca-Çengelköy-Çubuklu, Kozyatağı, Kartal, Pendik ilçeleri (Brachipod, Trilobit ve Tablalı Mercan)

**Köpek Balığı Dişleri:** Arnavutköy-Karaburun, Küçükçekmece ve Silivri-Maden bölgelerinde bulunan Senozoyik istifindeki köpek balığı dişi fosil alanları

**Eolinitler:** Şile ilçesi Doğancı Mahallesi plajında bulunan Eolinit (Fosil Kumullar) ve Kokonit oluşumları (Boru Kayalar) jeolojik miras açısından oldukça önemli yapılardır.

**Fosilleşmiş Ağaçlar:** Sarıyer ilçesi Kilyos köyü sahili, Ağaçlı köyü Silivri ve Esenyurt ilçelerinde bulunan Taşlaşmış (Silisleşmiş) Ağaç fosil alanları önemli bir jeolojik miras ögesidir.

#### **2.4. Kıyı Şekilleri**

**Kilyos-Riva arasındaki kıyı şekilleri :** Kilyos -Riva arasındaki farklı kıyı tipleri önemli birer jeolojik miras ögeleridir.

**Rip akıntıları:** Kilyos ve Şile kıyılarının özelliğine bağlı olarak oluşan Rip Akıntıları da önemli ve yaşayan bir jeolojik miras ögesidir.

#### **2.5 Magmatik Kayalar**

**İstanbul Granitoidleri:** Prekambriyene kadar uzanan İstanbul Granitoidleri (Çatalca, Çavuşbaşı ve Sancaktepe) içindeki magmatik yapılar ve oluşuklar önemli jeolojik miras alanlarıdır.

**İstanbul Volkanikleri:** (İstanbul Boğazı kuzey kesimi Avrupa ve Asya yakaları) ve içinde bulunan volkanik yapılar ile oluşuklar önemli jeolojik miras alanlarıdır.

**Sütun Bazaltlar:** Anadolu Feneri, Riva ve Karaburun'da bulunan Sütun Bazalt oluşumları

**Çarpışan Kayalar (Öreke Taşı) ve Apollon Sunağı-Pompei Sütunu :** Sarıyer ilçesi Rumeli Feneri Köyü'nde bulunan Çarpışan Kayalar ve Apollon Sunağı-Pompei Sütunu'nun jeolojik, mitolojik ve arkeolojik öyküsü ile ideal bir jeolojik Mirastır

**Granit Top Gülleri:** Yedikule Zindanları, Rumeli Hisarı ile Üsküdar-Toptaşı semtinde bulunan ve İstanbul'un fethi sırasında toplarda kullanılan granit güllerinin jeolojik miras yönünden öneminin ortaya çıkarılması

## **2.6. İstanbul Boğazı, Tarihi Su Yapıları ve Kaynak Suları**

**İstanbul Boğazı:** İstanbul Boğazı'nın oluşumunun jeolojik ve mitolojik öyküsü

**Tarihi Su Yapıları:** İstanbul'un tarihi suyolları (Kırkçeşme, Taksim ve Süleymaniye) ve su yapılarının (Belgrat Ormanı içinde bulunan bentler, maksemeler, su terazileri vb.) jeolojik miras yönünden önemini ortaya çıkarılması. Bu kemerler Istanca ormanlarına kadar uzanmaktadır.

**Kaynak Suları:** 1898 de başlayan ve 1902 de bitirilen Hamidiye Suyu Projesi ile işletmeye başlanılan kaynak ve bazı diğer önemli tarihi içme suyu kaynakları (Kestane, Kayışdağı vd.) jeolojik miras açısından ele alınabilir.

## **2.7 Maden Kaynakları**

**Kömür Madenleri ve Haliç-Kemberburgaz Demiryolu Dekovil Hattı:** Gaziosmanpaşa ve Eyüpsultan ilçeleri Ağaçlı-Yeniköy-Kemberburgaz Oligo-Miyosen yaşlı linyit kömürü (Ağaçlı Kömürü) ocakları ve çıkarılan kömürlerin Silahtarağa'da bulunan elektrik santraline taşınması için inşa edilen Haliç-Kemberburgaz demiryolu dekovil hattı

**Bakırköy Küfeki Taşı:** Ambarlı Limanı civarı, Avcılar-Firuzköy ile Küçükçekmece gölü çevresinde bulunan ve İstanbul'un en eski tarihi yerel yapı taşı (Miras Taşı) olarak bilinen Mactra fosilli kireçtaşı (Bakırköy Küfeki Taşı) mostra alanlarının belirlenmesi ve korunması

**İstanbul Boğazı Kuzeyi Kaleleri:** Rumeli Feneri, Garipçe, Yoros, Anadolu Feneri, Poyraz, Riva sınırları içinde bulunan kaleler ve bunların inşalarında kullanılan yapı taşı malzemeleri jeolojik miras yönünden ele alınabilir.

## **3.SONUÇ ve ÖNERİLER**

Bu çalışma Yalçın (2017) ve Azaz ve diğ., (2017) tarafından yapılan iki çalışmanın ardından yapılan daha kapsamlı bir rapordur. Bu kısa vadede gerçekleştirilen çalışma bile İstanbul'un oldukça zengin bir jeolojik miras potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Çok geniş bir zaman aralığına yapılacak daha kapsamlı bir çalışma İstanbul'un oldukça zengin olan jeolojik miras öğelerinin tamamen ortaya çıkarılmasına neden olacaktır. Ancak bu konuda yapılan bilimsel çalışmalarla İstanbul'un jeolojik miras potansiyelini ortaya çıkarmak ve bazılarının ziyarete açılmasını sağlamak için yerel yönetimlerin desteği gerekmektedir.

## **KAYNAKLAR**

- Azaz, D., Güngör, Y., and Aysal N., 2017. İstanbul'un Kültürel Jeolojik Miras Ögeleri. İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu V, Bildiri Özetleri Kitabı ss.43-46
- Kazancı,N., ve Korkmaz,G,G.,2023. Konya İlinin Doğal Varlıkları ve Jeolojik Miras Potansiyeli, Türkiye Jeoloji Bülteni, 66, 403-420
- Özgül, N., Akay, E., Akdeniz, N., Bilgin R.,Dalkılıç, H.,Gedik,H., Özcan,, Akmeşe, İ., Üner, K.,
- Bilgin, İ., Korkmaz, R., Yıldırım,Ü., Zülkif, Y., Tekin, M., Akdağ Ö., 2011. İstanbul Kent jeolojisi,İBB, 305 s.,
- Yalçın, M.N. (2017). "İstanbul'un Kaybolan Değerlerine Farklı Bir Örnek: Jeolojik Miras", *Mimar.İst Dergisi*, 58, 18-22.

## **Jeoparklarda Ana Bağlamın Önemi, Jeositler ve Antropojenik Jeosit Olgusu**

### *The Importance of Main Context in Geoparks: Geosites and Anthropogenic Geosite Case*

**Yahya Çiftçi<sup>a</sup>, Yıldırım Güngör<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>*Etimesgut Ankara*

<sup>b</sup>*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Müh.Fak. Jeoloji Müh.Bölümü, Büyükçekmece-İstanbul  
(yahyaciftci@gmail.com)*

**Öz:** Ülkemizde henüz emekleme çağında olsa da, Dünya’da, özellikle Uzak Doğu ve Çin’de Jeopark kavramı, doğa koruma kaygılarının ötesinde, birer bölgesel kalkınma projeleri olarak işlev görmeye başlamışlardır. Her yıl çok sayıda Jeoparkı’nın bu ülkelerin ulusal jeopark ağına katılmaları, bazılarının da UNESCO onayı almalarının altındaki itici motor, bu jeoparkların yarattıkları ekonomik dinamizmdir. Özellikle Asya coğrafyasında çok büyük mağaralar, dik uçurum-kayalıklar, renkli formasyonlar gibi jeoçeşitlilik tarafından desteklenen jeoparklar, ana konsept sıkıntısı çekmezler. Merkezi yönetimin güçlü ve otoriter yapısı da bu jeoparkların işletme özelliklerini belirlemeyi ve yönetmeyi kolaylaştırmaktadır. Oysa bizim gibi, insiyatifin yerel yönetimler ve merkezi yönetim arasında paylaşıldığı, doğa koruma konusunda mevzuatı oturmamış ülkelerde bu maalesef henüz aşılmayı bekleyen en önemli sorun durumundadır. Elbette bir jeoparkın ana unsuru, Pro-Geo 98 tarafından yayınlanmış olan ve başlıca 10 alt grupta toplanan jeositlerdir. Jeositlerin hangi gruplar altında yoğunlaşacakları, bu jeoparkın ana bağlamı tarafından belirlenir. Buna rağmen, tek tip bir jeosit varlığı, jeoparkın çekiciliğini azaltır, diğer gruplardan heyecan verici başka jeositlerin de bu sürece dahil edilmesi, jeoparkın çekim gücünü arttıracaktır. Bunlardan en önemli ve heyecan uyandıran jeosit sınıfı, bu bildiriye ilk kez ayrıntılı olarak tanımlanacak olan “Antropojenik Jeosit”lerdir. İnsan/doğa etkileşiminin somut kanıtları ve kalıtları olan bu jeosit lokasyonları, taşıdıkları arkeolojik ve antropolojik değer yanı sıra, jeoloji kültürü/kültürel jeoloji açısından da büyük önem taşırlar. Bildiriye bu konu ayrıntılı olarak ele alınmıştır

*Anahtar Kelimeler: Jeoparklar, Ana Bağlam, ProGeo 98, Antropojenik Jeositler*

**Abstract:** Although it is still in its infancy in our country, geoparks in the world, especially in the Far East and China, has begun to function as regional development projects beyond nature conservation concerns. The economic dynamism created by these geoparks is the driving engine behind the participation of many Geoparks in

the national geopark network of these countries and some of them getting UNESCO approval every year.

Especially in Asian geography, geoparks supported by geodiversity such as very large caves, steep cliffs, colorful formations do not suffer from the main concept. The strong and authoritarian structure of the central government also makes it easier to determine and manage the operational characteristics of these geoparks. However, in countries like ours, where the initiative is shared between local governments and the central government, and the legislation on nature protection has not been established, this is unfortunately the most important problem that has yet to be overcome.

Of course, the main element of a geopark is the geosites published by Pro-Geo 98 and collected in 10 main subgroups. Under which groups the geosites will be concentrated is determined by the main context of this geopark. However, the presence of a uniform geosite reduces the attractiveness of the geopark, and the inclusion of other exciting geosites from other groups in this process will increase the attractiveness of the geopark. The most important and exciting geosite class among these is the "Anthropogenic Geosites", which will be described in detail for the first time in this oral presentation. There is no doubt that these locations, which are tangible evidence and legacy of human/nature interaction, are of great importance in terms of geology culture/cultural geology, as well as their archaeological and anthropological value. This issue is detailed in the paper.

*Keywords: Geoparks, Main Context, ProGeo 98, Anthropogenic Geosites.*



## **Jeopark İdaresi ve Yönetim Modelleri**

### *Geopark Governance and Management Models*

**Direnç Azaz<sup>a</sup>, Yıldırım Güngör<sup>a</sup>**

*<sup>a</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği  
Bölümü, Büyükdere/İstanbul  
(direnc@iuc.edu.tr)*

**Öz:** Bir Jeopark fikrinin başlangıcından itibaren; idare ve yönetimini, UNESCO Küresel Jeoparkları bağlamında ele almak son derece önemlidir. Doğru idare ve yönetimin başarılı bir Jeopark'ın temel şartı olduğu gerçeği unutulmamalıdır. Jeopark idare ve yönetim yapısı için “herkese uyan tek tip mükemmel bir model” yoktur. Bir jeopark oluşumu tabandan tavana doğru gelişmelidir. Jeopark çalışmaları son yıllarda ülkemizde artmaya başlamıştır. Ancak gerek jeopark envanter çalışmalarında gerekse jeoparkın oluşturulma aşamasında ciddi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Başlangıçta bilimsel çalışmalara ağırlık verilen jeopark çalışmaları bir noktadan sonra tıkanmakta ve kazanımların devamı için yapılan girişimlerden dolayı geri dönüş zor olmaktadır. Oysa bir jeopark çalışması başlamadan önce sağlıklı bir yönetim planı yapılarak o jeoparkın nasıl idare edileceği ortaya konmalıdır. Bir Jeopark fikrinin başlangıcından itibaren; idare ve yönetimini, UNESCO Küresel Jeoparkları bağlamında ele almak son derece önemlidir. Doğru idare ve yönetimin başarılı bir Jeopark'ın temel şartı olduğu gerçeği unutulmamalıdır. Bir Jeopark yönetim organının idare ve operasyonel işlevleri arasında açık ve geçilemez bir ayırım çizgisi olmalıdır. Yönetimden sorumlu olanlar (Direktörler, Mütevelli heyeti, Yönetim Kurulu Üyeleri vb.) kendi idari işlevlerine odaklanmalı ve günlük operasyonel konulara girmemelidir. Bu tür konular jeopark personelinin sorumluluğundadır. Bu ölçüt ulusal ve bölgesel mevzuata ve UNESCO kurallarına/kriterlerine uygunluğun sağlanması, Jeoparkın stratejik yönünün belirlenmesi, finansal istikrarın sağlanması ve riskin yönetilmesi açısından önemlidir. Jeopark idare ve yönetim yapısı için “herkese uyan tek tip mükemmel bir model” yoktur. Benzer şekilde “doğru” veya “yanlış” yapılar da yoktur. Bir jeopark oluşumu tabandan tavana doğru gelişmelidir. Taban desteği olmayan bir jeopark başarısız olmaya mahkumdur. Bununla birlikte, mevcut jeoparklar tarafından kullanılan ve oluşturmaya çalışılan jeopark için de uygun olabilecek bazı tipik destekleyici ve çalışmakta olan yapılar vardır. Bunlar arasında mevcut bir Milli Park veya Tabiat Parkı yapısı aracılığıyla idare ve yönetim, yerel veya bölgesel bir hükümet alt yapısı aracılığıyla idare ve yönetim, hayırseverlik ve/veya özel sektör yapısı aracılığıyla idare ve yönetim ve son olarak bu amaç için yeni bir ortaklık yapısı oluşturularak idare ve yönetim sayılabilir. Bunlardan ilk üçü daha yaygındır çünkü yerleşik organizasyon yapılarından ve bazı durumlarda mevcut personelden ve diğer kaynaklardan yararlanabilme avantajına sahiptirler. Dördüncü seçenek en az yaygın olanıdır ve kurulumu en zor olanıdır. Bu bildiriye Unesco Küresel Jeoparkların yönetim planlarından yola çıkılarak Türkiye’de planlan jeoparkların nasıl bir yönetim planına sahip olmaları gerektiği tartışılacaktır.

*Anahtar Kelimeler: Jeopark idaresi, Jeopark yönetim modelleri Jeolojik Miras, Jeosit, Jeopark*

**Abstract:** From the beginning of the idea of a Geopark; It is extremely important to consider its governance and management in the context of UNESCO Global Geoparks. It should not be forgotten that correct administration and management are the basic conditions for a successful Geopark. There is no "one size fits all" model for geopark governance and management structure. The formation of a geopark should develop from bottom to top. Geopark studies have been on the rise in recent years in our country. However, significant problems arise in both geopark inventory studies and the establishment phase of geoparks. Geopark studies, initially focused on scientific research, often reach a point of stagnation, and it becomes challenging to reverse the situation due to efforts made to sustain the gains. However, it is essential to develop a sound management plan before starting any geopark project, outlining how the geopark will be administered. It is of utmost importance to consider the management and administration within the context of UNESCO Global Geoparks from the inception of a geopark idea. It should not be forgotten that the correct management and administration are fundamental to the success of a geopark. There should be a clear and impenetrable distinction between the management and operational functions of a geopark's governing body. Those responsible for management (Directors, Board of Trustees, Board Members, etc.) should focus on their administrative functions and should not get involved in daily operational matters. These matters fall under the responsibility of geopark personnel. This criterion is essential for compliance with national and regional regulations and UNESCO rules/criteria, determining the geopark's strategic direction, ensuring financial stability, and managing risk. There is no "one-size-fits-all perfect model" for the geopark management and administration structure. Similarly, there are no "right" or "wrong" structures. A geopark formation should develop from the bottom up. A geopark without grassroots support is doomed to fail. However, some typical supporting and existing structures that may be suitable for existing and prospective geoparks are used. These include management and administration through an existing National Park or Nature Park structure, management and administration through a local or regional government infrastructure, management and administration through philanthropy and/or the private sector, and, finally, creating a new partnership structure for this purpose. The first three are more common because they have the advantage of using established organizational structures and, in some cases, existing personnel and other resources. The fourth option is the least common and the most challenging to establish. This paper will discuss how geoparks planned in Türkiye should have a management plan based on UNESCO Global Geoparks, using the management plans of UNESCO Global Geoparks as a starting point.

*Key Words: Geopark governance, Geopark management models, Geopark, Geoheritage, Geosite*

## İstanbul'un Jeolojik Miras Öğelerinden Örnekler

### *Examples of Istanbul's Geological Heritage Items*

**Yıldırım Güngör<sup>a</sup>, Serkan Anrı<sup>b</sup>, Direnç Azaz<sup>a</sup>, Murat Yılmaz<sup>a</sup>, Özge Boso Hanyalı<sup>c</sup>, Selman Er<sup>d</sup>, M.Namık Yalçın<sup>e</sup>**

<sup>a</sup>İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Müh.Fak.Jeoloji Müh. Bölümü,  
Büyükkçekmece/İstanbul

<sup>b</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak,  
İstanbul

<sup>c</sup>Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım  
Yüksek Okulu

<sup>d</sup>İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Malatya  
<sup>e</sup>İstanbul Üniversitesi Müh.Fak.Jeoloji Müh. Bölüm, emekli  
Öğretim.Üyesi

(yildirim.gungor@iuc.edu.tr)

**Öz:** İstanbul ve civarında Prekambriyen-Kuvaterner arasında geniş bir yaş aralığına sahip kayalar yüzeylenmektedir. Farklı yaşlarda magmatik, volkanik, metamorfik ve sedimanter kayalar ile Jeomorfolojik süreçlerin gözlemlendiği İstanbul, önemli birçok Jeolojik Miras öğesine sahiptir. Ancak İstanbul'un gün geçtikçe büyümesi bu Jeolojik Miras öğelerinin bir çoğunun tahrip edilmesine yol açmıştır. Her geçen sayıları azalan bu jeolojik Miras öğelerinin yok olmaması için Jeoloji Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi 2020 yılında bir komisyon kurmuştur. Kurulan Jeolojik Miras komisyonu bu jeolojik Miras öğelerini ortaya çıkarmak için çalışmalar yapmaya başlamıştır. Hedef olarak saptanan her bir Jeolojik Miras öğesinin bilimsel çalışmaları yapılmış, bilgilendirme panoları hazırlanmıştır. Bu panoların gerekli yerler konması için yapılan girişimlerden sadece Sarıyer ilçesinde bulunan "Çarpışan Kayalar" panosu hedefine ulaşmıştır. Bu çalışmada, İstanbul'un jeodeğerlerine (jeolojik miras öğelerine) değinildikten sonra, 2020 yılından beri TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi bünyesinde çalışmalarını sürdüren Kültürel Jeoloji ve Jeolojik Miras Çalışma Grubu'nun çalışmalarından seçilmiş örneklerle yer verilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** *Jeolojik Miras, Jeoçeşitlilik, Jeoturizm, Jeosit, istanbul*

**Abstract:** Rocks with a wide age range between Precambrian and Quaternary crop out in Istanbul and its surroundings. Istanbul, where geomorphological processes are observed with magmatic, volcanic, metamorphic and sedimentary rocks of different ages, has many important Geological Heritage elements. However, the growth of Istanbul day by day has led to the destruction of many of these Geological Heritage elements. In order to prevent the destruction of these geological Heritage elements, whose numbers are decreasing day by day, the Istanbul Branch of the Chamber of Geological Engineers established a commission in 2020. The established Geological Heritage commission started to work to reveal these geological Heritage elements.

Scientific studies have been carried out for each Geological Heritage item identified as a target and information boards have been prepared. Among the attempts made to place these panels in the necessary places, only the "Colliding Rocks" panel in Sarıyer district reached its goal. In this study, after mentioning the geo-values (geological heritage elements) of Istanbul, selected examples from the works of the Cultural Geology and Geological Heritage Working Group, which has been working within the TMMOB, Chamber of Geological Engineers Istanbul Branch since 2020, will be included.

**Key Words:** *Geoheritage, Geodiversity, Geotourism, Geosite, Istanbul*

## **1.GİRİŞ**

Jeolojik süreçler sonucunda oluşmuş ve yerkürenin geçmişindeki çok önemli bir olayın belgesi durumunda olan, bu nedenle de bilimsel ve yer bilimleri eğitimi açısından bir değeri bulunan, stratigrafik istif, kayaç, mineral, fosil, yapısal unsur, yer şekilleri, vb. oluşumlar **"Jeolojik Miras"** olarak tanımlanmaktadır (Güngör, 2009, Çiftçi ve Güngör, 2014, Wimbledon, 1996). Bu özellikleriyle toplumda doğa bilincinin oluşması işlevine de sahip bu mirasın, gelecek nesillere aktarılması için korunması gerekmektedir. Ancak, toplumda ve hatta yer bilimleri topluluğunun bir kısmında "Jeolojik Miras" kavramı hakkında ayrıntılı bilgiye sahip olunmadığı ve/veya bu kavramın çok fazla önemsenmediği de söylenebilir. Buna karşın, konuyla ilgilenen az sayıda kurum ve yerbilimci bu önemli ve değerli jeolojik oluşumlara sahip çıkma ve bunları koruma gayreti içindedir (Kazancı, 2010 a,b; Çiftçi ve Güngör, 2016).

### **1.1. İstanbul'un Jeolojik Miras Ögeleri**

İstanbul ili yüzölçümü olarak en küçük illerimizden biri olmasına karşın, jeo-çeşitlilik olarak en zengin illerimizden biridir. Bunun doğal sonucu olarak da jeolojik miras ögesi niteliğinde olan çok sayıda ve çeşitlilikte oluşuma ev sahipliği yapmaktadır (Yalçın, 2017). Başta Yarımburgaz Mağarası olmak üzere Çatalca ilçesindeki İnceğiz Mağaraları, İhsaniye İki Göz Mağarası, Şile, İnkese ve Sofular Mağaraları ve Hacılı Köyü'ndeki Gürlek Mağarası, ilk akla gelen jeo-morfolojik ögelerdir. Yine Şile'deki Eolinit oluşumları bu türün ender örneklerinden biridir. İstanbul'un Paleozoyik İstifi hem litofasiyes, hem de biyofasiyes özellikleri ve içerdiği fosil toplulukları nedeniyle çok sayıda potansiyel jeolojik miras ögesi içerir. Paleozoyik yaşlı bu fosil yataklarının yanı sıra, Çatalca bölgesindeki Eosen yaşlı fosiller ile İstanbul'un Trakya kesimindeki Erken Miyosen yaşlı fosilleşmiş ağaç toplulukları önemli birer jeolojik miras ögesidir. İstanbul'un tarihi yapılarında kullanılmış olan doğal taşlar (Küfeki Taşı, Hereke Pudingi, Lefke Taşı, Devon kireçtaşları, vb.) ve bunların ve kaynak alanları İstanbul'un kültürel mirasının jeodeğerleri olarak ayrı bir öneme sahiptir. Bu yerel taşların yanı sıra başta Ayasofya olmak üzere birçok diğer yapıda yakın ve uzak coğrafyadan temin edilmiş ve büyük bir çeşitlilik sunan kayaçlar da bu kültürel mirasın parçalarıdır (Yalçın, vd., 2020). İstanbul'un mitolojik öyküleriyle ilişkili jeolojik oluşumlar (örg. Boğaziçi) ve

kayalar (örg. Çarpışan Kayalar (Yalçın vd., 2022) kentin jeo-değerlerinin farklı birer örneğidir.

## **2. YÖNTEM**

Komisyon öncelikle jeolojik miras öğelerini belirleme çalışmaları yapmıştır. İstanbul ve civarında daha önce böyle bir çalışma yapılmadığı için bu çalışma aynı zamanda ilk olma özelliğini de taşımaktadır. Bu çalışmalar sonucunda toplam 27 adet, farklı jeoçeşitliliğe ve kültürel çeşitliliğe sahip Jeolojik miras öğesi saptanmıştır. Bunlardan Hacılı şelalesi ve Gürlek Mağarası, Çarpışan Kayalar, Bozdoğan Su Kemerleri ve Küfeki Taşı, Haydarpaşa Garı ve Lefke Taşı, Büyük Postane ve Hereke Pudungi, Şile Eoloniti Oluşumları ve Dilek Taşı seçilerek üzerlerinde bilimsel çalışmalar yapılmış ve bilgilendirme panoları hazırlanmıştır.

## **3. BULGULAR**

### **3.1 Hacılı Şelalesi ve Gürlek Mağarası**

Triyas Yaşlı Ballıkaya Formasyonu içinde bulunan Hacılı Gürlek Mağarası ve Hacılı Şelalesi İstanbul'un önemli karstik jeolojik öğelerinden biridir. Burada yapılan çalışmayla 7 noktadan oluşan bir jeorota belirlenmiş ve haritalanmıştır.

### **3.2 Çarpışan Kayalar**

İstanbul Boğazı'nın Karadeniz'e açılan ağzında, Avrupa ve Asya yakası kıyılarının açıklarında bulunan kaya adacıklar, antik dönemde; "Symplegades (Çarpışan Kayalar)" veya "Kyaneai (Koyu Mavi/Karanlık Kayalar)" olarak adlandırılmaktaydı. Çarpışan Kayalar, Geç Kretase yaşlı volkanik breş, aglomera, tuf, lav ve diğer piroklastik kayalardan oluşmaktadır. Bu kayalıklar Yunan mitolojisinin en ilginç öykülerinden biri olan Argonotlar ve Altın Post efsanesinin mekânıdır. Çarpışan Kayalar'ın üzerinde bulunan "Apollon Sunağı" ise, Romalılar tarafından dikilmiştir. Marmara Adası beyaz mermerinden yapılmış olan bu sunağın, günümüzde yaklaşık 1,5 m yüksekliğinde, 90 cm çapında ve silindirik şeklinde bir parçası kalmıştır. Üzerinde defne ağacı şeritleri, boğa başları ve güneş şeklinde kabartmalar bulunmaktadır.

### **3.3 Bozdoğan Su kemeri ve Küfeki Taşı**

Bakırköy Küfeki Taşı; arazide, beyaz, kirlili beyaz ve sarımsı bej renkte, çoğunlukla tabakalı, çatlaksız olup, kesilip boyutlandırıldığında son derece masif bir görünüme sahiptir. Küfeki Taşı, Sarmasiyen yaşlı (10-12 milyon yıl) Çekmece Formasyonu'nun sığ denizel ortamda çökelmiş Bakırköy Kireçtaşı Üyesi içinde açılan taş ocaklarından çıkarılmıştır (Arınç 1955, Sayar ve Erguvanlı, 1955, Özgül vd. 2011). Bu ocaklar, İstanbul'un Bakırköy ilçesi başta olmak üzere, Haznedar,

Merter, Güngören, Davutpaşa, Zeytinburnu ve Sefaköy civarlarında bulunmaktadır. Bakırköy Küfeki Taşı; Doğu Roma İmparatorluğu Dönemi'nde inşa edilen kara ve deniz surlarında, Ayasofya'nın beden duvarlarında, Valens Su Kemerinde, Osmanlı İmparatorluğu dönemi'nde ise, Fatih, Süleymaniye, Sultanahmet Camileri gibi birçok dini yapının yanı sıra, saraylar, medreseler çeşmeler ve su yapılarının inşasında da çoğunlukla kesme taş şeklinde ana yapı malzemesi olarak kullanılmıştır.

### **3.4.Haydarpaşa Garı ve Lefke Taşı**

Lefke Taşı, Bilecik ili Osmaneli ilçesinin güneyinde yüzeyleyen, Paleosen yaşlı karbonat çimentolu bir kumtaşıdır. Sarımsı veya yeşilimsi renklerde olup masif, kalın-orta-ince tabakalı, şeyl, marn, kıltaşı ve çamurtaşı ile ardalanmalıdır. Lefke Taşı'nın çıkarıldığı Lefke Formasyonu olarak adlandırılan jeolojik birim, yaklaşık 20-300 m arasında bir kalınlığa sahiptir (Selim vd., 2019). Formasyonun yaşı Duru vd. (2002) çalışmasına göre Paleosen (66-56 milyon yıl) olarak kabul edilmektedir. Bu doğal taş, Haydarpaşa Garı'nın dış cephesinde kaplama taşı olarak ana yapı malzemesini oluşturur. Bunun yanı sıra Eskişehir Hükümet Konağı, İstanbul Bebek ve Kadıköy Bostancı Camileri de Lefke Taşının temel ve yapı taşı olarak da kullanıldığı diğer yapılardır.

### **3.5 Büyük Postane ve Hereke Pudingi**

Hereke, Kocaeli yöresinde Hereke Pudingi Taşı'nın çıkarıldığı jeolojik birim, çoğunlukla gri, bej ve pembe renklerdeki kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı türündeki çakıllardan ve karbonat ve demir bileşimli pembemsi kırmızı renkteki doğal bağlayıcı çimentodan oluşan bir konglomera (çakıltaşı) dır . Birimin yaşı, Geç Kampaniyen-Erken Maastrichtiyen (72-70 milyon yıl) olarak kabul edilmiştir (Erguvanlı, 1949; Mahmutoğlu vd., 2015). Büyük Postane Binası'nın büyük bir kısmında ve özellikle dış cephelerde "Hereke Pudingi" olarak bilinen bu doğal taş kullanılmıştır. Hereke Pudingi Taşı, İstanbul'da, Bizans Dönemi yapılarından olan Kariye Camii ve Pantakrator Manastırı'nda (Zeyrek Camii) sütun, yapı ve kaplama taşı olarak, İstanbul Arkeoloji Müzesi'nde sergilenen bir lahit ile Ayasofya'daki yılan figürlü su kabında ise mimari obje olarak kullanılmıştır. Osmanlı Dönemi'ndeki birçok cami, türbe, medrese, çeşme gibi eserlerde ise çoğunlukla, yapı elemanı, sütun ve kemer taşı, duvar, kaplama ve döşeme taşı olarak kullanılmıştır (Angı, 2010; Yalçın vd., 2020).

### **3.6. Şile Eolonit Oluşumları**

Eolinitler veya çözünme boruları; genellikle yüksek karbonat içeriğine sahip, iri tanelerden oluşan, zayıf şekilde taşlaşmış ve boşluk oranı yüksek kayaların çözünmesi ile meydana gelen, derinliği 20 m'ye, çapı ise 1.5 m'ye kadar ulaşabilen silindirik ve konik şekilli ayrışma yapılarıdır (De Waele vd., 2011). Eolinitlerin oluşumundaki en önemli faktör iklim olup, en önemli iklimsel parametre ise rüzgârdır. Kumlarda taşlaşmanın başlaması ile birlikte, istifin yüzeyinde bulunan küçük çukurlukların etkisiyle yağmur suları belirli alanlarda yoğunlaşarak tabanına

doğru hareket etmeye başlar. Böylece yağmur suyunun belirli alanlarda yoğunlaşıp derine doğrudan süzülmesinin etkisiyle gerçekleşen dikine çözünme sonucunda silindirik boru şekilleri gelişir. Ülkemizde ender bulunan eolinit oluşumlarının güzel örneklerinden biri de Şile Doğançılı Mahallesi'nin kıyı kesiminde bulunmaktadır

### **3.7. Dilek Taşı (Fosil Anıt Ağaç)**

Beylikdüzü ilçesi Deliktaş mevkiinde bulunan ve korumaya alınan fosil ağaç şu ana kadar Türkiye'de bulunan en büyük ağaç olma özelliğini taşımaktadır. Ağacın uzunluğu 3.5 m çapı ise 1.60 m kadardır. Fosil ağacın yaşının, jeolojik birimlerle ilişkisi ve bölgedeki volkanizmadan yola çıkılarak 23 - 25 milyon yıl arasında olduğu düşünülmektedir. Mikroskopik incelemeler bu fosil ağacın tropikal bir tür olan Mammia cinsinin potansiyel atası olduğunu göstermiştir (Akkemik ve diğ., 2023).

### **KAYNAKLAR**

- Akkemik, Ü., Güngör, Y., Mantzouka, D., Azaz, D., 2023. Mammioxylon beylikduezuense Akkemik, Güngör, D. Mantzouka & Azaz sp. nov.: The First Report of the Genus for the Oligo/Miocene of Eurasia Forestist,73(1): 28-41
- Angı, O.S., (2010). "İstanbul Tarihi Yarımada'daki Antik Yapılarda ve Anıtlarda Kullanılan Doğal Taşların Özellikleri ve Korunmuşluk Durumları". İBB-KUDEB Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları,6, 31-42.Arınç, C., (1955). "Haliç-Küçükçekmece Gölü Bölgesinin Jeolojisi". İTÜ Maden Fak., Doktora Tezi, 48 s.,İstanbul.
- Çiftçi, Y., Güngör, Y. 2014. Jeosit Tanımlama ve Jeopark Düzenleme Standartları Üzerine Bir Çalışma, 67. TJK. Bildiri özleri kitabı, p 422, Ankara.
- Çiftçi, Y., Güngör, Y., 2016. . Proposals For The Standard Presentation Of Elements Of Natural And Cultural Heritage Within The Scope Of Geopark Projects, MTA, Dergisi, 153, 223-238
- De Waele, J., Lauritzen, S. E. & Parise, M. 2011. "On the formation of dissolution pipes in Quaternary coastal calcareous arenites in Mediterranean settings. Earth Surface Processes and Landforms", 36, 2,143–157.
- Erguvanlı, K.,1949, Hereke pudingleriyle Gebze taşlarının inşaat bakımından etüdü ve civarlarının jeolojisi: İTÜ yayını, 1949, İstanbul, 88 s
- Güngör, Y., 2009. Doğanın Öyküsünü Anlamak; Jeoturizm. Mavi gezegen, 14, 1-5

- Kazancı, N. 2010a. Dünyada ve Türkiye’de Jeosit-Jeopark-Jeomiras Olgusuna Yaklaşımlar. Kızılcahamam Çamlıdere Jeopark ve Jeoturizm Projesi Raporu, p 76, Ankara.
- Kazancı, N. 2010b, Jeolojik Koruma (Kavram ve Terimler), Jemirko ve TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, p 60, Ankara.
- Mahmutoğlu, Y., Angı, O.S, Özmen, I.E., 2015. İstanbul’un Kimliğine Yazılı Yerli Dekoratif Taşlar,Kocaeli Yarımadasında Hereke Pudingi ve Kutluca Kireçtaşı Potansiyeli Kagir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri VII. Bildiriler Kitabı, 165-179.
- Özgül,N., Akay, E., Akdeniz, N., Bilgin R.,Dalkılıç, H.,Gedik,H., Özcan,, Akmeşe, İ., Üner, K., Bilgin, İ., Korkmaz, R., Yıldırım,Ü., Zülkif, Y., Tekin, M., Akdağ Ö., 2011, İstanbul Kent jeoloji Projesi, İBB, 305 s.,
- Sayar, A.M., Erguvanlı, K., (1955). “Türkiye Mermerleri ve İnşaat Taşları”. İTÜ Maden Fakültesi Yayını,130 s., İstanbul.
- Selim, H., Karakaş, A., Coruk, Ö, 2019. Tarihi Eserlerde Doğal Yapıtışı Olarak Kullanılan Lefke Taşının (Osmaneli/Bilecik) Jeolojik ve Mühendislik Özellikleri. Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi (10)3, 1019-1032
- Wimbledon, W.A.P. 1996. National site election, a stop on the road to a European Geosit List. *Geologica Balcanica* 26, 15-27
- Yalçın, M.N. 2017. İstanbul’un Kaybolan Değerlerine Farklı Bir Örnek: Jeolojik Miras. Mimar.İst Dergisi, 58, 18-22.
- Yalçın, M.N., Wedel, A., Schindler, E., Er, S., 2020, Haydarpaşa ve Adana Gar Binalarındaki Lahn Mermerleri. Mimar.İst, 20, 68, 101-108.
- Yalçın, M.N., Güngör, Y., Angı, S., Savaşçın, Y., Yılmaz, M., Er, S., Hanyalı, Manav, H., İricioğlu, Ö., Çengel, İ.,2020.İstanbul’un Jeolojik Miras Öğelerinin Tespiti ve Kültürel Jeoloji Yürüyüş Rotası Etkinliği Uygulama Projesi” Öneri Raporu, 22 s., İstanbul.
- Yalçın, M, N., Angı, O,S., Güngör,Y., 2022. Çarpışan Kayaların Üç Öyküsü, Mavi Gezegen, 30, 1-9. ISSN:1302-4108



## **SU KAYNAKLARI ve YÖNETİMİ**



## **Küresel İklim Değişikliği Baskısı Altındaki Metropollerde Yağmur Suyundan Yeraltısuyuna Kadar Su Yönetimi**

### *Water Management from the Rainwater to Groundwater in Metropolitan Areas Under Global Climate Change Pressure*

**Celalettin Şimşek<sup>a</sup> ve Orhan Gündüz<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>*Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu, Torbalı/İzmir*

<sup>b</sup>*İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü, Urla/İzmir  
([celalettin@deu.edu.tr](mailto:celalettin@deu.edu.tr))*

**Öz:** Son zamanlarda, büyük şehirler iklim değişikliğinin meydana getirdiği ve zaman zaman felaket boyutuna varan doğal afetlerle uğraşmaktadır. Bu felaketler kimi yerde aşırı yağışlar ve sellenme ile kendini gösterirken kimi yerde ise kuraklık şeklinde ortaya çıkabilmektedir. Özellikle metropollerde, düzensiz yapılaşma, yetersiz alt yapı, dere yataklarının tahrip edilmesi, yağış sularını süzülmesinin gerçekleştiği torak alanların betonlaştırılması ile yağış suları hızlıca akışa geçerek taşkınlara neden olmaktadır. Bu çerçevede büyük şehirlerin yağıştan atık suya varıncaya kadar tüm süreçte suyun yönetimi kontrol altına alması ve iklim değişikliğine hazır hale gelmesini sağlayacak tedbirleri hayata geçirmesi büyük önem taşımaktadır. Hızlı şehirleşmenin getirdiği plansız yapılaşma ve yağış suların hızlıca taşkına dönüşerek yarattığı zararların görüldüğü illerimizden biri ise İstanbul'dur. İstanbul İli Türkiye nüfusunun %25'ni barındıran Marmara Havzası içerisinde yer almaktadır. Havzanın toplam nüfusunun %78,84'i ise İstanbul'da yaşamaktadır. Bu denli yüksek nüfusa içme ve kullanma suyu sağlamanın zorluğu yanında, yüksek nüfusun meydana getirdiği yüksek oranda atık suyun kontrolü, arıtılması da önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Son zamanlarda iklimsel değişikliğe bağlı olarak düşen ani yağışların akış yollarının yok edilmesi ile meydana gelen taşkınlar ise kaybolan dere yataklarında inşa edilen konutlarda yaşayan insanların hayatlarını riske etmektedir. Ayrıca, metropolün içme suyu iklim değişikliği baskısı altında bulunmakta ve 2023 yılında da olduğu gibi zaman zaman kurak dönemlerde önemli bir içme suyu temini problemi ile karşılaşmıştır. Gelecekte iklim krizinin yaratacağı benzeri olaylara hazır olunması ancak düzenli altyapı olanakları ile ve suyun doğru yönetilmesi ile mümkündür. Bu çalışmada, İstanbul gibi büyük metropollerde yağmur suyundan-yeraltı suyuna kadar olan süreçte suyun doğru yönetimi ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

*Anahtar Kelimeler: İçme suyu temini, plansız yapılaşma, taşkın yönetimi, su ve atık su yönetimi*

**Abstract:** Being prepared for the catastrophic events that will be caused by the climate crisis in the coming periods is only possible by managing water. In this study, water management from the rainwater to groundwater process such as İstanbul metropolises were evaluated. Recently, big cities have been dealing with natural disasters caused by climate change, which sometimes reach catastrophic levels. While these disasters show excessive rainfall and floods in some places, they can occur in the form of drought in others. Particularly in metropolises, due to irregular urbanization, inadequate drainage systems, destruction of stream beds, and concreting of soil areas where groundwater recharge area, rainwater flows quickly and causes dramatic floods. In this context, it is of great importance for big cities to take water management under control in the entire process, from precipitation to wastewater, and to be ready for climate change. İstanbul is one of the cities where the damage caused by floods where damaged surface drainage system and unplanned urbanization. İstanbul Province is located within the Marmara Basin, which hosts 25% of Türkiye's population. 78.84% of the total population of the basin lives in İstanbul. In addition to the difficulty of providing drinking water to such a large population, controlling high amounts of wastewater generated by the large population also emerges as an important problem. Recently, many of floods have occurred due to the destruction of flow paths and construction built in destruction of flow paths. In addition, the metropolis' drinking water is under the pressure of climate change, and a significant drinking water supply problem has been encountered from time to time during dry periods, as in 2023. Being prepared for the catastrophic events that will be caused by the climate crisis in the coming periods is only possible by managing water. In this study, water management from the rainwater to groundwater process such as İstanbul metropolises were evaluated.

*Key Words: Provide drinking water, unplanned urbanization, flood management, water and waste eater management*

## **1.GİRİŞ**

Aşırı nüfus artışı dünya genelinde önemli bir su probleminin yaşanmasına neden olmaktadır [1]. Özellikle nüfusun belli şehirlerde toplanması, şehirlere zaman zaman yeterli miktar ve kalitede suyun temin edilememesi, dağıtım şebeke sistemlerindeki kayıp kaçaklar, sudaki bazı spesifik kirleticileri giderecek yeterli arıtma sistemlerinin olmaması, yağış sularının doğru drene edilememesi ve buna bağlı olarak oluşan taşkınlar, aşırı yeraltısu çekilmesi ile ortaya çıkan zemin oturmaları ve akiferlere deniz suyu girişimi gibi önemli su yönetimi sorunları yaşanmaktadır [2]. Şehirlerde plansız yapılaşmalar suyu akışını bozacak müdahalelere neden olmakta, akış yollarını bozmakta, akışı hızlandırıcı kanallaşmalar oluşturmakta, menfez ve köprü gibi engellerle akışın azalmasına veya kesilmesine neden olmakta ve buna bağlı olarak yağış suyunun akışa geçmesi ve akışın da nihai olarak drene olacağı su kütlesine ulaşması güçleşerek felaket ile sonuçlanacak olaylara neden olabilmektedir Küresel iklim değişikliği ile bu durum son yıllarda giderek artan sıklıkta ve şiddette gözlenmektedir [3].

2023 yılı itibari ile ülkemizde bir milyon ve üzerinde nüfusa sahip şehir sayısı 24'e ulaşmıştır. Ülkemizde kırsal nüfusun giderek artan bir şekilde şehirlere kaydığı açık bir şekilde görülmektedir. Bu şehirler arasında en kalabalık nüfus ise İstanbul'dur. İstanbul gibi büyük metropollerde nüfusun yoğunlaşması, arazi kullanım dengesini değiştirmekte, toprak alanlar betonlaşmakta, dere yatakları yok olmakta ve yağış sularının akış güzergahları tahrip edilmektedir. Söz konusu plansız genişleme sürecinde yağış sularının süzülme alanlarının betonlaşmasına nedeniyle ekstrem yağışlar hızlıca akışa geçerek riskli sellenmelere neden olmaktadır. Aşırı yağışlardan kaynaklı sel olaylarının sanayi, tarım ve yerleşim alanlarını tahrip etmesi, nüfusun yer değiştirmesine ve işsizliğin artması gibi sosyo-ekonomik problemlere neden olacaktır. Diğer taraftan yağmur sularının akışını sağlayan yüzeysel akaçlamaların tahrip edilmesi ve hatta yer yer yapılaşma ile tamamen yok edilmesi, sel sularının insan yaşam ve faaliyet alanlarından geçerek yüzeyledeki kirleticileri bünyesine katarak içme suyunun sağlandığı baraj ve yeraltı suyu beslenme alanlarına taşınması da, kentsel alanlara su sağlayan yerüstü ve yeraltı suyu depolamalarında su kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. İklim olaylarının ani ve hızlı değiştiği günümüz şartlarında büyükşehirlerde yağmur suyunun kontrolü ve önemli oranda içme ve kullanma suyunun sağlandığı yeraltısularının planlı ve kontrollü şekilde yönetilmesi hayati önem arz etmeye başlamıştır. Belirtilen bütün bu sorunların içerisinde İstanbul ölçeğinde suyun yönetimine yönelik değerlendirmeler aşağıda ele alınmıştır.

## **2.METROPOL ÖLÇEĞİNDE SU YÖNETİMİ**

İstanbul İli Kuzey Marmara ve Doğu Marmara bölgelerine doğru genişlemektedir (Şekil 1). Bölgenin iklimi, Akdeniz ve Karadeniz iklimi özelliklerini göstermekte ve yer yer karasal ikliminin geçiş zonu özelliklerini de bünyesinde barındırmaktadır. Bölgenin uzun yıllar yağış ortalaması 570 mm olarak gerçekleşmekte olup, Türkiye yağış ortalaması olan 523 mm'nin az da olsa üzerindedir. İstanbul İli idari alanı 5343 km<sup>2</sup> olup bu alana düşen yıllık toplam yağış miktarı 2,794.00 hm<sup>3</sup>'tür. Yağış suyunun %54'ü buharlaşmakta, %40'ı ise yüzeysel akışa geçmektedir. Geri kalan %6'lık kısmı ise yeraltı suyunu beslemektedir. Bu oran yapılaşma, arazi eğimi jeolojik birimlerin geçirimsizlik durumu ve bitki örtüsü gibi birçok nedenlere bağlı olarak bölgesel olarak değişiklik göstermektedir.

İstanbul ili ve ilçeleri su temini açısından doğrudan yerüstü depolamalara bağımlıdır. Yüzeyle depolamaları ise doğrudan yağışa bağlı olduğundan, doğru bir su yönetimi için yerüstü suyunun kontrol edilmesi ve yönetilebilir halde geliştirilmesi, bölge için önem arz etmektedir. Son zamanlarda küresel iklim değişikliğinin ülkemizin birçok yerinde yoğun olarak yaşanmasına bağlı olarak yağışlarda azalmalar gözlenmektedir. Bu nedenle özellikle 2023 yılı ikinci yarısında birçok ilimizdeki barajlarda su seviyesi kritik seviyeye düşmüştür. İstanbul yerleşim alanlarının hidrolojisine bakıldığında, tüm akarsuların ve derelerin Marmara denize boşaldığı görülmektedir. Bu çerçevede yüzeyle su potansiyelinin değerlendirilmesi suyun yönetilmesinde en önemli adımı oluşturmaktadır.



Şekil 1. İstanbul İli lokasyon haritası

Diğer taraftan yeraltısuyu, aşırı kuraklık, deprem ve volkanik faaliyetler gibi doğal afetlerde kullanılabilir en hayati kaynaktır. Ülkemizde ise yeraltısuyu %77 oranında sulama suyu olarak kullanılmaktadır. Bu kritik kaynağın sadece %13'ü ise içme-kullanma suyu olarak kullanılmaktadır [4]. İstanbul İlinin bulunduğu Kuzey Marmara Havzası'nda yapılan hidrojeolojik etüd çalışmalarında, yeraltısuyu beslenimi değeri  $174 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  olarak hesaplanmıştır [5]. Kuyu dağılımlarının büyük bölümü ova kesimlerde olduğu, sınırlı sayıda kuyunun ise dağlık kesimlerde açıldığı görülmektedir. Dağlık kesimlerde açılan kuyuların büyük bölümü de köy ve mahallelere içme suyu sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Kuyuların büyük çoğunluğu ise tarımsal sulama ve sanayi kuruluşlarının su ihtiyaçları için kullanılmaktadır. İstanbul ve çevresinde, diğer bölgelerden farklı olarak yeraltısuyu tüketimin büyük bölümünün sanayide kullanıldığı dikakti çekmektedir. Bu durum ülkemiz sanayi üretiminin Marmara Bölgesi'nde yoğunlaşmış olması ile ilişkili olduğu kadar bölgesel iklim koşulları ve yapılan tarımsal üretimin su gereksinimleri ile de doğrudan ilişkilidir. Özellikle nüfusun her geçen gün arttığı İstanbul-Kocaeli gibi büyük şehirlerde sanayide kullanılan suyun arıtılarak yeniden kullanımının yaygınlaştırılması, yeraltısuyu tüketimin sınırlandırılması ve bu kritik kaynağın korunması açısından önemli görülmektedir. Bu amaçla arıtılmış atıksuyun kullanımının sanayiler nezdinde teşvik edilmesi ve bu amaçla yeni eylem planlarını

oluşturması gereklidir. Ülkemizde Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen kullanılmış suların yeniden kullanımı konusundaki çalışmalarda, gri suların tarım ve sanayide kullanılabileceği konusu gündeme gelmiş ve bu bağlamda alınabilecek tedbirler ortaya konulmuştur.

### **3.SONUÇ VE ÖNERİLER**

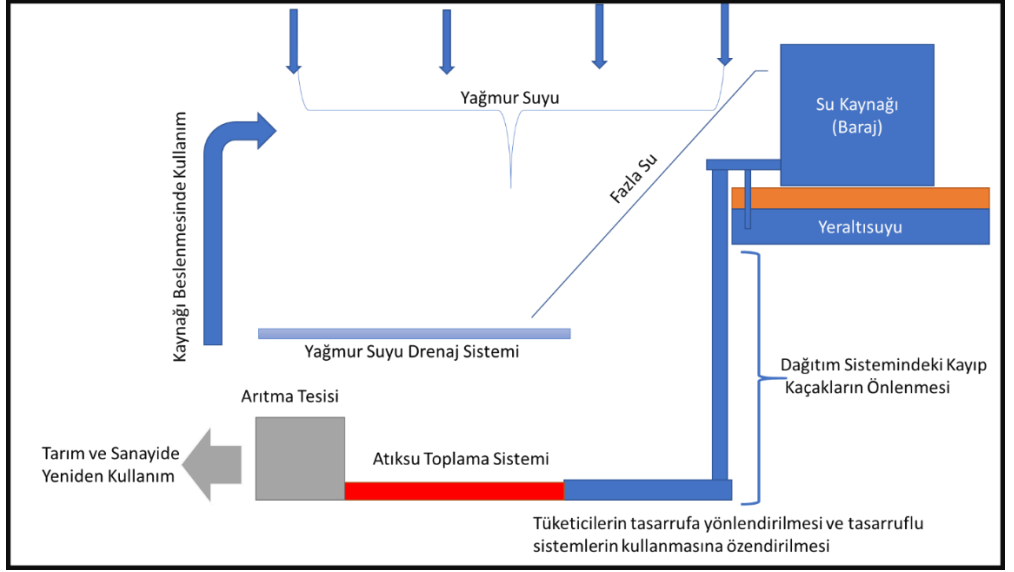
Sürdürülebilir bir kentsel su sisteminin temel hedefleri, güvenli içme suyu sağlamak, atık suyu halk sağlığını koruyarak bertaraf etmek ve/veya yeniden kullanmak, taşkınlardan etkilenmeyecek planlamayı gerçekleştirmek ve su kaynaklarındaki kirliliğin etkilerini hafifletmektir [6 ve 7]. Bahsedilen tüm bu hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için, kent yönetimlerinin suyun doğru yönetimini sağlayabilmek adına kaynaktan musluğa kadar ve musluktan da atık suya kadar olan süreçlerde entegre bir yönetim anlayışı içinde olmaları gerekmektedir. Günümüzde iklim değişikliğine bağlı su kaynağındaki azalmalar da dikkate alındığında, özellikle büyükşehirlerde suyun kullanımı hayati önem taşımaktadır. Şehirlerde suyun yönetilebilir olması için Şekil 2'de sunulan şematik model sunulmuştur.

Şekil 2'de görüleceği üzere havza içerisindeki var olan yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının korunması ve izlenmesinin sağlanması en önemli adımlardan birini oluşturur. Kaynağın sürdürülebilir olması açısından kaynağın beslendiği alan ve noktaların korunması ve insan etkisinden uzak tutulması önemlidir. Ayrıca yağmur suyundan beslenimin artırılmasına dönük çalışmalar yapılması da gerekmektedir. Bu çalışmalar arasında yeraltı suyu beslenimi için yeraltı barajları ve yapay beslenme çalışmaları önemli yer tutmaktadır. Ayrıca, mevcut kuyulardan izin verilen değerler üzerinde çekim yapılması ve izinsiz yeni kuyu açılmasının engellenmesi ivedilikle atılması gereken adımlar arasındadır.

Şehirlerde en önemli sorunlardan biri ise içme suyunun dağıtım sistemlerinde oluşan kayıp ve kaçaklardır. Suyun kaynağından paydaşlara dağıtılmasında kullanılan iletim ve dağıtım sistemlerindeki kayıp-kaçak oranlarının düşürülmesi suyun etkili kullanımı açısından çok önemlidir. Gelişmiş ülkelerde dağıtım sistemlerindeki kayıp kaçak oranları % 20'nin altında iken, ülkemizdeki şehirlerde bu değer %40-50 mertebelerinde yer yer ise %50'nin üzerindedir. Yapılan değerlendirmeler, İstanbul ilinde kayıp ve kaçak yoluyla kullanılmayan su miktarının 266.5 hm<sup>3</sup> olduğu tespit edilmiştir [5]. Ayrıca kanalizasyon borularından da yeraltına sızan arıtılmamış atıksu miktarının da 56 hm<sup>3</sup> mertebesinde olduğu öngörülmektedir [5].

İstanbul yerleşim alanlarında yeşil alanların azlığına bağlı olarak yeraltı suyunun yağıştan beslenmesi giderek azalırken, şebeke kaçaklarının beslenimden daha fazla olduğu belirtilmektedir [8]. İstanbul'da yıllık 1650 hm<sup>3</sup> içme suyu dağıtıldığı dikkate alındığında, kayıp ve kaçakların önleyici tedbirler ile önemli oranda azaltılması ile çok ciddi miktarda bir su tasarrufu sağlanacağı ve etkili bir su yönetimi uygulaması sağlanacağı açıkça görülmektedir.

Su yönetiminde diğer bir faktör ise su paydaşlarının suyun verimli kullanımı konusunda bilinçlendirilmesidir. İçme, kullanma ve sulama suyu tüketimlerinde, suyun israfına neden olan uygulamalardan vazgeçilmesi, yeni ve etkili sulama sistemlerinin kullanılması ve ilkökul düzeyinden başlayarak su farkındalığının artırılması ile ilgili eğitimlerin verilmesi gerekmektedir.



Şekil 2. Metropoller için önerilen şematik suyun yönetim modeli

Şehirlere düşen yağmur suyunun ayrı sistem bir kanalizasyon sistemi ile taşınması ve bu sayede yağmur suyunun atıksudan ayrılması su yönetimi açısından atılması gereken önemli adımlarından biridir. Günümüzde yağmur suyunun kontrollü bertarafı ve hasadı için sünger kent uygulamaları yaygınlaşmaktadır. Bu sistemler gerek ani taşkınların önlenmesi, gerekse yağmur suyunun yeraltına sızmasını artırması açısından faydalı uygulamalardır. Eski yerleşimlere uygulanması zor olmala birlikte sözü edilen sistemlerin en azından yeni kurulan yerleşim alanlarına uygulanması ile ileriye dönük önemli kazanımlar elde edilebileceği öngörülmektedir. Yağmur suyunun farklı sistemler ile hasat edilmesi ile suyun küçük ölçekli bağ ve bahçe sulamalarında doğrudan kullanımı veya fabrika çatılarından hasat edilen yağmur suyunun sanayi suyu ihtiyacının bir kısmının karşılanmasında kullanılması da önemli katkı sağlayacaktır.

Ülkemizdeki ana havzalardaki drenaj ağlarında taşkın önleme çalışmaları gerçekleştirilmekte, tüm havzalar için taşkın eylem planları ve risk değerlendirme çalışmaları yapılmaktadır. Taşkın riski olan derelerin akışın sağlanması, bu derelerin şehir merkezlerine girmeden önce seddeler ile akış hızını yavaşlatıcı tedbirlerin alınması, yer yer kuşaklanarak şehre girmesinin engellenmesi ve uygun alanlarda



suların seddeler ile toplanarak gerek yeraltına sızmasının sağlanması gerekse yerel kullanımın sağlanması gibi tedbirler hem kentsel taşkınların önlenmesinde hem de su kaynağının daha etkili kullanımında katkı sağlayacaktır.

Doğal afetlerde yaşamsal su kaynağı olan yeraltısuyu kaynağının korunması ve miktarının artırılması için önlemlerin ivedilikle atılması gerekmektedir. Bunlardan başında ise illerin içinde bulunduğu alt havza su kaynağının miktarına göre ürün desenin planlanması, arıtılmış suların sulamada yeniden kullanımının teşvik edilmesi ve yaygınlaştırılması gelmektedir. İstanbul kıyı akiferlerinde uygun akifer sistemlerine yeraltı barajları ve yeraltısuyunun beslenmesine dönük planlamaların yapılması su kaynağının artırılmasında ve deniz suyu girişimin önlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Yeraltısuyunun aşırı kuraklık, deprem gibi doğal afetlerde kullanılabilir önemli bir rezerv su kaynağı olacağı dikkate alınarak özenle korunması sağlanmalıdır. Bu nedenle özellikle İstanbul gibi deprem bölgesi olan şehirlerde, depreme hazırlıklı olunması açısından deprem toplanma yerlerinin yapılması, bu alanlara su kuyuları açılarak hazır bulundurulması da deprem sonrasında sanitasyonun açısından önem taşımaktadır.

İstanbul ve çevresi yüzeysel yapılaşma nedeni ile yeraltısuyu beslenme alanları azalmaktadır. Bu nedenle sınırlı bir yeraltısuyu kaynağına sahiptir. Jeolojik yapısı gereği birimlerin geçirimsiz olması ve yeraltısuyu bulunduran birimlerin ise sınırlı olmasından ötürü, yeraltısuyu potansiyeli düşüktür. İstanbul için yapılacak su yönetimi planlarında yüzeysel su kaynaklarının daha yönetilebilir hale getirilmesi, yeraltısuyunun ise deprem ve aşırı kuraklık gibi doğal afetlerde kullanılmak üzere korunmasına dönük eylem planlarının oluşturulmasında büyük yarar bulunmaktadır. Büyük şehirlerde su yönetimi ancak, bütünleşik su yönetimini dikkate alacak şekilde yerleşim alanının içinde bulunduğu tüm kamu yönetimini de içine alan bir yönetim sisteminin oluşturulması önerilmektedir.

Son olarak, kent alanının giderek genişlemesi ve nüfusun artması İstanbul metropolitan alanı için kentsel su teminini giderek zorlaştırmaktadır. Yıllar içinde giderek daha uzak mesafelerden su getirilmeye çalışılan İstanbul kenti için nihai çözümün deniz suyunun arıtılarak su temininde kullanımı olduğu gerçeği gözden kaçırılmamalıdır. Giderek düşen desalinasyon maliyetleri dikkate alındığında, dörtbir yandan denizlerle çevrili İstanbul metropolitan alanına birden fazla noktada desalinasyon tesisleri kurularak, gelecekte oluşması olası daha uzun ve daha şiddetli kuraklık episotlarında kullanılmak üzere alternatif bir su kaynağı yaratılmış olacaktır.

## **KAYNAKLAR**

1. World Population Review (2021) World City Populations <https://worldpopulationreview.com/world-cities>.
2. Rahmasary, A.N., Koop, S.H.A., Van Leeuwe C.J., (2020). Assessing Bandung's governance challenges of water, waste, and climate change: Lessons from urban Indonesia. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 17(2): 434-444
3. SYGM, (2017). Taşkın Yönetimi. T.C.Tarım Ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara
4. SYGM, (2023). Değişen İklim Uyum Çerçevesinde Su Verimliliği Strateji Belgesi T.C.Tarım ve Orman Bakanlığı (2023 – 2033) ve Eylem Planı. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara
5. DSİ, (2016). Kuzey Marmara Havzasının Yeraltısuyu Planlama (Hidrojeolojik Etüd) Raporu. T.C.Tarım ve Orman Bakanlığı Devler Su İşleri Genel Müdürlüğü. Ankara
6. Talat A., (2021). Urban water-supply management: indirect issues of climate change leading to water scarcity scenarios in developing and underdeveloped nations. *Water Conservation in the Era of Global Climate Change*, 47-71
7. Larsen, T.A., Hoffmann, S., Truffer, B., Maurer, M., (2016). Emerging solutions to the water challenges of an urbanizing world. *Urban Planet*, 352(6288), 928–933.
8. Dumlu O,Yalçın T (2008). İstanbul'un Hidrojeolojisi. İstanbul'un Su Politika Sempozyumu, İstanbul

## **İçmesuyu Havzaları Üzerindeki Baskılar, Etkiler ve Çözüm Önerileri; Büyükçekmece Baraj Gölü Örneği**

*Pressures, Impacts, and Solutions on Watershed Areas for Drinking Water Supply; The Case of Büyükçekmece Reservoir*

**Kemal Güneş<sup>a</sup>, Mehmet Beşiktaş<sup>a</sup>, İrfan Yolcubal<sup>b</sup>, Azime Tezer<sup>c</sup>, Ali Ertürk<sup>d</sup>, Ömer Visali Sarıkaya**

<sup>a</sup>TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi İklim Değişikliği ve Sürdürülebilirlik Başkan Yardımcılığı, Barış Mah. Dr. Zeki Acar Cd. No:1 41470 Gebze/Kocaeli

<sup>b</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ayazağa Kampüsü, Maden fakültesi 34469 Maslak/İstanbul

<sup>c</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Taşkılla Binası Taksim/İstanbul

<sup>d</sup>İstanbul Üniversitesi, Su Bilimleri Fakültesi, İç Su Kaynakları ve Yönetimi Anabilim Dalı, Kalenderhane Mahallesi, Onaltı Mart Şehitleri Caddesi, No: 2 P.K 34134 Vezneciler- Fatih İstanbul  
(kemal.gunes@tubitak.gov.tr)

**Öz:** İçmesuyu havzaları üzerindeki baskıların öncelik sırası havzanın özelliklerine bağlı olarak değişmekle birlikte, temel baskıları şu şekilde sıralamak mümkündür: artan nüfus, tarım ve hayvancılık faaliyetleri, arazi kullanımındaki değişiklikler, madencilik faaliyetleri, havza içi ve havza dışından yeraltı suyu kütlelerinin aşırı kullanımından veya kirletilmesinden kaynaklı baskılar, sanayi ve yerleşim alanlarından gelen atmosferik kirlenme, rezervuardan çekilen su miktarındaki ani artışlardır. Bunlara ilave olarak günümüzün en sıcak konusu olan iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkisi ise ayrıca üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. İstanbul özelinde üzerinde çalışılan Büyükçekmece baraj gölü ise en şiddetli 3 baskı; 1) havza içlerinde giderek artan nüfus, 2) tarımsal ve hayvancılık faaliyetleri ve 3) barajlardan daha kısa periyotlarda daha fazla su çekimi şeklinde sıralamak mümkündür. Bunlar ve daha yukarıda sıralanan diğer baskılar barajlardaki su miktarı ve kalitesinin düşmesine etki ederek gelecekteki su kullanımlarına olumsuz etkileri olacaktır ve hali hazırda da olmaktadır. Havzadaki tüm baskı ve etkiler detaylı bir şekilde ele alınarak, sürdürülebilir su kullanımına hizmet edebilecek gereken koruma önlemleri alınmış ve alınmaya da devam edilmektedir. Bunlardan belli başlıcaları; havzada belirlenen nüfus yoğunluklarını aşmayacak şekilde hükümler, çevreye duyarlı yerleşim, tarım ve hayvancılıkta göle ulaşabilecek besin maddelerini azaltıcı hükümler, sanayi faaliyetleri ve yeraltı sularının korunmasına yönelik önlemler sıralanabilir.

*Anahtar Kelimeler:* Büyükçekmece Barajı, İstanbul içmesuyu kaynakları, havza yönetimi, nüfus baskısı, tarımsal baskılar, arazi kullanım değişiklikleri.

**Abstract:** The priority of pressures on watershed areas varies depending on the characteristics of the watershed, but the fundamental pressures can be listed as follows: increasing population, agricultural and livestock activities, changes in land use, mining activities, pressures resulting from excessive use or pollution of groundwater masses from within and outside the watershed, atmospheric pollution from industrial and settlement areas, and sudden increases in water withdrawal from reservoirs. In addition, the impact of climate change, which is currently the hottest topic, on water resources is also an important issue that needs to be addressed separately. In the specific case of the Büyükçekmece reservoir in Istanbul, the three most severe pressures are as follows: 1) the increasing population within the watershed, 2) agricultural and livestock activities, and 3) more frequent and larger water withdrawals from the reservoirs in the shorter periods. These and other pressures listed above have negative effects on the quantity and quality of water in reservoirs, both currently and in the future. All pressures and impacts in the watershed are being thoroughly addressed, and necessary protective measures are being taken and will continue to be taken to serve sustainable water use. Some of the main measures include regulations to not exceed the population densities determined in the watershed, environmentally sensitive settlement, provisions to reduce nutrients reaching the lake in agriculture and livestock, and measures to protect industrial activities and groundwater resources.

*Key Words:* Büyükçekmece dam, İstanbul drinking water sources, watershed management, population pressure, agricultural pressures, land use changes

## 1.GİRİŞ

İçme suyu kaynakları toplumun en temel ihtiyaç kaynaklarından biri olması sebebiyle su tahsislerinde ilk sırada yer almaktadır. Bu önceliğin sürdürülebilirliği bu kaynak ve bulunduğu havzanın rasyonel yönetimi ile mümkün hale gelebilir. Bu ise havzanın tüm bileşenlerinin kapsamlı olarak çalışılması ve elde edilen bilimsel bulgular ışığında koruma tedbirlerinin oluşturulması ile mümkün olabilmektedir. İstanbul gibi metropoliten alanlardaki içme suyu havzaları artan nüfusa ve insanların doğada müstakil bir hayat tercihine yönelmeleri sebebiyle bu anlamda baskı altındadır. Bu baskının en büyük etkisi çeşitli kirlilik unsurlarının rezervuara taşınması ile sonuçlanmasındır. Her ne kadar arıtma sistemleri gelişmiş olsa da kanalizasyonun bulunmadığı alanlarda konutlardan kaynaklı noktasal ve yayılı kirlilik yükü kaçınılmaz olmaktadır. Bununla birlikte eskiden köy statüsünde iken şimdi mahalle olarak addedilen alanlarda da ileri atıksu arıtma sistemlerinin inşa edilememesi nedeniyle bu tür alanlardan alıcı ortama noktasal kaynaklı kirleticilerin önlenmesi zorlaşmaktadır. Diğer yandan havzalarda bulunan mahallelerde yapılan tarım ve hayvancılık faaliyetleri de yayılı kirlilik yükü yeterli önlem alınmadığı

takdirde alıcı ortama ulaşması mümkündür. Günümüzde iklim değişikliğinin de etkisiyle uzun süreli kurak dönemden sonra yağın ilk yağış erozyonla birlikte önemli ölçüde sedimentin ve beraberinde taşıdığı besin öğelerinin yüzeysel akış ile birlikte rezervuarlara taşınmasına neden olmaktadır. Yağış şiddeti ve süresi, yağış alanının bitki örtüsünden yoksun olması gibi durumlarda ise beklenenden çok daha fazla sediment ve nutrient taşınımı söz konusudur. Havzada noktasal kirlilik kaynakları kaynağında yapılabilen bir takım regülasyonlarla nispeten kontrol altına alınabilir [1]. Ancak yayılı kaynakları kontrol altına almak çok daha zor ve uzun vadeli çalışmaları gerektirmektedir. Bununla birlikte yayılı yükleri kontrol etmek önemli maliyetler oluşturduğundan gelişmiş ülkelerde bunu kontrol etme konusunda büyük ilerlemeler kaydedilebilirken gelişmekte olan ülkelerde bunun çok daha uzun sürede gerçekleşebileceği söylenebilir [2]. Yayılı yükler oransal olarak da kirlenici taşınımı açısından noktasal yüklerden çok daha fazladır. Örneğin Çin'deki toplam su kirliliğine yüzey akış kaynaklı katkının tahminleri azot için %81'e ve fosfor için %93'e kadar çıktığı bildirilmektedir [3]. Yayılı yüklerin azaltılmasına yönelik konservatif birçok yöntem farklı birçok çalışmada ele alınmaktadır. Ancak bunlardan farklı olarak yenilikçi bir yaklaşımda ise yayılı yüklerde kirlenme kontrolü için üç aşamaya (sıvı, katı ve biyo-faz) dayalı yeni stratejiler önerilmektedir [4]. Konvansiyonel azaltma stratejilerinde iki faz (katı –sıvı) üzerine yoğunlaşılırken, bu yaklaşımda “biyo-faz” adı altında sürdürülebilir yenilikçi bir yaklaşım öne çıkmaktadır.

Bu çalışma dünyanın önde gelen metropoliten alanlarından biri olan İstanbul'a içme ve kullanma suyu sağlayan Büyükçekmece Baraj Gölü'nün korunması ve sürdürülebilir kullanımının sağlanarak gelecek nesillere de hizmet edecek şekilde tedbirlerin alındığı çok disiplinli bir çalışma olması nedeniyle öne çıkmaktadır.

## **2.YÖNTEM**

Bu çalışmada Büyükçekmece baraj gölü havzası için oluşturulan ve havzadaki her bir unsurun detaylı olarak araştırılma ilkelerini kapsayan teknik şartname esas alınarak çalışmanın temel yöntemini oluşturmuştur. Öncelikle havza sınırının doğruluğu belirlenmiş olup bu sınırlar içerisinde kalan yerleşik alan sınırlarının belirlenmesi, tarım alanları ve çeşitliliği, hayvancılık faaliyetleri, yeraltı suyu çekim noktaları, yeraltı suyu miktar ve akış yönüne ilişkin saha çalışmaları, rezervuarları besleyen akarsular ve derelerde bir yıl boyunca yapılan izleme çalışmaları, geçmiş çalışmalarla birlikte yapılan izleme çalışmalarından elde edilen veriler değerlendirilerek havza ve rezervuar su kalitesinin modellenmesi ve buna bağlı olarak çeşitli senaryolarla rezervuar su kalitesini iyileştirmeye yönelik çalışmalar ortaya konulmuştur. Çalışmaların sonucunda koruma kullanma dengesini gözetin ve havzanın her bir koruma bandına özgü koruma tedbirlerini içeren bir yönetmelik hazırlanmıştır.

### **3.SONUÇ VE ÖNERİLER**

Yapılan çalışma sonucunda Büyükçekmece havzasındaki her bir koruma bandına has koruma kullanma dengesini gözeten hükümler ortaya konulmuş olup bunların izlenmesi ve denetlenmesi konusunda ilgili kurumlara sorumluluklar belirtilmiştir. Bu sorumluluklar şüphesiz İSKİ'nin koordinasyonunda yapılıyor/yapılacak olması aksayan yönlerin çözümü yönünde büyük avantajlar sağladığı aşıkardır. Zira Suyu kullanan idare olarak denetleme işlemlerini eş zamanlı olarak yapma yetkisi hazırlanan havza koruma planında belirtilmektedir. Bu durum İSKİ'nin bu havzayı koruma konusundaki liderlik etme sorumluluğunu daha da motive edecek yödedir. Havza koruma planlarının işleyişinin sağlıklı olması konusundaki öneriler şu şekilde belirtilebilir: İklim değişikliği de düşünüldüğünde öncelikli olarak içme suyu havzalarının çok sıkı korunması gerekli alanlar olduğu ve bu sebeple bu alanların başta yerleşim olmak üzere diğer tüm faaliyetler için son derece kullanıma kısıtlı kurallar içerdiği, bu kuralların taviz vermeden uygulanacağı bilincini toplumuza kazandırmamız gerekmektedir. Bununla birlikte yapılan detaylı çalışmalar sonrasında ortaya çıkan havza koruma planlarının ilgili maddeleri için düzenlenen uygulama planının belirtilen takvime uyarak yerine getirilmesi gerekmektedir. Aksi durumda hazırlanan planların toplum nezdinde inandırıcılığı kalmayacağı için plan kararlarına uyma konusunda da motivasyonu azaltacaktır. Bununla birlikte havzadaki akarsu/dere, rezervuar ve yeraltı suyu izleme çalışmalarının sürekliliği elzemdir. 5 veya 10 yıllık periyotlarda rezervuar su kalitesi izleme çalışmalarından elde edilen veriler ışığında iklim değişikliği de gözetilip modellenerek alınan kararlarda güncellemeye gidilmesi önerilmektedir.

### **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde verdiği katkılardan dolayı İstanbul Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (İSKİ)'ye ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'ne teşekkürlerimizi sunarız.

### **KAYNAKLAR**

1. Rissman, A.R., Carpenter, S.R., (2015). Progress on nonpoint pollution: barriers & opportunities. *Daedalus* 144 (3), 35–47.
2. Xie, Z., Ye, C., Li, C., Shi, X., Shao, Y., Qi, W., (2022). The global progress on the non-point source pollution research from 2012 to 2021: a bibliometric analysis. *Environmental Sciences Europe*, 34, 121.
3. Ongley, E.D., Xiaolan, Z., Tao, Y., (2010). *Environmental Pollution*, 158, 1159–1168.
4. Wu, Y., Liu, J., Shen, R., Fu, B., (2017). Mitigation of nonpoint source pollution in rural areas: From control to synergies of multi ecosystem services, *Science of the Total Environment*, 607-608, 1376-1380.

## **Toplanma, Çadır, Barınma Alanlarına Özellikle İçme Suyu Sağlamada Hidrojeolojik Ortamlardan Yararlanma**

*Utilizing Hydrogeological Environments, Especially in Providing Drinking Water to Assembly, Tent and Sheltering Areas*

**Turgut Öztaş<sup>a</sup>, Çağatay Kariptaş<sup>b</sup>, Eren Kurçenli<sup>b</sup>, Akif Yeşiltaş<sup>c</sup>, Pınar Aksoy<sup>c</sup>, Esra Fitöz<sup>c</sup>, Özlem Yıldız Yüksekol<sup>c</sup>, Nilüfer Yılmaz<sup>c</sup>, Tarık Talay<sup>c</sup>, İsra Bostancıoğlu<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>*Emekli Öğr. Üyesi (İTÜ Maden Fak. Jeoloji Müh. Bl., MSGSÜ Mim. Fak. Şehir ve Bölge Planlama Bl.), İstanbul*

<sup>b</sup>*GRM İletişim ve Bilişim San. Tic. Ltd. Şti., Ataşehir, İstanbul*

<sup>c</sup>*İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, Osmaniye Mahallesi, Çobançeşme Koşuyolu Bulvarı, No:5, 34568 Bakırköy, İstanbul  
(turgutoztas@gmail.com)*

**Öz :** İstanbul il alanındaki hidrojeolojik ortamlar, afet sonrası kullanma ve bilhassa içmesuyu ihtiyacının giderilmesi amacıyla yönelik olarak 2020 yılında ivedilikle önceliklendirilerek bir hidrojeolojik araştırma projesine konu edilmiştir. Proje verileri afet sonrası toplanma, çadır ve barınma alanlarına özellikle içme suyu sağlanması doğrultusunda değerlendirilmiş ve şimdiden hemen kullanıma hazır tutulabilme aşamasına getirilmesi uygun görülen yararlanılabilir yeraltısuyu ortamlarının teknik özellikleri saptanarak ya da öngörülerek bulguları bu proje kapsamında hazırlanan ayrı bir rapor halinde sunulmuştur. Konuya ilişkin ileri çalışmalarla, 2020 projesi kapsamında hazırlanmış olan hidrojeolojik ortamlar haritası, bunu izleyen 2023 projesiyle “İstanbul İl Alanı Hidrojeoloji Haritası ve Raporu” ayrıntısına kavuşturulmuş ve ayrıca gerek haritanın, gerekse raporunun farklı disiplinlerce de anlaşılabilir ve kolayca ve kapsamlı değerlendirilebilmesine olanak sağlayacak bir “teknik kullanım kılavuzu” hazırlanmasında son noktaya gelinmiştir. Bu çalışmalar kapsamında, “hidrojeolojik ortam ile yapılaşmış çevre etkileşimi” dikkate alınarak hangi hidrojeolojik ortamlara öncelik tanınarak ayrıntılı çalışmalara gidilmesi gerektiği konusunun netleştirilmesi henüz sonuçlandırılmamıştır. Yine de mevcut hidrojeolojik bulgular, İstanbul ili hidrojeolojik ortamları için araştırma önceliğinin özellikle ve acilen İstanbul Doğu (Anadolu) Yakası’ndaki “kuvars çakıldaşı, kuvarsit, kuvarsarenit” sutaşlarına verilmesini, sonrasında ise her iki Yaka’daki diğer öncelikli “yeraltısuyu ortamları”nın araştırılarak bir an önce hem günümüzde ve hem de afet sonrasında yararlanılabilir duruma getirilmesinin zorunluluğunu işaret etmektedir.

*Anahtar Kelimeler: Hidrojeolojik Ortam, Toplanma, Çadır ve Barınma Alanı*

**Abstract :** The hydrogeological environments in the Istanbul province area were urgently prioritized and subject to a hydrogeological research project in 2020 for the purpose of meeting the need for post-disaster use and especially drinking water. The project data was evaluated in terms of providing drinking water to the post-disaster assembly, tent and sheltering areas, and the technical characteristics of the usable groundwater environments, which were deemed appropriate to be ready for immediate use, were determined or predicted and the findings were presented in a separate report prepared within the scope of this project. With further studies on the subject, the hydrogeological environments map prepared within the scope of the 2020 project and the "Istanbul Provincial Area Hydrogeology Map and Report" were detailed with the subsequent 2023 project, and a "technical use guide" that will allow both the map and the report to be understood and evaluated easily and comprehensively by different disciplines. The final point has been reached in the preparation of the "guide". Within the scope of these studies, it has not yet been finalized to clarify which hydrogeological environments will be given priority and detailed studies will need to be carried out, taking into account the "interaction between the hydrogeological environment and the built environment". Nevertheless, the current hydrogeological findings suggest that the research priority for the hydrogeological environments of Istanbul province should be given especially and urgently to the "quartz conglomerate, quartzite, quartzarenite" aquifers on the East (Anatolian) Side of Istanbul, and then other priority "groundwater environments" on both sides should be investigated. It points out the necessity of making it usable as soon as possible both today and after the disaster

*Key Words: Hydrogeological Environment, Assembly, Tent and Sheltering Area*

## **1.GİRİŞ**

“İBB-DEZİM, GRM, 2020, Deprem Sonrası İçme ve Kullanma Suyu Teminine Yönelik Olarak İstanbul İl Alanı Hidrojeolojik Ortamlarının (Yeraltısuyu Ortamları) Tespiti” ortak projesi kapsamında “Öztaş, T., 2007, İstanbul İl Alanının Hidrojeolojik Özellikleri ve Haritası” [1] verilerine büyük oranda dayanarak hazırlanan “Öztaş, T., GRM, 2020a, İstanbul İli Hidrojeolojik Ortamlar Haritası ve Raporu” [2] sonucunda ulaşılan hidrojeolojik kökenli bulgular, İBB ve İSTAFAD’ça tanımlanmış olan toplanma, barınma, çadır alanları verisinin İBB-DEZİM tarafından sağlanmasıyla konunun önemi ve aciliyeti gözetilerek “Öztaş, T., GRM, 2020b, Deprem Sonrası Kullanma Yönelik Toplanma – Barınma – Çadır Alanları Envanteri ve Yeraltısularından Yararlanılabilirlik” [3] raporuna konu edilmiştir. Böylece özellikle deprem odaklı afet eylem planları çerçevesinde tanımlanan bu tür alanlar için varlığı yaşamsal önem sağlayan suyun, özellikle de içme suyunun, yeraltısularından teminine yönelik ciddi bir ön durum tespiti de ilk kez yapılmış olmaktadır. Bir sonraki adımda ise tamamlanmak üzere olan “2023, İstanbul İl Alanı Hidrojeolojik Raporu, Haritası ve Kullanma Kılavuzu” konulu ayrıntılı hidrojeoloji projesi kapsamında, mevcut veri tabanının özellikle yersel güvenliği gözetilecek şekilde güncellenmesi ve “toplanma, çadır ve barınma alanlarına hidrojeolojik



ortamlardan içme suyu sağlanması” konusunu daha açıklayıcı ve yol gösterici kılması amaçlanmıştır. Ayrıca, konunun ileride çok daha kapsamlı ayrı bir proje olarak risk ve afet yönetimi bileşenlerini oluşturan belirleyici parametrelerle birlikte ele alınarak çok farklı yönlerden irdelenmesi ve somut saptamalarla ayrıntılandırılması hedeflenmiştir.

Veri güncellenmesi bağlamında yapılan çalışmalarda, toplanma, çadır ve barınma alanları envanterine ilişkin 2020 yılı verilerinde ve adlanmalarında değişiklikler olduğu ifade edilmişse de bu verilere henüz ulaşılamadığından yine 2020 yılı envanteri kullanılmıştır. Dolayısıyla bu çalışmada sunulan değerlendirmeler, envanter dışında kalan güncellenmiş, denetlenmiş ve geliştirilmiş diğer tüm verilerle zenginleştirilerek nihai haline kavuşturulmuş olan “İstanbul İl Alanı 2023 Hidrojeoloji Haritası”ndan yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm bu çalışma; hidrojeoloji haritası hazırlama metodolojisi [4, 5] yanı sıra toplanma, çadır, barınma alanlarının kullanım ve özellikle içme suyu ihtiyacını hidrojeolojik ortamlardan karşılama olasılığını değerlendiren yazılı ve görsel bir ilk çalışmadır.

## **2.YÖNTEM ve TANIMLAR**

Toplanma, çadır ve barınma alanlarının işlendiği haritalar üzerinde, bu alanlara kullanma suyu ve özellikle içme suyu sağlanmasına yönelik olarak hidrojeolojik ortamlardan yararlanma olanağını sergilemek bağlamında söz konusu envanter alanları gösterimi dışında; İstanbul il alanı topoğrafyası, jeolojisi [6, 7], jeohidrolik ve hidrojeolojik ortamları, hidrolojik ve meteorolojik gözlem istasyonları, kaynaklar ve çeşmeler, membasuyu ve yeraltısuyu işletmeleri [8], adi ve keson kuyular, su sondaj kuyuları, akarsu ve kuru dereler, göller, sulak alanlar ve bataklıklar, barajlar, bendler ve göletler, su depoları, ilçe sınırları ve ana karayolu, demiryolu, körü, tünel gibi ulaşım hatları da özellikle gösterilmiştir. Gereksinimlerin önem ve boyutuna göre “toplanma, çadır, barınma” alanları şeklinde tanımlanmış olan bu özel alanlar, “afet sonrası ve özellikle de “deprem” sonrası yardım gereken halkın öncelikle güvenliğini ve acil ihtiyaçlarını sağlamak için tahsis edilen alanlardır. Bu alanların İstanbul il alanı genelinde tanımı yapılan başat nitelikleri izleyen paragraflarda verilmiştir.

**Toplanma Alanları :** “İstanbul il alanı içerisinde olası bir deprem sonrası konutu hasar gören halkın ilk sığınma lokasyonu” olarak tanımlanan “toplanma alanları”na ilişkin veriler “İBB, 2020” ve “İSTAFAD, 2020” bünyesindeki çalışmaların DEZİM tarafından teminiyle sağlanmıştır. İstanbul’un 39 ilçesinin tamamında ayrılmış olan “toplanma” alanları; İBB tarafından 859 ve İSTAFAD tarafından 2986 farklı yerde tahsis edilmiştir. Buraların, İBB alanlarında 21.567.906 kişiye ve İSTAFAD alanlarında da 19.748.074 kişiye hizmet verebileceği öngörülmüştür.

**Çadır Alanları :** “İstanbul il alanı içerisinde olası bir deprem sonrası konutu hasar gören halkın özellikle hava koşulları elvermediği durumda acilen sığınacağı yerler” olan “çadır alanı” verileri “İSTAFAD, 2020” bünyesindeki çalışmaların DEZİM tarafından teminiyle sağlanmıştır. İstanbul’un 26 ilçesinde ayrılmış olan “çadır”

alanlarının sayısı 129'dur. Buralarda 209913 adet çadır – konteyner kurulması ve 1.047.591 kişiye hizmet verilmesi planlanmıştır.

**Barınma Alanları :** “İstanbul il alanı içerisinde olası bir deprem sonrası konutu hasar gören halkın belirli bir süre konaklayacağı lokasyon” olarak tanımlanan “barınma alanı” verileri “İBB, 2020” bünyesindeki çalışmaların DEZİM tarafından teminiyle sağlanmıştır. İstanbul’un 36 ilçesinde ayrılmış olan “barınma” alanları “açık” ve “kapalı” özellikte planlanmıştır. Açık barınma alanları ayrıca ABA (Acil Barınma Alanı), GBA (Geçici Barınma Alanı) ve KBA (Kısa Vadeli Barınma Alanı) türünde tasarlanmıştır. Bu ilçelerdeki açık barınma alanlarının toplam sayıları ve kişi kapasiteleri sırasıyla; ABA türündekilerde 570 adet ve 1.652.120 kişi, GBA türündekilerde 230 adet ve 1.545.482 kişi, KBA türündekilerde ise 217 adet ve 154.631 kişidir. Böylece tüm il alanı genelinde açık barınma alanlarının sayısı ve barındıracağı kişi kapasitesi 1017 adet ve 3.354.233 kişi olarak planlanmıştır. Kapalı barınma alanları ise İstanbul’un tüm ilçelerinde tahsis edilmiştir. Bunların adet ve kişi kapasitesi 2662 ve 510.663’dür.

### **3.ANA ÇALIŞMALAR**

“Toplanma, Barınma, Çadır Alanları”nın birarada gösterildiği harita olarak, sonuçlandırılmak üzere olan “2023, İstanbul İl Alanı Hidrojeolojik Raporu, Haritası ve Kullanma Kılavuzu” projesinin tamamlanmış olan “İstanbul İl Alanı 2023 Güncel Durum Haritası” altlıklı “İstanbul İl Alanı Hidrojeoloji Haritası” kullanılmıştır. Harita üzerinde ayrıca gösterilen tüm su noktaları (kaynaklar ve çeşmeler, adi ve keson kuyular, su sondajı kuyuları, membasuyu ve yeraltısuyu işletmeleri) ve İstanbul il alanının jeohidrolik ortamları (taneli ve kaya yapılı geçirimli, yarıgeçirimli, yarıgeçirimsiz ve geçirimsiz ortamlar) ile hidrojeolojik ortamları (sutaşlılar – akiferler, yarısutaşlılar – akıtarlar) yanı sıra il alanı topoğrafyası, jeolojisi, hidrolojik ve meteorolojik gözlem istasyonları, akarsu ve kuru dereler, göller, sulak alanlar ve bataklıklar, barajlar, bendler ve göletler, su depoları, ilçe sınırları ve ana karayolu, demiryolu, körü, tünel gibi ulaşım hatları tamamlanmak üzere olan 2023 Projesi kapsamında yapılan çalışmalarla güncellenerek kontrol edilen nihai verilerden oluşmuştur.

İBB ve İSTAFAD bünyesinde planlanarak İBB-DEZİM aracılığıyla iletilen “toplanma, çadır, barınma alanları” verilerinde saptanan aynı alan tekrarları ve özellikle koordinat eksiklikleri giderilerek 2023 haritası üzerinde gösterilmiş ve ayrıca ilçe bazında hazırlanmış düzenli çizelgeler haline getirilerek İstanbul ili ilçelerindeki dağılımları adet ve kişi kapasitelerini gösterir çizelgeler hazırlanmıştır.

### **4.SONUÇ ve ÖNERİLER**

Başlangıçta, “İBB-DEZİM, GRM, 2020, Deprem Sonrası İçme Ve Kullanma Suyu Teminine Yönelik Olarak İstanbul İl Alanı Hidrojeolojik Ortamlarının (Yeraltısuyu

Ortamları) Tespiti” ortak projesi kapsamında düşünülürken konunun önemi yanı sıra bu doğrultuda hazırlanmış derli toplu bir rapor bulunmaması, “Öztaş, T., GRM, 2020b, Deprem Sonrası Kullanıma Yönelik Toplanma – Barınma – Çadır Alanları Envanteri ve Yeraltısularından Yararlanılabilirlik” adıyla ayrı bir rapor hazırlanmasına neden olmuştur. Bu raporun içeriği ve bulguları, sonuçlandırılmak üzere olan “2023, İstanbul İl Alanı Hidrojeolojik Raporu, Haritası ve Kullanma Kılavuzu” kapsamında çok daha ileriye taşınmıştır.

Gerçekleştirilen değerlendirmeler, varılan sonuçlar ve getirilen öneriler yanı sıra uygulanması zorunlu görülen bir eylem planı aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1. Bir afet sonrasında, özellikle de deprem sonrasında şehir şebeke suyu sisteminin kullanılamaz, yararlanılamaz duruma gelebileceği olasılığıyla, afet sonrası sığınmaya, kullanıma ve gereken sürece konaklamaya ayrılan alanlara (toplanma, çadır, barınma) kullanma suyu ve özellikle içme suyu sağlanmasına yönelik olarak yeraltısularından yararlanılabilirlik durumunun tespiti bir öncelikli hedef olarak belirlenmelidir. Bu bağlamda, İstanbul ili 2023 güncel durum haritası üzerinde gösterilen toplanma, çadır ve barınma alanları yakınında yer alan yeraltısuyu kökenli tüm su sağlama noktaları (adi ve keson kuyu, su sondajı kuyusu, membasuyu ve yeraltısuyu işletmesi) ve yeraltısuyu ortamı, afet sonrası kullanımı planlanan “toplanma, çadır, barınma” alanlarına özellikle yeraltısularından içme suyu karşılanması hususu üzerinde, yaşanan örnekler göz önünde bulundurularak, önemle durulmalıdır.
2. “2023, İstanbul İl Alanı Hidrojeolojik Raporu, Haritası ve Kullanma Kılavuzu” projesi kapsamında İstanbul il alanı genelinde varlığı belirlenen küçük – büyük 47 adet sutaşır (akifer) ve 103 adet yarısutaşır (akitard) türündeki 150 hidrojeolojik ortam, İstanbul’un her iki Yakası için ayrı ayrı tanımlanmış ve hidrojeolojik ortamlar haritası üzerinde yayılımları gösterilmiştir. İstanbul il alanı geneli için son derece önem taşıyan bu hidrojeolojik ortamlardan her iki yakada da “yeraltısuyu taşıma kapasitesi yüksekliği” bağlamında önem taşıyan hidrojeolojik ortamlar varlığı yanı sıra özellikle bazıları “membasuyu kalitesi”nde olan “yeraltısuyu kalitesi yüksekliği” bağlamında önem taşıyan hidrojeolojik ortamların bulunduğu ve bunların da tamamen Doğu Yakası’nda yer aldığı saptanmıştır. Tüm bu hidrojeolojik ortamlar birer stratejik su rezervi olarak ve özellikle de il genelinde etkin bir afet sonrasında kullanımı planlanan alanlarda gereksinilecek kullanma ve bilhassa içmesuyu ihtiyacının giderilmesi için yaşamsal önem taşımaktadır. Bu nedenle ve ivedilikle bilhassa Doğu (Anadolu) Yakası’ndaki içmesuyu nitelikli yeraltısuyu barındıran hidrojeolojik ortamların ve membasuyu işletmelerinin araştırmaya alınarak tanımlanması ve afet anında hemen kullanıma hazır hale getirilmesi son derece önemli görülmelidir.
3. İstanbul il alanındaki tüm su noktalarının ana kaynağını oluşturan yeraltısularının ve onları barındıran yeraltısuyu ortamlarının (hidrojeolojik ortamlar) korunmasına yönelik olarak yapıma(ma)sı gerekenler, esasen bu hidrojeolojik ortamların ve içtikleri yeraltısuyunun miktar ve kalitesinin dolaylı ve

doğrudan korunmasından farklı bir anlam taşımamaktadır. Gerek yeraltısuyu ortamları ve gerekse bunlardan afet sonrası gereksinilecek içmesuyu temininde yaşamsal önem taşıyan ve ayrıca büyük ekonomik ve katma değer yaratan membasuları için gerçek anlamda ciddi koruma önlemleri alınması ve su miktarı ile kalitesine yönelik uygulamalardaki denetim mekanizmasına kesin süreklilik kazandırılması zorunlu bulunmalıdır. Bu bağlamda; tanımlanacak öncelikli hidrojeolojik ortamlarla birlikte mevcut her bir membasuyu işletmesi için ayrı ayrı belirlenerek sınırları ilgili harita ve planlar üzerinde gösterilmesi gereken "Mutlak, I. ve II. Derece Koruma Alanları"nın tespitine, buraların başka amaçlar doğrultusunda kullanımına set çekecek plan kararlarıyla korunmasına ve membasuyu ortamının ayrıntılı hidrojeolojik araştırmalarına bir an önce başlanması ivedilikle ve önemle önerilir.

4. Toplanma, çadır ve barınma alanlarına kullanım ve özellikle içme suyu sağlanması bağlamında varlığı belirlenen hidrojeolojik ortamlar, öncelikle tanımlanan bu amaca yönelik olarak ivedilikle bir ayrıntılı hidrojeolojik araştırma programına alınmalı ve tüm teknik özellikleri saptanarak şimdiden hemen kullanıma hazır tutulabilme aşamasına getirilmelidir. "2023, İstanbul İl Alanı Hidrojeolojik Raporu, Haritası ve Kullanma Kılavuzu" projesi kapsamında "hidrojeolojik ortam – yapılaşmış çevre etkileşimi" de araştırılarak hangi hidrojeolojik ortamların ayrıntılı çalışmasına öncelik verilebileceği hususunda karar oluşturulabilecektir. Yine de her durumda araştırma önceliğinin acilen İstanbul Doğu (Anadolu) Yakası'ndaki "kuvars çakıltısı, kuvarsit, kuvarsarenit" sutaşlıklarına ve yarisutaşlıklarına verilmesi, sonrasında ise her iki Yaka'daki "yeraltısuyu havzaları"nın araştırılarak bir an önce hem günümüzde ve hem de afet sonrasında yararlanılabilir duruma getirilmesi kuvvetle önerilir.
5. Hemen devreye alınabilecek bir çalışma olarak "toplanma, çadır, barınma" alanları çevresinde yer alan tüm su noktalarının (adi ve keson kuyular, su sondajı kuyuları, membasuyu ve yeraltısuyu işletmeleri) kullanılabilirlikleri, yararlanılabilirlikleri, kalite ve kapasiteleri ivedilikle değerlendirilmelidir.
6. Toplanma alanlarında 1,5 m<sup>2</sup> / kişi, açık barınma alanlarından ABA'da (Acil Barınma Alanı) 10 m<sup>2</sup> / kişi, GBA'da (Geçici Barınma Alanı) 35 m<sup>2</sup> / kişi ve KBA'da (Kısa Vadeli Barınma Alanı) 10 m<sup>2</sup> / kişi, kapalı barınma alanlarında ortalama 7 – 8 m<sup>2</sup> / kişi ve çadır alanlarında 25 m<sup>2</sup> / kişi kapasiteli planlama yapıldığı belirlenmiştir. Özellikle toplanma alanları için planlanan "1,5 m<sup>2</sup> / kişi" oranının, afet sonrası acilen buralara sığınan insanların yaralı, hasta, ayakta duramayacak pozisyonda veya yatar olması, kendisince gerekli eşyaları getirmiş bulunması, ortama giriş – çıkış hatları, ilkyardım unsurları, vb. bir çok gerekçeden ötürü yetersiz bulunacağı düşünülmektedir. Bundan dolayı toplanma alanları için planlanan bu oranın en az 2 misli artırılarak "3 m<sup>2</sup> / kişi" düzeyine veya daha yüksek bir orana artırılması çok daha anlamlı olacaktır kanısı oluşmuştur. Bu arada, açık barınma alanları ile çadır alanlarının bazı ilçelerde bulunmadığı belirlenmiştir. Bunun veri eksikliğinden mi yoksa başka bir nedenden mi kaynaklandığı hususu bilinmemektedir.

7. Toplanma, çadır, barınma alanı yerlerinin gösterildiği İstanbul il alanı 2023 güncel durum haritasından hareketle çok önemli bir saptama yapılmıştır. Bu tespit, aşağıda sıralanan gerekçelerle bu tür alanların planlanmasında “yer güvenliğinin yeterince ya da hiç gözetilmemiş olduğu” üzerinedir. Ana yanlış, deprem olgusunun sadece “deprem süreci” olarak algılanması ve “deprem sırasında – sonrasında tetiklenebilecek diğer doğal risk olgularının gerçekleşebilirlik olasılığının” unutulması olmalıdır.

- \* Deprem sonrası ortaya çıkabilecek bir “tsunami”de hızlı akımlı deniz dalgası ve yükselen deniz düzeyi nedeniyle deniz basması etkisi altında kalabilecek bir “kot” değerinden daha düşük kotlardaki (güvenli yönde kalınarak bu olası tehlikeli kot limitleri “0 – 5 m” aralığında alınabilir) toplanma, çadır, barınma alanları iptal edilmelidir. Bu bağlamda tüm Marmara Denizi kıyıları, ilgili kot limitleri gözetilerek özenle gözden geçirilmeli ve deprem sonrası kullanıma kapatılmalıdır.
- \* Deprem sırasında gelişebilecek bir “sıvılaşma” nedeniyle yapılaşmış çevre ve ortamlardaki çökme, göçme, oturma, devrilme, yanlanma gibi yapısal deformasyonlara maruz kalabilecek alanlarda planlanan toplanma, çadır, barınma alanları iptal edilmelidir. Bu bağlamda, özellikle Marmara Denizi’ne ve Boğaz’ açılan “alüvyon” alanlar yanı sıra Büyükçekmece ve Küçükçekmece tomboloları dikkate alınmalı ve deprem sonrası kullanıma kapatılmalıdır.
- \* Deprem sırasında – sonrasında gelişebilecek özellikle “heyelan” türü kütle hareketlerinin yer aldığı tüm alanlarda planlanmış olan toplanma, çadır, barınma alanları iptal edilmelidir. Bu bölgelerin sadece günümüzde “aktif” olanları değil, aynı zamanda “pasif” olanları da bu kapsamda değerlendirilmelidir. İBB-DEZİM bünyesinde sürdürülen İstanbul İli Heyelan Alanları Projesi bulguları böyle bir değerlendirmede esas alınmalıdır. Özellikle Bakırköy – Küçükçekmece – Avcılar – Beylikdüzü – Büyükçekmece kıyı zonu ve iç kesimi ile Büyükçekmece Gölü yamaçları en önemli heyelan alanlarıdır.
- \* Deprem etkisi altında yıkılarak ya da hasar görerek gövdesinden veya rezervuarından taşkın nitelikli su geliri oluşabilecek “baraj – gölet” yapılarının mansap taraflarındaki akarsu – dere yataklarında planlanmış olan toplanma, çadır, barınma alanları iptal edilmelidir.
- \* Deprem sırasında tetiklenme olasılığı nedeniyle İstanbul il alanındaki varlığı belirlenerek haritalanmış olan, fakat hemen hepsi “pasif” olarak nitelendirilse de tüm “karasal fay hatları – zonları” ile Marmara Denizi içerisinde tespit edilmiş ya da varlığı öngörülmüş olan “denizel fayların karadaki olası uzantıları” üzerinde planlanmış bulunan toplanma, çadır, barınma alanları iptal edilmelidir.
- \* “Kentsel risk unsurları” niteliğindeki doğal gaz boru hatları, trafolar, parlayıcı – patlayıcı madde bulunduran yapılar, deprem güvensiz yapılar, vb. yerlerde planlanmış olan toplanma, çadır, barınma alanları, deprem anında çok önemli tehlike noktaları oluşturabilmelerinden dolayı iptal edilmelidir.
- \* Mevcut “su depoları”, gerek uygun yer seçimi ölçütleri ve gerekse inşai – mimari özellikleri dikkate alınarak depremden etkilenebilirlik bağlamında modellenerek kontrol edilmelidir.

8. Doğal ve antropojenik potansiyel risk olguları dikkate alınarak planlanması zorunlu bulunan toplanma, çadır, barınma alanları esas alınmalıdır. Sözü edilen doğal ve kentsel risk elemelerinden geçmiş ve “deprem sonrası – sonrası yer güvenliği” gözetilmiş olan yerler “deprem sonrası – sonrası kullanıma” yönelik olarak planlanmalıdır. Yine bu yerler, farklı amaç gözetilen hiç bir yapılaşmaya izin vermeyecek şekilde hazırlanacak planlama karar ve notlarıyla sürdürülebilir kılınmalıdır. Dolayısıyla sadece zorunlu “yer güvenliği” koşulunu sağlamış toplanma, çadır, barınma alanları için deprem sonrası kullanıma yönelik planlama yapılmalıdır. Bu bağlamda, söz konusu alanlar için gereksinilen özellikle içme suyu teminine yönelik çalışmalar da yine sadece bu seçilmiş alanlar için gerçekleştirilmelidir.
9. Yapılacak çalışmalar sadece günümüzü değil, küresel ısınma gerçekli iklim değişimi etkenini de önemle gözeterek gelecekteki durumu öngörmeyi hedeflemelidir.
10. İBB-DEZİM bünyesinde tamamlanmak üzere olan “İstanbul İl Alanı Hidrojeolojik Raporu, Haritası ve Kullanma Kılavuzu” konulu ayrıntılı hidrojeoloji projesi, sadece toplanma, çadır, barınma alanlarına içme suyu sağlamak konusunu değil, ama bu konu başta olmak üzere başka ne tür bir amaçla yapılırsa yapılsın mutlaka yapılması zorunlu olan ve hemen uygulanabilir ilk çalışma niteliğindeki İstanbul il alanı tüm su noktalarından (adi ve keson kuyu, su sondajı kuyusu, çeşme, pınar, membasuyu ve yeraltısuyu işletmesi) ve hidrojeolojik ortamlarından yararlanılabilirlik durumunu net bir biçimde ortaya koymayı hedeflemiştir. Bu hedef yalnız deprem sonrası kullanımlara değil, aynı zamanda küresel ısınma nedeniyle gittikçe azalan su rezervinin sürdürülebilir planlamasına da hizmet etmek zorunluluğundan kaynaklanmaktadır. Yapılacak çalışmalar özetle aşağıdaki gibi sıralanabilir.
  - \* Toplanma, çadır, barınma alanları, “yer güvenliği” gözetilerek yeniden planlanmalıdır.
  - \* İstanbul’daki tüm su noktalarından güncel yararlanılabilirlik araştırılmalı ve envanterize edilmelidir.
  - \* En son jeolojik veri tabanına dayanılarak hazırlanan “2023, İstanbul İl Alanı Hidrojeolojik Haritası ve Raporu”nda yer alan hidrojeolojik ortam yayılımlarının, İstanbul yapılaşmış çevresi / kentsel alan etkisinden ne oranda etkilenmiş olduğunun değerlendirilmesiyle toplanma, çadır, barınma alanları için hangi hidrojeolojik ortamlardan nasıl yararlanılabileceği hususu netleştirilecektir.

## **KAYNAKLAR**

1. Öztaş, T., 2007, İstanbul İl Alanının Hidrojeolojik Özellikleri Ve Haritası, 279 S., İBB – Planlama Ve İmar Dai. Bşk. Şehir Planlama Md. “İstanbul Büyükşehir Nazım İmar Planı Analitik Etüdler İşi”, İstanbul
2. Öztaş, T., GRM, 2020a, İstanbul İli Hidrojeolojik Ortamlar Haritası Ve Raporu, “İBB-DEZİM / GRM Ortak Projesi : Deprem Sonrası İçme Ve Kullanma Suyu Teminine Yönelik Olarak İstanbul İl Alanı Hidrojeolojik Ortamlarının (Yeraltısuyu Ortamları) Tespiti”, 353 S., İstanbul
3. Öztaş, T., GRM, 2020b, Deprem Sonrası Kullanıma Yönelik Toplanma – Barınma – Çadır Alanları Envanteri Ve Yeraltısularından Yararlanılabilirlik, “İBB-DEZİM : Deprem Sonrası İçme Ve Kullanma Suyu Teminine Yönelik Olarak İstanbul İl Alanı Hidrojeolojik Ortamlarının (Yeraltısuyu Ortamları) Tespiti Projesi”, 194 S., İstanbul”
4. Öztaş, T., 1982, Yeraltısuları açısından jeolojik ortamlar ve akiferlerin sınıflaması, Jeoloji Müh. Derg. S.15, 21-28, Ankara
5. Öztaş, T., 1998, Kuyu yeri seçimine yönelik bir hidrojeolojik etüd sistematüğinde jeohidrolojik ve hidrojeolojik ortam kavramlarının önemi, Jeoloji Müh. Derg., S.52, 5 - 16, Ankara
6. Özgül, N., 2005, İstanbul Dolayının Temel Jeolojik Özellikleri, 57 S., Doğal Yapı Grubu (İBB Nazım Planı), İstanbul
7. İBB – DEZİM (Talay, T. ; Akmeşe, I., Bostancıoğlu, I., Aksoy, P., Yeşiltaş, A., Mehmetoğlu, H., Tekin, M.), 2017, İstanbul İli 1/25.000 Ölçekli Arazi Kullanımına Esas Jeolojik Etüt Raporu, 453 S., İstanbul
8. Öztaş, T., Grm, 2020c, İstanbul İl Alanının Membasuyu ve Yeraltısuyu İşletmeleri Envanteri, “İBB - DEZİM: Deprem Sonrası İçme Ve Kullanma Suyu Teminine Yönelik Olarak İstanbul İl Alanı Membasuyu Ve Yeraltısuyu Şişeleme Ve Damacanalama İşletmelerinin Tespiti Projesi”, 207 S., İstanbul”

## **Bütünleşik CBS-AHS Kullanılarak Kentsel Taşkın Kırılabilirliği Değerlendirmesi: Kaynarca Deresi Örneği**

### *Urban Flood Vulnerability Assessment Using Integrated AHP and GIS: A Case Study of Kaynarca River*

**Özge Naz Pala, İrem Daloğlu Çetinkaya**

*Boğaziçi Üniversitesi, Çevre Bilimleri Enstitüsü, Bebek 34342, İstanbul  
(ozge.pala@boun.edu.tr)*

**Öz:** Taşkınlar, toplumlara, mülklere ve küresel ekonomiye önemli zararlar veren hidro-meteorolojik bir doğal afet şeklidir. Şehirler, sosyal ve ekonomik faaliyetin merkezi konumunda olmalarının yanı sıra, barındırdığı yüksek nüfus yoğunluğu sebebiyle taşkın ile ilişkili tehlikelere karşı daha kırılabilir olma eğilimindedir. Taşkın kırılabilirliği değerlendirilmesi, sosyal ve fiziksel göstergeleri kullanarak kentsel alanların iklim değişikliği ile bağlantılı olası tehditleri tanımlarını sağlayan analitik bir yöntemdir. Bu araştırma, İstanbul'un Pendik ilçesindeki sel riskine karşı savunmasız alanları tahmin etmek için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) analiz metodolojilerini birleştiren bir yöntem kullanmaktadır. Çalışma, yaş, eğitim düzeyi, yapı malzemesi, yapım yılı, bina kat sayısı, sel eğilimli bölgelere yakınlık, sağlık hizmetlerine erişim, sosyo-ekonomik durum ve nüfus yoğunluğu gibi çeşitli göstergelerden yararlanmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre, çalışma alanı farklı düzeylerde kırılabilirlik göstermektedir. Özellikle, alanın %19,37'si çok düşük düzeyde kırılabilirlik sergilerken, %18.35'inde çok yüksek düzeyde kırılabilirlik saptanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları afet yöneticilerine, karar vericilere ve yerel yönetimlere mekânsal taşkın kırılabilirliğini ölçmede ve çalışma alanında taşkın risk değerlendirilmesi için başarılı uyum ve azaltma planları ve stratejiler oluşturmada yardımcı olma potansiyeline sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** adaptasyon, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), iklim değişikliği, taşkın kırılabilirliği

**Abstract:** Floods are a form of hydro-meteorological natural disaster that causes significant damage to communities, property, and the global economy. Cities tend to be more vulnerable to flood-related hazards due to their high population density, as well as being the center of social and economic activity. Flood vulnerability assessment is an analytical method that enables urban areas to recognize potential threats associated with climate change using social and physical indicators. This research uses a methodology that combines Analytic Hierarchy Process (AHS) and Geographic Information Systems (GIS) analysis methodologies to estimate areas vulnerable to flood risk in Pendik district of Istanbul. The study utilizes various indicators such as age, education level, building material, year of construction, number of storeys, proximity to flood-prone areas, access to health services, socio-economic status, and population density. Research results show that the study area exhibits different levels of vulnerability. Particularly, 19.37% of the area was



characterized by a very low level of vulnerability, whereas an extremely high level of vulnerability was found in 18.35% of the area. The results of this work have the potential to aid disaster relief, decision-makers, and local governments in measuring residential flood vulnerability and creating successful adaptation and mitigation plans and strategies for flood risk assessment in the study area.

*Key Words:* adaptation, Analytical Hierarchical Process (AHP), climate change, flood vulnerability, Geographic Information System (GIS)

## **1.GİRİŞ**

Kentsel alanlar, sağladığı çeşitli hizmetler, barındırdığı büyük nüfus, sunduğu zengin olanaklar ve ekonomik canlılık gibi unsurlarıyla modern toplumların merkezi ve vazgeçilmez yapı taşlarıdır. Nitekim şehirlerde yaşayan insan sayısı 1975'te 1,5 milyar iken 2015'te 3,5 milyara ulaşarak dört katından fazla bir artış trendi göstermiş ve 2050 yılına kadar da bu artışın devam edeceği öngörülmektedir [1]. Enerji tüketimi, sanayi faaliyetleri ve ulaşım gibi etkenler dolayısıyla, her yıl atmosfere salınan karbondioksitin (CO<sub>2</sub>) önemli bir kısmının kaynağı şehirlerden gelmektedir [2]. Bunun yanında, mevcut kaynaklara adil ve tutarlı erişim konularında çeşitli zorluklarla karşılaşan kentliler, iklim değişikliğinin gerçekliği ve sonuçlarından da ciddi şekilde etkilenmektedir [3]. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), 1998 ile 2017 yılları arasında dünya genelinde 2 milyardan fazla insanın sel felaketleri sebebiyle zarar gördüğünü tahmin etmektedir [4]. Gallopin, taşkın kırılganlığını, su ile ilgili bir olayın neden olduğu hasara duyarlılık derecesi olarak tanımlamaktadır [5]. Türkiye'nin en kalabalık şehri olan İstanbul'un taşkın kırılganlığı, hızla artan kentleşme, büyüyen nüfus ve plansız şehir gelişimi gibi faktörlerle doğrudan ilişkilidir. Özellikle İstanbul'un son yıllarda karşılaştığı taşkın olayları göz önüne alındığında hem fiziksel hem de sosyal kırılganlık parametrelerinin dahil edildiği kapsamlı metodolojilere duyulan ihtiyacın arttığı bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı, İstanbul'un sel riskine karşı savunmasızlığını değerlendirmek için bütünleşmiş bir metodolojik yaklaşım kullanarak mevcut literatürdeki boşlukları ele almaktır. Çalışma alanı olarak seçilen Pendik, bağlı bulunduğu metropoliten alanın kentsel dönüşüm, göç ve şehirleşme örüntülerinin iyi bir aynası olduğundan temsilci bir İstanbul vakası olarak seçilmiş ve metropolün sel olaylarına karşı savunmasızlığını anlama açısından bir model olarak kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntemlerinin entegre şekilde kullanılmasıyla İstanbul Pendik ilçesinin taşkın kırılganlığını kapsamlı bir şekilde değerlendirmektir. Bu araştırmanın elde edeceği sonuçların, hem ilçe hem de kent ölçeğinde planlama süreçlerine ve afet riski azaltma stratejilerine değerli bir rehberlik sunarak, metropolün sel olaylarına karşı dayanıklılığını güçlendirmesi beklenmektedir.

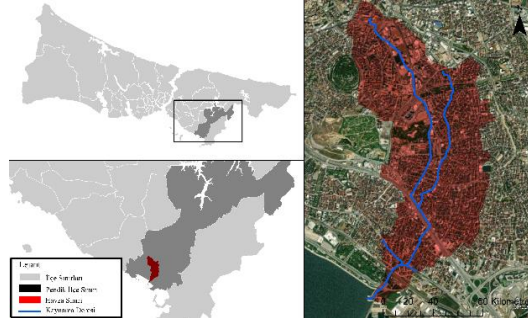
## **2.YÖNTEM**

Bu araştırma, üç temel aşamada yapılandırılmıştır: İlk aşamada, mevcut literatürün detaylı bir şekilde incelenmesi sonucu ortak taşkın kırılganlığı kriterleri

belirlenmiştir. Daha sonra, her bir kriterin kırılma eğilimi hangi ölçüde etki ettiğini gösteren kriter ağırlıkları, farklı uzmanlık alanlarından uzmanlara dağıtılan anketlerle belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıkları ve havzadaki fiziksel ve sosyal durum CBS araçları kullanılarak analiz edilmiş ve bölgeye özgü bir taşkın kırılma eğilimi haritası oluşturulmuştur.

## 2.1 Çalışma Alanı

Çalışma, İstanbul'un Pendik ilçesinde yer alan Kaynarca Deresi ve havzasına odaklanmaktadır (Şekil 1). Kaynarca Havzası'nın toplam alanı 364,56 ha iken havza altı farklı mahalle ile kesilmektedir. Havzanın hakim arazi kullanım türü konut olsa da havzada çeşitli kamu hizmetleri ve ticari faaliyetler gösteren işletmeler de bulunmaktadır.



**Şekil 2.** Çalışma Alanı

## 2.2 Veri Toplama, İşleme ve Analiz

Çalışma kapsamında üretilen gösterge listesinin elde edilme süreci, ilgili literatürün derinlemesine araştırılması ve çevre bilimi ve şehir planlama uzmanlarıyla gerçekleştirilen toplantılar sonucu en güncel ve alakalı göstergelerin seçilmesi aşamalarını kapsamaktadır. Taşkın gibi doğal afetlerin çok boyutluluğu sebebiyle analiz ve haritalanma süreçlerinin kapsamlı bir veri tabanı gerektirdiği literatürde vurgulanmaktadır. Bu nedenle birçok farklı kuruluştan, farklı format ve ölçülerde veri elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan 500 yıllık taşkın verisi, İSKİ tarafından 2016 yılında üretilen sel riski haritalarından elde edilmiştir. Söz konusu analizden üretilen poligon formatındaki veri, bu çalışmada kullanılan temel taşkın alanı girdisidir. Tablo 1 çalışmada kullanılan göstergeler ve elde edilen verinin içeriğine dair detaylar sunmaktadır.

**Tablo 1.** Seçilen taşkın kırılmalılığı göstergeleri, veri kaynakları ve verinin ölçeği

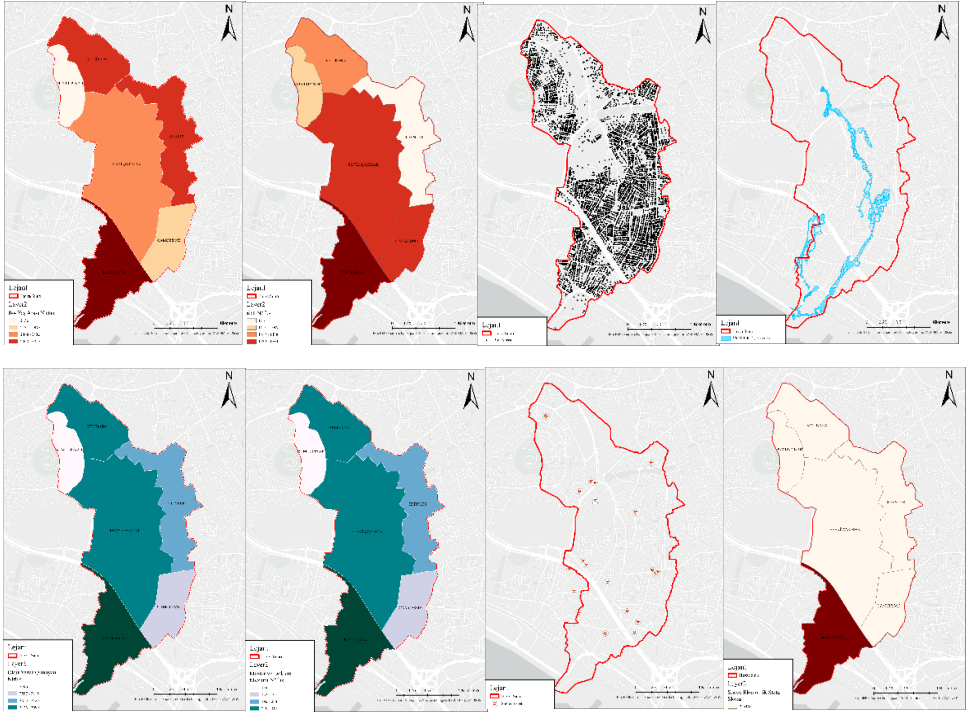
Gösterge Adı	Veri Kaynağı	Ölçek
Yaşlı veya çok genç nüfus oranı	TÜİK	Mahalle bazında
Nüfusun okuryazarlık oranı	TÜİK	Mahalle bazında
İnşaatla kullanılan yapı malzemesinin kalitesi	Ergün Konukçu (2016) [6]	Bina bazında
Binaların Yapım Yılı	Ergün Konukçu (2016)	Bina bazında
Binalardaki kat sayısı	Ergün Konukçu (2016)	Bina bazında
Nüfus Yoğunluğu	Ergün Konukçu (2016)	Bina bazında
Taşkın Alanına Yakınlık	İSKİ	Havza bazında
Sağlık Hizmetlerine Yakınlık	İBB	Bina bazında
Nüfusun Sosyo-Ekonomik Durumu	İBB	Mahalle bazında

Geliştirilen AHS anketi toplam sekiz uzmana sunulmuştur. Uzmanlar, sel risk yönetimi, kentsel planlama, mimarlık ve iklim değişikliği alanlarında bilgiye ve deneyime sahip olmaları göz önünde bulundurularak belirlenmişlerdir. Kriterlerin her bir kritere göreceli önemi, Saaty tarafından geliştirilen 1-9 arası puanlama aracılığıyla belirlenmiştir [7]. Bu yöntemde göre bir gösterge diğerine eşit katkı sağladığında 1, bir gösterge diğerine göre belirgin şekilde öncelikli olduğunda 9 puan almaktadır. Araştırmanın mekânsal analiz aşamasında ise ızgara tabanlı bir analiz prosedürü benimsemiştir. Bir çalışma alanını düzenli bir ızgara veya piksel halinde bölmeyi içeren ızgara tabanlı analiz tekniği, yaygın kullanılan bir mekânsal analiz yaklaşımıdır ve belirli bir alandaki her ızgaranın boyut ve yapıda tutarlılığı, çalışma alanında bilgilerin tutarlı ve adil bir dağılımını sağlar. Bu yöntemden hareketle, havza alanı 2500 m<sup>2</sup> lik (50 m x 50 m) ızgaralara bölünerek analiz edilmiştir. AHS'den elde edilen ağırlıklar ve ızgaralara indirgenen veriler kullanılarak her ızgara için sel kırılmalılık puanı Denklem 1 kullanılarak hesaplanmıştır. Bu denklemde,  $n$  değişkeni gösterge sayısını,  $W$  değişkeni her bir göstergenin ağırlıklandırılmış puanını,  $R$  ise göstergelerin kırılmalılık düzeyini ifade eder.

$$Taşkın Kırılmalılık Skoru = \sum_{i=1}^n W_i \times R_i \quad (1)$$

### 3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında toplanan veriler CBS ortamında işlenerek haritalandırılmıştır. Her bir göstergenin havza sınırları içerisindeki mekansal dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalışma kapsamında seçilen göstergelerin havzadaki mekansal dağılımı. (Pala, 2023)

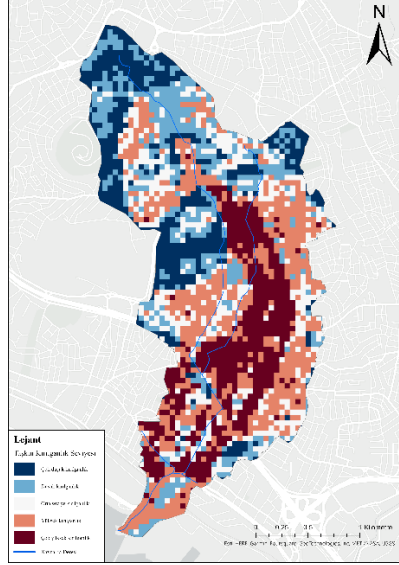
AHS methoduyla elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına göre, fiziksel faktörlerin sosyal faktörlerden daha fazla önem taşıdığı belirlenmiştir. Araştırmanın tutarlılık oranı %3,5 olarak belirlenmiş ve Saaty'nin önerdiği maksimum kabul edilebilir tutarlılık oranı olan %10'a göre hesaplanan mevcut tutarlılık oranı uzmanlar tarafından belirlenen ağırlıkların değerlendirme sürecinde doğrudan kullanılmasına izin vermiştir [7]. AHS sonucu belirlenen gösterge ağırlıkları Tablo 2'de listelenmiştir.

Tablo 2. AHS methodu sonucu belirlenen gösterge final ağırlıkları

Yaş	Eğitim	Yapı Malzemesi	İnşa Yılı	Kat Adedi	Taşkın Alanına Yakınlık	Sağlık Tesisine Yakınlık	Sosyo Ekonomik Statü	Nüfus Yoğunluğu
0.030	0.028	0.184	0.148	0.103	0.312	0.007	0.038	0.087

Bu prosedürün mekansal verilerle bütünleştirilmesi sonucunda Kaynarca Havzası için bir Şekil 3'teki taşkın kırılganlık haritası oluşturulmuştur. Haritaya göre, aktif kanalın aşağı akış kısımları ve çevresi yüksek ila aşırı düzeyde sel kırılganlığına

sahiptir. Göreceli olarak düşük kapsama yüzdesine rağmen, yüksek sel kırılganlık bölgeleri, önemli konut alanları, ulaşım altyapısı ve ticari faaliyetleri içeren bölge ve ilçe için önemli noktaları kapsamaktadır. Araştırmanın sonuçları, bölgedeki sel kırılganlığının eşit bir şekilde dağılmadığını açıkça göstermektedir. Özellikle, alanın %19,37'sinin çok düşük kırılganlık sergilediği görülürken, alanın %18,35'inin çok yüksek kırılganlık gösterdiği görülmektedir. Ayrıca alanın %62,28'i ise düşük ila yüksek kırılganlık ile karakterize edilmektedir. AHS bulguları, incelenen alanın sel kırılganlığının öncelikli olarak ve sırasıyla taşkın bölgelerine olan yakınlık, bina malzemesinin kalitesi, inşa yılı ve yapıdaki kat sayısı gibi faktörlerden etkilendiğini önermektedir



Şekil 3. Kaynarca Havzası taşkın kırılganlığı Haritası  
(Pala, 2023)

#### 4.SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değişikliği kaynaklı kentsel sel olayları hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde araştırma açısından kritik bir alan haline gelmiştir. Artan riskle başa çıkmak adaptasyon ve azaltma önlemlerinin uygulanmasının yanı sıra kırılganlıkların tanımlanmasını ve mekansal olarak tespit edilmesini de içermelidir. Bu araştırma, İstanbul'da bulunan Kaynarca Havzası'nın 500 yıllık taşkın tekerrür periyodu ele alınarak fiziksel ve sosyal göstergelerin bir arada incelenmesini ve taşkın kırılganlığın haritalanmasını içeren bütüncül bir yaklaşım önermektedir. Söz konusu çalışma ayrıca, karmaşık çevresel zorlukları ele almak için disiplinler arası bir metodolojinin benimsenmesinin önemini vurgulayarak sosyo-ekolojik sürdürülebilirlik alanına önemli bir katkı sunmaktadır. Bu bakış açısı, kentsel gelişimi teşvik etmek ve planlamayı daha sürdürülebilir ve dirençli hale getirmek

için destek sağlama potansiyeline sahiptir. Özellikle çalışmanın odaklandığı ölçeğin, felaketlere son derece duyarlı ve yoğun nüfuslu bir kent olan İstanbul olması ve sel kırılganlığı ile ilgili yapılan çalışmaların sayıca eksikliği göz önünde bulundurulduğunda, çalışma güncel literatüre önemli bir ekleme yapmaktadır. Sunulan çerçeve, uygulama kolaylığı, esneklik ve kapsayıcılık gibi özellikleriyle İstanbul'daki diğer dere havzalarının analizi için de kullanılabilir bir model önermektedir.

## **KAYNAKLAR**

1. OECD/European Commission. (2020). Cities in the World: a new perspective on Urbanisation, OECD Urban Studies, OECD Publishing, Paris.
2. Escobedo, F., Varela, S., Zhao, M., Wagner, J.E., & Zipperer, W. (2010). Analyzing the efficacy of subtropical urban forests in offsetting carbon emissions from cities, *Environmental Science & Policy*, 13, 5, 362-372.
3. Dookie & Gannon. (2022 31 Ağustos). Why is climate change adaptation important for cities and how are they adapting?, The London School of Economics and Political Science Gratham Research Institute on Climate Change and the Environment, <https://www.lse.ac.uk/gratham institute/explainers/why-is-climate-change-adaptation-important-for-cities-and-how-are-they-adapting/#:~:text=Many%20cities%20are%20situated%20in,risk%20is%20increasing%20further%EF%BB%BF%20>
4. WHO. (2021). Floods, World Health Organization, [https://www.who.int/health-topics/floods#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/floods#tab=tab_1)
5. Gallopin, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity, *Global Environmental Change*, 16, 3, 293-303.
6. Ergun Konukcu, B., (2016). Effects of Building Collapse Direction and Bridge Functionality on Road Networks Following an Earthquake (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
7. Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 3, 234-281.
8. Pala, Ö. N., (2023). Flood Vulnerability Assessment Using Gis-Based Multi-Criteria Decision Analysis: A Case Study of Kaynarca River (Yüksek Lisans Tezi). Boğaziçi Üniversitesi.

**İSTANBUL'UN JEOLJİSİNDEKİ  
SON GELİŞMELER**





## **İstanbul Zonu'nun Jeolojik Temel Özellikleri**

### *Basic Geological Features of the Istanbul Zone*

**Aral Okay**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, ve Maden Fakültesi,  
Jeoloji Müh. Bölümü, Maslak 34469, İstanbul  
(okay@itu.edu.tr)*

**Öz:** İstanbul şehrinin üzerinde yer aldığı İstanbul Zonu, İstanbul batısından Kastamonu-Cide'ye kadar uzanan yaklaşık kuzey-güney yönde 100 km, doğu-batı yönde 500 km uzunlukta, karakteristik bir stratigrafisi olan tektonik bir birimdir. İstanbul Zonu'nun kuzeyinde Karadeniz, güney ve doğusunda Sakarya Zonu, batısında ise Istranca Masifi yer alır. İstanbul Zonu'nun karakteristik özelliği kalın, iyi gelişmiş, transgresif bir Paleozoyik istifin varlığıdır. Bu Paleozoyik istif, Sakarya Zonu'nda ve Istranca Masifi'nde gözlenmez. İstanbul Zonu'nun stratigrafik olarak, Bulgaristan ve Romanya'daki Moesia Platformu'na benzerlik gösterir, ve buna bağlı olarak Karadeniz Kretase'de açılmadan önce İstanbul Zonu'nun, Odessa Şelfi'nin güneyinde Kırım ile Moesia arasında yer aldığı düşünülmektedir. İstanbul Zonu'nun temeli geç Neoproteroyik yaşta granitik ve metamorfik kayalardan oluşur. Bolu Masifi'nde geniş yüzlek veren bu temel üzerinde Ordovisyen'den başlayıp Karbonifer'e kadar kesiksiz uzanan sedimentler bir seri yer alır. İstanbul Paleozoyik istifi Boğaz'ın her iki yakasında ve Zonguldak çevresinde geniş alanlarda mostra verir. Geç Karbonifer'deki Variskan orojenezi sırasında Paleozoyik istif deforme olmuş ve bilahare Permian granitleri tarafından kesilmiştir. Paleozoyik kayalar üzerinde uyumsuzlukla, daha çok karasal fasiyeste gelişmiş Permian-Triyas çökelleri bulunur. Jura-Alt Kretase istifleri sadece İstanbul Zonu'nun doğu kesiminde Zonguldak-Cide bölgesinde gözlenir. İstanbul bölgesinde ise Geç Kretase yaşında denizel marn ve kireçtaşları Paleozoyik ve Triyas kayalarını uyumsuzlukla örter. Geç Kretase'deki denizel sedimentasyona eşlik eden yay magmatizması tüm Pontidler boyunca izlenir. Yay magmatizması Pontidler'de Kretase sonunda sona ermiş, buna karşılık denizel sedimentasyon Eosen'e kadar sürmüştür. Orta Eosen'de meydana gelen Alpin sıkışma ile İstanbul Paleozoyik istifi, kuzeye Üst Kretase volkanitleri üzerine itilmiştir. Orta Eosen ve sonrasında İstanbul Zonu ve tüm Pontidler'de karasal koşullar hakim olmuştur.

*Anahtar Kelimeler:* İstanbul Zonu, Paleozoyik, Pontidler, Variskan

**Abstract:** The Istanbul Zone is a continental fragment with a distinctive stratigraphy located on the southwestern margin of the Black Sea. It has a north-south length of ~100 km and an east-west length of ~500 km. It is bounded to the north by the Black Sea, to the west by the Strandja Massif and to the south and east by the Sakarya Zone. Its main distinguishing feature is a thick and continuous Paleozoic sedimentary succession, which is not present in the rest of the Pontides. The Istanbul

Zone geology correlates with the Moesian Platform in Bulgaria and Romania. Before the Late Cretaceous opening of the Black Sea Basin it was located south of the Odessa shelf between Crimea and Moesia.

The crystalline basement of the Istanbul Zone consists of late Neoproterozoic granites and metamorphic rocks. They are unconformably overlain by a transgressive sedimentary sequence ranging from Ordovician to Carboniferous. The Paleozoic sequence was deformed during the Late Carboniferous Variscan orogeny, and was intruded by Permian granites. It is unconformably overlain by mostly-continental Permian-Triassic sediments. Jurassic and Lower Cretaceous rocks are absent along much of the Istanbul Zone except in its eastern part in the Zonguldak-Cide region. A Late Cretaceous marine transgression began in the Campanian and sedimentation accompanied by Late Cretaceous arc volcanism continued into the Eocene. Alpine contraction took place in the Middle Eocene when the İstanbul Paleozoic sequence was thrust north over the Upper Cretaceous volcanic rocks. After the Middle Eocene, the region became and stayed a land area.

*Key Words: Istanbul Zone, Paleozoic, Pontides, Variscan*

## **İstanbul Zonu Temel Kayalarının Jeokronolojisi ve Jeokimyasal Özellikleri: Bolu Masifi**

### *Geochronology and Geochemical Properties of The Basement Rock of The Istanbul Zone: Bolu Massif*

**Sinan Yılmaz, Gültekin Topuz, Aral I. Okay**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Maslak 34469,  
İstanbul  
(yilmazersi@itu.edu.tr)*

**Öz:** İstanbul çevresinde geniş mostra veren Paleozoyik kayalarının temeli, İstanbul'un doğusunda Bolu kuzeyinde yer alır. Bolu Masifi'nde Paleozoyik öncesi iki kaya grubu bulunur: düşük dereceli metavolkanitler (Yellice Metavolkanitleri) ve onları keserek yerleşmiş, geniş alanlarda yüzeyleyen Neoproterozoyik granitik kayalar (Dirgine Batoliti). Yellice Metavolkanitleri alt yeşilist fasiyesinde metamorfizmaya uğramış, zayıf yapraklanma kazanmış bazalt, andezit, dasit, tuf ve piroklastiklerden oluşur. U-Pb zirkon yaş analizleri metavolkanitlerin Geç Neoproterozoyik ( $605.7 \pm 4.2$  My ( $2\sigma$ )) dönemde oluştuklarını göstermektedir. Metavolkanitler jeokimyasal olarak yitim zonu üzerinde gelişmiş kalk-alkalen magmatizma ile temsil edilmektedir. Dirgine Batoliti'nde tonalit ve kuvars diyoritler yaygın olarak gözlemlenmekte iken trondjemit, anortozitik gabro ve granodiyorit lokal olarak mostra vermektedir. Batolit genellikle diyabaz bileşimde dayklar tarafından sık sık kesilmekte olup, içerisinde nadiren mafik anklavlara rastlanılmaktadır. Tonalit ve granodiyorit bileşimli beş örnek üzerinde yapılan U-Pb zirkon yaş analizleri batolitin Geç Neoproterozoyik (562-574 My) dönemde metavolkanitler içerisine yerleşmiş olduğunu göstermiştir. Batolit içerisindeki farklı kaya türlerinden elde edilen jeokimyasal veriler, düşük K'lu ve toleyitik afiniteye sahip batolitin, metavolkanitler ile benzer şekilde yitim zonu üzerinde oluştuğunu göstermektedir. U-Pb zirkon yaş tayini yapılan üç örneğe ait zirkonlar üzerinde yapılan ilksel  $\epsilon_{Hf}$  analizleri 6.62 ile 19.42 arasında değişmektedir. Bu pozitif değerler Dirgine Batoliti'nin ilksel bir magmanın ürünü olduğunu ve kabuk katkısının olmadığını ortaya koymaktadır. Yellice Metavolkanitleri ve Dirgine Batoliti güneyindeki yüksek dereceli amfibolitlerden tektonik bir hat ile ayrılırken, üzerine gelen en yaşlı örtü kayaları İstanbul Paleozoyik istifi çökellerdir. Daha sonra Permien yaşlı granitik kayalar tarafından kesilen temel birimler, Alt Kretase sonrası genç birimler tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 122R002 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

*Anahtar Kelimeler:* İstanbul Zonu, Bolu Masifi, Geç Neoproterozoyik, U-Pb yaş analizi, jeokimya

**Abstract:** Paleozoic rocks crop out widely around Istanbul; the basement to these Paleozoic rocks, on the other hand, crops out in the central part of the Istanbul Zone north of Bolu. The Bolu Massif comprises two pre-Paleozoic groups: (i) low-grade metavolcanic rocks called Yellice Metavolcanics, and (ii) Neoproterozoic granitic rocks (Dirgine Batholith), which intrude the Yellice Metavolcanics. Metavolcanic rocks are composed of basalt, andesite, dacite, tuff and pyroclastic rocks, which were metamorphosed in lower greenschist facies during the Neoproterozoic and show weak foliation. U-Pb zircon analyses show that the metavolcanic rocks were formed in the Late Neoproterozoic ( $605.7 \pm 4.2$  My ( $2\sigma$ )). The metavolcanic rocks are represented by calc-alkaline magmatism and have developed in an arc setting. The Dirgine Batholith consists mainly of two rock types: tonalite and quartz diorite. Granodiorite, trondhjemite and anorthositic gabbro are minor components. The batholith is cut by diabase dikes and mafic enclaves are rarely encountered. U-Pb zircon analyses of five tonalite and granodiorite samples show that the batholith was intruded in metavolcanic rocks during the Late Neoproterozoic (562-574 My). Geochemical data obtained from different rock types in the batholith indicate that it has low K and tholeiitic affinity and was formed on the arc setting similar to metavolcanic rocks. The initial  $\epsilon_{\text{Hf}}$  values on zircons from three samples on which U-Pb analyses were performed, ranges from 6.62 to 19.42. These positive values reveal that the Dirgine Batholith is the product of juvenile magma without the significant involvement of crustal melts. Yellice Metavolcanics and Dirgine Batholith are separated from high-grade amphibolites in the south by a fault and are unconformably overlain by the Paleozoic sediments. The basement rocks are locally intruded by small stocks of Permian granitoids and are also unconformably overlain by Lower Cretaceous and younger sedimentary and volcanic rocks.

This study was supported by TUBITAK project 122R002.

*Key Words: Istanbul Zone, Bolu Massif, Late Neoproterozoic, U-Pb dating, geochemistry*

## **More Evidence of Ediacaran Fore-arc and Back-arc Succession In The Istanbul-Zonguldak Tectonic Unit**

*İstanbul-Zonguldak Tektonik Birliği'nde Ediyakaran Yay Önü ve Yay Arkası İlişkin Daha Fazla Kanıt*

**Fatih Şen<sup>a,b</sup>, Serdal Karağaç<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>*Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, TR34116 Fatih, İSTANBUL, Türkiye*

<sup>b</sup>*Toprak-89 Evleri No: 5, TR17800 Lapseki, ÇANAKKALE, Türkiye*

*(senfatih81@gmail.com)*

**Abstract:** The İstanbul-Zonguldak Tectonic Unit is a unmetamorphosed continental block of the Far East Avalonian Terrane in NW Türkiye. It consists of Late Neoproterozoic crystalline basement rocks overlain by an Ediacaran to Carboniferous sedimentary succession. In the western sector of the block, there are two different views regarding marine, deltaic, and fluvial-alluvial sedimentary rocks with unfossiliferous strata underlying siliciclastic rocks of the Cambrian-Ordovician age. The first of these views is that all these rocks, which are conformably transitional with each other, were formed in a rift setting during the Ordovician. The other opinion is that the marine and deltaic clastic rocks formed in a forearc and the fluvial and alluvial clastics formed in a back-arc setting during the late Ediacaran. According to the made geological map, the marine fills are conformably overlain by the deltaic deposits; however, their contact is reverse faulted in most areas and the marine and deltaic clastic rocks are also thrust over the fluvial-alluvial clastic rocks. In addition, there are volcanic ashes alternating with fine-grained sandstone in the fluvial and alluvial sedimentary rocks. The petrography of the marine and deltaic sandstones and the fluvial-alluvial sandstones and the geochronology of the U-Pb zircons in volcanic ash in the fluvial-alluvial sandstones were studied to establish the provenances of the clastic rocks. The sandstones contain different proportions of quartz, feldspar and lithic clasts. The main difference in sandstones is the proportions of lithic fragments. The lithic fragments are predominated by felsic to intermediate magmatic and volcanic rocks, metamorphic and sedimentary rock fragments. In the discrimination diagrams, all sandstone samples lie mainly in the field of undissected arc in the Q-F-L diagram. However, the marine and deltaic sandstones fall into a forearc setting and the fluvial-alluvial sandstones fall into a back-arc setting in the volcanic/magmatic-metamorphic-sedimentary lithic diagram. LA-ICP-MS dating of U and Pb isotopes on zircons obtained from the volcanic ash in the fluvial-alluvial sandstones yielded a U-Pb age of  $560.4 \pm 1.4$  Ma ( $2\sigma$ , MSWD = 1.8), indicating an age of Late Ediacaran. The obtained field and analytical data indicate that they were genetically different from each other, and the marine and deltaic sedimentary rocks represent a forearc succession and the fluvial-alluvial fills stand for a back-arc succession during the late Ediacaran.

*Key Words: sandstone petrography, volcanic ash, U-Pb dating, fore-/back-arc succession, İstanbul-Zonguldak Tectonic Unit*

**Öz:** İstanbul-Zonguldak Tektonik Birliği, Türkiye' nin kuzeybatısında yer alan Uzak Doğu Avalonya Birlikleri' nin metamorfizmaya uğramamış bir kıtasal bloğudur. Ediakaran' dan Karbonifer' e kadar uzanan bir sedimanter istifin örttüğü Üst Neoproterozoyik yaşlı kristalin temel kayalardan oluşur. Kıtasal bloğun batı kesiminde, Kambriyen-Ordovisiyen yaşlı silisiklastik kayaların altında fosilsiz tabakalara sahip denizel, delta ve akarsu-alüvyal tortul kayalara ilişkin iki farklı görüş bulunmaktadır. Bu görüşlerden ilki, birbirleriyle uyumlu geçişli olan tüm bu kayaların Ordovisiyen döneminde bir rift ortamında yer almasıdır. Diğer görüş de geç Ediyakaran sırasında denizel-delta kırıntılı kayaların yay önü ortamında, ve akarsu ve alüvyal kırıntılılarının ise yay arkası ortamda oluştuğu yönündedir. Yapılan jeolojik haritaya göre denizel dolgu delta çökelleri tarafından uyumlu olarak örtülmektedir; ancak çoğu alanda dokanakları ters faylıdır ve denizel-delta kırıntılı kayalar da akarsu-alüvyal kırıntılı kayaların üzerine bindirmiştir. Ayrıca, akarsu-alüvyal tortul kayalarda ince-taneli kumtaşı ile ardalanmalı volkanik küller bulunmaktadır. Kırıntılı kayaların kökenlerini belirlemek için denizel ve delta kumtaşları ile akarsu-alüvyal kumtaşlarının petrografisi ve akarsu-alüvyal kumtaşlarındaki volkanik kül içindeki U-Pb zirkonlarının jeokronolojisi incelenmiştir. Kumtaşları farklı oranlarda kuvars, feldispat ve litik kırıntılar içerir. Kumtaşlarındaki temel farklılık litik parçaların oranlarıdır. Litik parçalar arasında felsik ile ortaç magmatik ve volkanik kayalar, metamorfik ve tortul kayaç parçaları baskındır. Ayrım diyagramlarında, tüm kumtaşı örnekleri Q-F-L diyagramında esas olarak parçalanmamış yay alanında yer almaktadır. Ancak, volkanik/magmatik-metamorfik-tortul litik diyagramında denizel ve delta kumtaşları yay önü ortamına, akarsu-alüvyal kumtaşları ise yay arkası ortamına düşer. Akarsu-alüvyal kumtaşlarındaki volkanik külden elde edilen zirkonlar üzerindeki U ve Pb izotoplarının LA-ICP-MS tarihlmesi, Üst Ediyakaran yaşını gösteren  $560,4 \pm 1,4$  My ( $2\sigma$ , MSWD = 1,8) U-Pb yaşını vermiştir. Elde edilen saha ve analitik veriler, bunların genetik olarak birbirlerinden farklı olduğunu, ve geç Ediyakaran sırasında denizel ve delta tortul kayaların bir yay önü istifi ve akarsu-alüvyal dolguların ise bir yay arkası istifi temsil ettiğini göstermektedir.

*Anahtar Kelimeler:kumtaşı petrografisi, volkanik kül, U-Pb yaşlandırması, yay önü/arkası istifi, İstanbul-Zonguldak Tektonik Birliği*

## **1.INTRODUCTION**

The Pontides, the mountain chain in northern Türkiye, consists of three tectonic units; one of them is the İstanbul-Zonguldak Tectonic Unit or İstanbul Zone [1]. This tectonic unit has been studied since the early nineteenth century [2], and its stratigraphy was thought to be well-known [3]. Until 2002, it was accepted that the continental-margin succession of the Rheic Ocean begins at the base with the continental rift fills consisting of fluvial and alluvial sedimentary rocks, known as the Kurtköy Formation. On the other hand, researchers working at Mineral Research and Exploration revealed that the succession contain marine or lacustrine [3] and deltaic clastic series beginning with strata of shale, siltstone, and sandstone, called the Kocatöngel and Bakacak Formations, in the İstanbul area [4]. After this discovery, their stratigraphy was established as follows:

The Kocatöngel Formation forming the lowermost part of the sequence consists of the greenish-grey and green alternation of laminated mudstone and shale, and sandstone, which are conformably overlain by the Bakacak Formation consisting of the grey-greenish grey sandstone-siltstone alternating with red shale and mudstone. The deltaic deposits conformably pass up into rift sequence consisting of red shale, sandstone, and conglomerate, called as the Kurtköy Formation. In other words, the Paleozoic sequence was known to form a passive continental margin succession starting with Ordovician shale and siltstone alternating with sandstone and conglomerate, unconformably covering Late Neoproterozoic crystalline basement rocks [3, 4, 5, 6].

[7] defined non-metamorphic and folded dacite, diabase, and andesite dykes from the İstanbul-Zonguldak Tectonic Unit [8]. They intrude into both the Yellice volcanic (i.e. basement rocks) comprising low-grade greenschist facies meta-andesites along with minor meta-rhyolites and meta-sedimentary rocks indicating the Avalonian arc and the non-metamorphic rift fills (Kurtköy Formation) mistakenly regarded as Lower Ordovician, and -yielded igneous crystallization ages of 556 to 549 Ma. The dykes show calc-alkaline and alkaline affinities with some within-plate character. They are suggested to be products of the rifting of the İstanbul-Zonguldak Tectonic Unit from the Amazonian craton, corresponding to the initial sedimentation of the Kurtköy Formation (c. 565-540 Ma) started during the late Ediacaran due to the Yellice arc rifting, representing the opening of the Rheic Ocean, and the Kocatöngel-Bakacak Formations defined as parts of the rift deposits are also suggested as a fore-arc succession during the late Ediacaran (c. 590-540 Ma) that differs from the Kurtköy Formation by making correlations on a global scale.

In this study, we assigned the field relationships of Ediacaran sedimentary rocks by conducting fieldwork in İstanbul city to test their stratigraphy suggested by [7], and we used sandstone framework petrography to define their geodynamic environments and the U-Pb zircon age of volcanic ash bed in the rift fills to find the sedimentation age of the sequence.

## **2.METHOD**

The studies were carried out in two special stages, including fieldwork and laboratory studies. The contact relationships of the Kocatöngel-Bakacak-Kurtköy Formations were revealed and a geological map was made during the fieldwork, and hand samples were collected to obtain analytical data at this first stage of the study. The second stage comprises laboratory studies that are applied in two parts. Sixty samples were collected from the units. Thin sections of fifteen samples were made from each formation. It was defined in which geodynamic setting the units were deposited by performing petrographic modal analysis with the Gazzi-Dickinson method. A point-counting technique used in sedimentology to statistically measure the components of a sedimentary rock, mostly sandstone. The volcanic ash was detected among the sandstone strata of the Kurtköy Formation during the fieldwork, and the crystallization age of the volcanic ash was yielded by the U-Pb zircon dating, and hence to find the initial depositional time of sedimentary rocks in the İstanbul-Zonguldak Tectonic Unit belonging to the Far East Avalonian terranes.

## **3.RESULTS AND CONCLUSIONS**

The fieldwork was carried out to reveal rock types and contact relationships of the Kocatöngel, Bakacak, and Kurtköy Formations. According to the geological mapping, the visible lowermost unit in the İstanbul area is the Kocatöngel Formation consisting of an alternation of green and greyish-green laminated shale and sandstone, and lamination in the unit is predominant. The Bakacak Formation contains an alternation of greyish-green, grey and pinkish-purple thin and thick-bedded sandstone and laminated shale. The main difference between two units is the increase of alternation of the pink and purple shale and sandstone and the coarsening of grain size in sandstone in the Bakacak Formation. The Kurtköy Formation consists of purple sandstone alternating with shale and conglomerate and the coarse-grained sandstone in the unit is notable, and there are volcanic ashes alternating with fine-grained sandstone in the Kurtköy Formation.

It is difficult to define the type of stratigraphic contact between the Kocatöngel and Bakacak Formations in the field due to dense forest and vegetation. However, their strata positions are the same, meaning that the Kocatöngel Formation is conformably overlain by the Bakacak Formation. Besides, in most areas, the boundary between the two units is secondary contact, known as reverse faults. The boundary between the Bakacak and Kurtköy Formations is obviously not stratigraphic contact, observing that there is a roughly NW-SE-directed thrust zone along which the Kocatöngel and Bakacak Formations are also thrust over the Kurtköy Formation.

Compositional datasets from sandstone point counts were collected from 45 samples by selecting samples of thickly to medium-strata and medium- to coarse-grained sandstone strata. According to these data, the sandstones in the Kocatöngel and



Bakacak Formations mostly include 80–85 % of lithic fragments, and 15–20 % of matrix described as grains less than 0.03 mm across. The lithic fragments contain 60–67 % of magmatic and volcanic rock fragments, 15–30 % of metamorphic rock clasts, 5–15 % of sedimentary rock clasts, and 3–5 % of feldspar and quartz. The sandstones from the Kurtköy Formation generally consist of 90–95 % of lithic fragments, and 5–10 % of matrix defined as grains less than 0.05 mm across. The lithic fragments include 45–50 % of sedimentary rock fragments, 40–47 % of magmatic and volcanic rock clasts, 5–8 % of metamorphic rock clasts, and 5–10 % of feldspar and quartz. The framework modal data belonging to the sandstones of the Kocatöngel, Bakacak, and Kurtköy Formations fall into the right of the Q–F–L diagram of [9], indicating mainly within undissected magmatic arc field. On the other hand, the sandstones of the Kocatöngel and Bakacak Formations fall into a fore-arc setting, and the sandstones of the Kurtköy Formation fall into a back-arc setting in the volcanic/magmatic–metamorphic–sedimentary lithic diagram of [10]. In other words, source area of the Kocatöngel and Bakacak Formations is different from the Kurtköy Formation.

In order to constrain volcanic ash alternating with fine-grained sandstone of the Kurtköy Formation in the İstanbul region, laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS) zircon dating was performed on one sample of volcanic ash bed. In the volcanic ash sample, zircon grains are primarily subhedral, predominantly colorless, transparent and short-prismatic. Fourteen zircon grains obtained from the volcanic ash layer yielded a U–Pb age of  $560.4 \pm 1.4$  Ma ( $2\sigma$ , MSWD = 1.8), showing an age of Late Ediacaran.

[7] suggested that the Kurtköy Formation was a back-arc succession formed during the late Ediacaran as a result of the Yellice arc rifting in the Bolu area, and the Kocatöngel and Bakacak Formations were part of a fore-arc succession during the middle-late Ediacaran, and the fore-arc sequence was juxtaposed with the back-arc sequence during the latest late Ediacaran to earliest early Cambrian. On the whole, the obtained datasets confirm [7].

## REFERENCES

1. Yiğitbaşı, E., Elmas, A. and Yılmaz, Y., (1999). Pre-Cenozoic tectono stratigraphic components of the western Pontides and their geological evolution: *Geological Journal*, 34, 1–2, 55–74
2. Penck, W., (1919). *Grundzüge der Geologie des Bosphorus*: Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde an der Universität Berlin, neue Folge A: Geographisch- naturwissenschaftliche Reihe Heft, 4, 71
3. Özgül, N., (2012) Stratigraphy and some structural features of the İstanbul Paleozoic: *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 817–866

4. Gedik, İ., Timur, E., Duru, M., Alan, İ., Pehlivan, Ş., Altun, İ., Akbaş, B., Önalın, M. and Özcan, İ., (2002). İstanbul Paleozoik istifinde Kocatöngel ve Bakacak formasyonları: Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara-Turkey
5. Şengör, A.C. and Yılmaz, Y., (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75(3-4), 181-241
6. Okay, A.I. and Topuz, G., (2017). Variscan orogeny in the Black Sea region. *International Journal of Earth Sciences*, 106, 569–592.
7. Şen, F. (2022). Age and implication of Late Ediacaran dykes in the İstanbul-Zonguldak Tectonic Unit (NW Turkey): Implications for the rifting of the Rheic Ocean, *International Geology Review*, 64:17, 2416-2435
8. Topuz, G., Azizi, H. and Burg, J-B., (2022). Cadomian crustal evolution of Turkey, Iran, and environs, *International Geology Review*, 64:17, 2385-2388
9. Dickinson, W. R., Beard, L. S., Brackenridge, G. R., Erjavec, J. L., Ferguson, R. C., Inman, K. F., Knepp, R. A., Lindberg, F. A. and Ryberg, P. T., (1983). Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of America Bulletin* 94, 222–35
10. Ingersoll, R. and Suczek, C. A. (1979). Petrology and provenance of Neogene sand from Nicobar and Bengal fans, DSDP sites 211 and 218. *Journal of Sedimentary Petrology* 49, 1217–28.

# İstanbul Devoniyen İstifindeki Ostrakod Çalışmalarının Biyostratigrafi, Paleoortam ve Paleocoğrafya'ya Katkıları

## *Contributions of Ostracoda Studies in the Istanbul Devonian Sequence to Biostratigraphy, Paleoenvironment and Paleogeography*

**Atike Nazik<sup>a</sup>, Emine Şeker Zor<sup>a</sup>, M. Namık Yalçın<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Ç.Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Sarıçam,  
Adana, Türkiye.

<sup>b</sup> Öncü sk. 7/8 Suadiye-İstanbul, Türkiye  
(anazik@cu.edu.tr)

**Öz:** İstanbul Devoniyen'ine ait ostrakodlar Belçikalı Jeolog André Hubert Dumont'un koleksiyonlarının çalışılması ile 160 yıl önce başlamıştır. Dumont tarafından Arnavutköy'den alınan fosilce zengin siyah renkli şeyllerde, Roemer (1863) ostrakodlardan *Beyrichia* sp.'yi tanımlamıştır. 1895 yılında Avusturyalı jeolog, mineralog ve paleontolog Franz Toula tarafından İstanbul-Pendik ile Kartal arasında Devoniyen'e ait yüzeylemelerden toplanan örneklerde Kayser (1900) tarafından Türkiye kökenli tür olarak ilk ostrakod türü *Beyrichia roemeri*'yi tanımlanmıştır. İstanbul Devoniyen'ine ait ostrakod bulguları Paeckelmann (1925) ile Paeckelmann ve Sieverts, (1932) çalışmaları ile devam etmiştir. Boğazın doğusunda İçerenköy ve Küçükalya bölgesinde Abdüsselamoğlu'nun 1960 yılında topladığı Devoniyen örneklerinde Fransız paleontolog M.Grekoff tarafından ostrakod türleri saptanmıştır (Abdüsselamoğlu, 1963). 2000'li yılların hemen öncesi ve sonrasında İstanbul'da yaygınlaşan şehirleşmeye paralel olarak artan alt yapı çalışmaları ile birlikte jeolojik araştırmalar da artmıştır. Bu bağlamda birçok yurt içi ve yurt dışı araştırma projeleri yapılmıştır. Dojen ve diğ. (2004), Yakacık civarında Erken Devoniyen yaşlı Pelitli ve Kartal formasyonlarında Tüvingiyen ekotip ostrakodları bulmuşlardır. İstanbul ve civarında Namık Yalçın ve Volker Wilde tarafından yürütülen ikili Türk-Alman işbirliği projeleri (DEVEC-TR) ve Atike Nazik tarafından yürütülen üniversite projeleri ile Devoniyen birimlerinin ostrakodları ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Bu projeler ile İstanbul Devoniyen'inde Emsiyen, Eyfeliyen, Jivesiyen, Frasnien ve Famennien katlarını temsil eden çok sayıda ostrakod türü saptanmıştır. Devoniyen ostrakodları yaşam biçimlerine göre beyrichiid kompleks, Eyfeliyen, Tüvingiyen ve Entomozocean topluluklarına ayrılanmıştır. Erken Devoniyen'den Geç Devoniyen'e kadar yüksek enerjili kıyı ortamından düşük enerjili havza ortamına kadar değişimler belirlenmiştir. İstanbul Zonu'ndaki Devoniyen ostrakodları genel olarak Lavrusya kökenli olmakla birlikte, bir kısmının Peri-Gondvana ve Gondvana'da da bulunması, bu kıtalar arasında faunal bağlantıyı sağlayan geçitlerin bulunduğunu göstermektedir.

*Anahtar Kelimeler:* Devoniyen, İstanbul, ostrakodlar.

**Abstract:** The study of ostracods from the Devonian of İstanbul began 160 years ago with the study of the collections of Belgian geologist André Hubert Dumont. Roemer (1863) identified *Beyrichia* sp. from the ostracods in the fossil-rich black shales collected by Dumont from Arnavutköy. The first ostracod species, *Beyrichia roemeri*, was described by Kayser (1900) as a species originating from Türkiye in samples collected from Devonian outcrops between İstanbul Pendik and Kartal by the Austrian geologist, mineralogist and palaeontologist Franz Toula in 1895. The ostracod findings from the Devonian of İstanbul continued with the studies of Paeckelmann (1925) and Paeckelmann and Sieverts (1932). Ostracod species were determined by the French palaeontologist M.Grekoff in the Devonian samples collected by Abdüsselamoğlu in 1960 from the İçerenköy and Küçükalya regions to the east of the Bosphorus.

Just before and after the 2000s, geological investigations have increased along with the increasing infrastructure works in parallel with the growing urbanization in İstanbul. Many national and international projects have been carried out in this context. Dojen et al. (2004) found Thuringian ecotype ostracods in the Early Devonian Pelitli and Kartal formations around Yakacık. The ostracods of Devonian units have been studied in detail in İstanbul and its surrounding areas by the bilateral Turkish-German cooperation projects (DEVEC-TR) carried out by Namık Yalçın and Volker Wilde and the university projects carried out by Atike Nazik. Many ostracod species representing the Emsian, Eifelian, Givetian, Frasnian and Famennian stages of the İstanbul Devonian were identified in these projects. The Devonian ostracods were classified as beyrichiid complex, Eifelian, Thuringian and Entomozoacean assemblages according to their mode of life. Changes from a high-energy coastal environment to a low-energy basinal environment were determined from the Early Devonian to the Late Devonian. Whereas the Devonian ostracods in the İstanbul Zone are generally of Laurussian origin, some have also been found in Peri-Gondwana and Gondwana, indicating that passages provided faunal links between these continents.

*Key Words:* Devonian, İstanbul, ostracods.

## 1.GİRİŞ

İstanbul bölgesinde Devoniyen çalışmaları, yabancı araştırmacılarla 19. yüzyılda başlamış [1,2,3] ve 1930'lu yıllardan sonra yerli ve yabancı araştırmacılarla devam etmiştir [4,5,6,7,8,9]. Devoniyen birimleri litostratigrafik olarak farklı adlandırmalarla ayırtlanmış olup, [10,11,12] Devoniyen yaşlı birimlerin ayrıntılı olarak litostratigrafik ve biyostratigrafik açıdan yeniden ele alındığı önemli son çalışmalaradır.

Bu çalışmada amaç, İstanbul Devonyen birimlerinde (Kartal, Büyükada Formasyonları ve üyeleri) bulunan ostrakodların genel olarak dokümantasyonunu yapmak, biyostratigrafi, paleortam ve paleocoğrafya'ya katkılarını ortaya koymaktır. Ostrakodlar, Darlık ve Ömerli Barajı, Tuzla, Denizliköy civarında bulunan Devonyen yüzleklerinden elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanı ostrakod çalışılan lokaliteler. [21]'den düzenlenmiştir.

## 2.MATERYAL VE METOD

Bu çalışmanın konusunu, İstanbul Devonyen'inde 19. Yy dan günümüze ostrakodlar üzerine yapılan çalışmalar oluşturmaktadır. Hem literatür bilgisi, hem de İstanbul Devonyen istifinde yürütülen ikili Türk-Alman işbirliği projesi çerçevesinde (DEVEC-TR), Çukurova (MMF2009YL56 ve MMF2012BAP4) ve Adıyaman Üniversiteleri (MTEFBAP2008-0002) BAP projeleri kapsamında tanımlanan ve farklı yayınlara konu olan ostrakodlar materyali oluşturmaktadır.

Araziden belirli kesitler boyunca derlenen örnekler litolojik özelliklerine (silisleşmiş, kalkerli, kumlu vb.) ve ostrakodların korunma durumuna göre, formik asit, asetik asit veya hidrojenperoksit ile yaş elek analizi ile yıkanmış, kurutulmuş ve ostrakodlar stereomikroskop altında toplanmıştır. Entomozoacean ve beyrichiacean ostrakodların kabukları veya kapaklarının dış ve iç kalıpları doğrudan stereo mikroskop altında incelenmiştir. Bazı beyrichiacean ostrakodlarının dış ve iç kalıplarından esnek lateks kalıplar üretilmiş ve dijital kameralı bir stereomikroskop

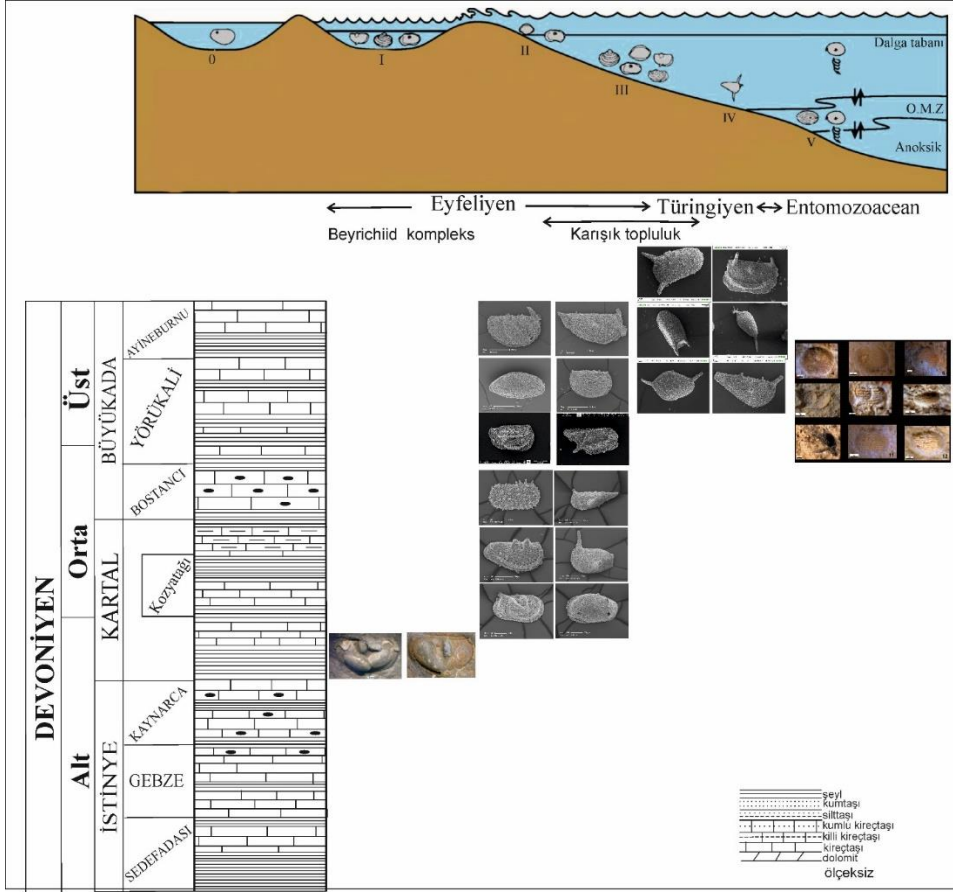
ile fotoğrafları çekilmiştir. Elektron mikroskop görüntüleri ise İnönü Üniversitesi, Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi (Malatya, Türkiye); Türkiye Petrolleri Anonim Şirketi (Ankara, Türkiye); Senckenberg Araştırma Enstitüsü ve Doğa Müzesi (Frankfurt, Almanya); Polonya Bilimler Akademisi, Paleobiyoloji Enstitüsü (Varşova, Polonya) ve Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı (ÇÜMERLAB) gibi farklı birimlerde alınmıştır.

### **3.BULGULAR VE SONUÇLAR**

Kartal Formasyonu'nda sarımsı-yeşil renkli silttaşı, kumtaşı birimlerinde beyrichiacean ostrakodlar, Kozyatağı Üyesi'nde şeyl ve kireçtaşı birimlerinden birey sayısının çok fazla olduğu Palaeocopida, Podocopida and Myodocopida ordolarına ait türler bulunmuştur. Büyükada Formasyonu'nun üç üyesi de ostrakod açısından zengin olup çok farklı ostrakod cins ve türlerine sahiptirler. Bostancı Üyesi ve Yörükali Üyesi'nin alt seviyelerinde Palaeocopida ve Podocopida ordolarına ait türleri, Yörükali Üyesi'nin üst seviyelerinde ise Myodocopida ordosuna ve Ayineburnu Üyesi'nde de Podocopida ordosuna ait türler saptanmıştır. Bu türlerle birlikte bulunan konodont fosilleri biyostratigrafinin kurulmasında yol gösterici olmuştur [13,14,15,16,17].

Devoniyen birimlerini kat olarak ayırtlayan bulgular, Emsiyen-Eyfeliyen ostrakodları [18, 19], Jivesiyen ostrakodları [20], Frasnien ostrakodları [21,22] ve Famenniyen ostrakodları [23] olarak ayrıntılı verilmiştir.

Devoniyen ostrakodlarının yaşam modellerine göre ostrakodlar üç topluluk oluşturmaktadır [24,25]: Eyfeliyen, Türingiyen ve Entomozoacean/miyodocop mega-topluluk. Çalışılan Devoniyen birimlerinin litolojik ve sedimantolojik özellikleri ile ostrakod topluluğu birarada değerlendirilerek paleoortamsal yorum yapılmıştır. Çalışılan alanlarda Erken Devoniyen'de İstinye Formasyonuna ait karbonat şelfi özelliğinde birimlerin varlığı bilinmektedir. Ancak Erken Devoniyen sonuna doğru karbonat şelfi hızla Kartal formasyonunun çökeldiği kıvrımlı bir ortama dönüşmüştür. Bu birimler içerisinde beyrichiacean ostrakod topluluğu bulunmuştur (Şekil 2). Beyrichiacean ostrakodlar büyük ve ağır kapaklara sahiptir. Yüksek enerjili, sığ denizel ortamı karakterize ederler. Karbonatlarla kıvrımlı birimlerin ardalanımından oluşan birimlerde, kalın kavkılı ostrakodlarla (Eyfeliyen mega-topluluk) birlikte ince kavkılı dikenli, ince kavkılı ostrakodların (Türingiyen mega-topluluk) birarada olduğu "karışık bir topluluk" bulunmuştur. Orta Devoniyen başlarına kadar kıvrımlı bir şelf varlığını sürdürmüştür. Jivesiyen'de halen ostrakodların karışık topluluk ile temsil edilmesi, bu birimlerin üzerinde Frasnien'de "Entomozoacean mega-topluluk"u oluşturan pelajik-hemipelajik ostrakodların yer alması ortamın Orta Devoniyen sonlarından başlayarak tedrici olarak derinleşmeye başladığını göstermektedir. Geç Devoniyen sonunda dikenli, ince duvarlı kavkiya sahip, düşük enerjili ortamı gösteren "Türingiyen mega-topluluk" ostrakodlarının bulunması ortamın derin denizel bir havzaya dönüştüğüne işaret etmektedir.



**Şekil 2.** Bu çalışmada bulunan ostrakod topluluklarından bazı örneklerle paleoortam dağılımları. [25]'den yararlanılmıştır.

Bu çalışmadaki ostrakod bulguları genel olarak değerlendirildiğinde; bunlardan Emsiyen'de bulunan beyrichiacean faunasının Fransa, Almanya, Bohemya, Podolya, İspanya ve Fas'ta aynı yaştaki ostrakod faunalarıyla, Geç Emsiyen-Eyfeliyen ostrakod faunasının İspanya, Fransa, Almanya'daki, Jivesiyen ostrakod faunasının ise Almanya, Polonya, Fransa, Belçika'da aynı yaştaki ostrakod faunalarıyla benzer olduğu görülür. Frasnien ve Famennien ostrakod faunası pelajik ve hemipelajik faunalar olup, bunların Avrupa, Afrika ve Çin'e kadar yayılım gösterdikleri bilinmektedir. Bu bölgelerin Devoniyen'deki konumları dikkate alındığında bunların Lavrusya ve Peri-Gondvana kıtaları ile ilişki olduğu görülmektedir.

## **KAYNAKLAR**

1. Tchihatcheff, P. De, (1864). Le Bosphore et Constantinople avec perspectives des pays limitrophes. Paris.
2. Abdullah Bey, (1869). Faune de, formation dévonienne du Bosphore. Gaz. Méd. d'Orient, Istanbul.
3. Abdullah Bey, (1870). Remarque géologique sur le calcaire dévonien du Bosphore. Boll. Com. geol. d'Italia, I, Roma.
4. Penck, W., (1919). Grundzüge der Geologie des Bosphorus. Veröff. Inst. f. Meeresk., A, 4, Berlin
5. Paeckelmann, W., (1925). Beitrage zur Kenntnis des Devons am Bosphorus. Abh. Preuss. Geol. L. Anst., N.F., 98, Berlin.
6. Paeckelmann, W., (1938). Geologie von Konstantinopel. Abh. Preuss. Geol. L. Anst, N.F, 168, Berlin
7. Haas W., (1968). Das Alt-Paläozoikum von Bithynien (Nordwest Türkei). Neu. Jb. Geol. Palaeont., Abh. 131-2, 178-242.
8. Kaya O., (1973). The Devonian and Lower Carboniferous stratigraphy of the İstinye, Bostancı and Büyükada subareas, Paleozoic of Istanbul. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi 40, 1-36.
9. Önalan, M., (1987-1988). İstanbul Devonyen Çökellerinin Sedimenter Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi, 6, 93-108
10. Yalçın, M. N. and Wilde, V., (2009). Devonian ecosystems and climate of Turkey (Devec-TR). Project Nr. 104Y218. Project report. Ankara: TÜBİTAK
11. Yalçın, M. N. and Yılmaz, İ., (2010). Devonian in Turkey-a review. *Geologica Carpathica*, 61, 235-253.
12. Özgül, N., (2012). Stratigraphy and some structural features of the İstanbul Palaeozoic. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 817-866
13. Çapkınoğlu, Ş., (1997). Conodont fauna and biostratigraphy of the Famennian of Büyükada, Istanbul, northwestern Turkey. *Bollettino della Societe Paleontologica Italiana* 35: 165-185
14. Çapkınoğlu, Ş., (2000). Late Devonian (Famennian) conodonts from Denizliköyü, Gebze, Kocaeli, northwestern Turkey. *Turkish Journal Earth Sciences* 9: 91-112.
15. Çapkınoğlu, Ş., (2005a). Famenian conodonts from the Ayineburnu Formation of the İstanbul Zone, NW Turkey. *Geologica Carpathica* 56: 113-122.
16. Çapkınoğlu, Ş., (2005b). Upper Devonian (Upper Frasnian-Lower Famenian) conodont biostratigraphy of the Ayineburnu Formation, İstanbul, NW Turkey. *Geologica Carpathica* 56: 223-236.
17. Okay, A., Atakul-Özdemir, A., and Okay, A., (2020). A pelagic Upper Devonian sequence in Sariyer, Istanbul. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29:5, 785-797.
18. Nazik, A. and Groos-Uffenorde, H., (2016). Notes on beyrichiacean ostracodes from the Early Devonian of NW Turkey and their



- palaeobiogeographical relations. Turkish Journal of Earth Sciences, 25, 201–226
19. Olempska, E., Nazik, A., Çapkınoğlu, Ş. and Saydam-Demiray, D. G., (2015). Lower Devonian ostracods from the İstanbul area, Western Pontides (NW Turkey): Gondwanan and peri-Gondwanan affinities. Geological Magazine, 152, 298–315
  20. Nazik, A., Çapkınoğlu, Ş., Olempska, E., Özgül, N. and Şeker, E., (2015). Ludlow (Silurian) and Givetian (Devonian) ostracods and conodonts from the İstanbul Zone (Kartal and Tuzla Peninsula), NW Anatolia. In V. Perrier & T. Meidla (Eds.), Abstracts, 8th European Ostracodologists' Meeting, p. 55. Tartu, Estonia.
  21. Nazik, A., & Groos-Uffenorde, H., (2011). First records of Late Devonian Entomozoacean ostracods in north-western Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 20, 167–178
  22. Şeker E., Nazik A., (2016). Entomozoacean Ostracodes of NW Turkey (Şile -İstanbul). Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture, 31(2), 293-306
  23. Nazik, A., Çapkınoğlu, Ş. And Şeker, E., (2012). Famennian ostracods from İstanbul Zone (Gebze, Kocaeli, NW Turkey) and their paleogeographical relations. Geologica Carpathica, 63, 355–363
  24. Groos-Ufenorde, H., H. Blumenstengel, and F. Lethiers., (2000). Ostracodes and Devonian Stratigraphy. Courier Forschungsinstitut Senckenberg 220: 99–111
  25. Casier, J. -G., (2004). The mode of life of Devonian entomozoacean ostracods and the Myodocopid Mega-Assemblage Proxy for hypoxic events. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique Sciences de la Terre, 74, 73–80

## **İstanbul Zonu'nun Batısında bulunan Karbonifer Yaşlı Turbiditik Kayaçlarının Yapısal Jeolojisi**

### *Structural Geology of the Carboniferous Turbiditic Rocks on the Western Part of the Istanbul Zone*

**Tolga Eren Tuna<sup>a</sup>, A.M. Celâl Şengör<sup>a,b</sup>, Boris A. Natal'in<sup>a</sup>, Gürsel Sunal<sup>a</sup>, Cengiz Zabcı<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi Jeoloji Bölümü, Ayazağa, 34469 İstanbul, Türkiye*

<sup>b</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Ayazağa, 34469 İstanbul, Türkiye  
(tunat16@itu.edu.tr)*

**Öz:** Trakya Formasyonu, İstanbul Paleozoyik istifinin en genç birimidir. İstanbul'un batısında geniş mostralalar halinde görülen bu birim, fliş nitelikli olup tipik Bouma sekansının farklı kesimlerine ait kumtaşı, silttaşı ve kiltası araldanmasından oluşur. İstifin yakınsak elemanları daha çok doğuda mostra verirken, batıya doğru iraksak elemanları görülür. Trakya Formasyonu'nun içindeki 'görünmez' faylar ve makaslama zonları, birimin aktif bir kıt'a kenarı ya da sıkışan bir yay ardı tektonik bölgede çökeldiğini göstermektedir. Formasyonun yaşlıdan gence doğru kırıntı boyutlarının büyüdüğü, tabakalarının kalınlaştığı gözlenmiştir. Bu da formasyonun daralan bir havzada çökeldiğini gösterir. Birim içerisindeki hâkim tabaka eğim yönleri, D-B, KD-GB ve KB-GD olarak belirlenmiştir. Bölgede ilk olarak D-B yönlü sıkışmasının sonucu olarak K-G yönlü kıvrımlanma, 'görünmez' faylar, makaslama zonları ve üst üste binmiş bindirme fayları oluşmuştur. Daha sonra bölgede ikincil olarak KB- GD yönlü bir sıkışma gerçekleşmiştir ve bölgede KB-GD yönlü tabaka eğimleri gelişmiştir. Bölge daha sonra KD- GB yönlü bir deformasyon ve buna bağlı olarak da tekrar kıvrılmış ve deformasyonun ilerlemesi sonucu ile daha önceden oluşmuş olan bindirme fayları kıvrılmıştır. Bu da büyük ihtimalle orojenezin son dönemlerine işaret etmektedir. Muhtemel aynı makaslama sistemi içerisinde farklı doğrultulara sahip sol ve sağ yanal doğrultu atımlı faylar oluşmuştur. Bu faylara ait yapısal kayaçların, fiziksel özelliklerine göre oluşum derinlikleri 1 ile 3 km arasında değişmektedir. İstifin içerisinde daha sondan gelişmiş geç Kratese yaşlı ada yayına bağlı dayklar yerleşmiştir. Bölgedeki bu çoğunlukla andezitik nitelikli dayklar normal faylar ile kesilmişlerdir. Daha sonra bölge büyük ihtimalle NeoTetis Okyanusunun kapanmasına bağlı olarak tekrar K-G yönlü kıvrımlanmaya maruz kalmıştır. Danışmen Formasyonunda da görülen bu kıvrımlanma, deformasyonun geç Miyosen'e hata belki günümüze kadar devam ettiğini göstermiştir.

*Anahtar Kelimeler: İstanbul Zonu, Karbonifer Trakya Formasyonu, Türbiditler, Yapısal Jeoloji*

**Abstract:** The Trakya Formation represents the youngest member of the İstanbul Palaeozoic sedimentary sequence to the west of the İstanbul Zone. The unit is made of typical flysch sediments with alternation of the sandstone, siltstone, and claystone. Its proximal parts are mostly exposed to the east, whereas the western parts of İstanbul is characterised by the distal facies of these turbidite deposits. 'Invisible' faults and shear zone structures within the Formation indicate that it was deposited at an active continent margin or a compressional back-arc tectonic region. We have observed that the clast sizes and bedding thickness of the Trakya Formation gradually increase upward that indicates deposition in a compressed basin. The dominant bedding dip directions are measured as E-W, NE- SW and NW-SE. We interpreted that the region was first deformed in the fashion of E-W compression, in which 'invisible' faults and shear zones and imbricated thrust faults were formed. Then, NW-SE oriented compression occurred that is represented by the NW-SE dipping beds in the region. The region then underwent a NE-SW oriented deformation with regional folding, left and right lateral strike-slip faults of a shear zone. The physical properties of fault rocks suggest that they were originated at depths between 1 and 3 km. Trakya Formation was cut by island arc related andesitic dykes in places, which were emplaced in late Cretaceous, which was later followed with N-S trending folds related to the closure of the Neo-Tethys Ocean. The tilted strata of the Miocene and post-Miocene deposits represent the last stage of deformation, which may still active.

*Keywords: İstanbul Zone, Carboniferous Trakya Formation, Turbidites, Structural geology*

## **1.INTRODUCTION**

In this study, we studied the structural geology of the western part of the İstanbul Zone, especially through the outcrops of the Trakya Formation. There are limited number of studies on the structural and tectonic history of this particular region, which raises quite important questions such as whether the Palaeozoic sedimentary sequence represents an active or a passive continental margin. Moreover, the main source of the Trakya Formation is also poorly known. Therefore, we aim to study the faults and folds within the Trakya Formation to the west of the Bosphorus in order to have a better understanding on the deformation history of this particular region. In addition to that, we'd like to increase the number of observations on the modern structures that are being generated by the North Anatolian Shear Zone (NASZ) (Şengör, 2011; Şengör and Kındap, 2019) and contribute to the sedimentological studies on the Trakya Formation.

## **2.PRELIMINARY RESULTS AND DISCUSSIONS**

In order to understand the geological history of the region, we have mapped several localities where the Trakya Formation is exposed in the western İstanbul. In terms of the structural geology, we first classified all faults according to their kinematics and the nature of their fault rocks, including their width and colour. These are

'invisible' faults, thrust faults, strike-slip faults and normal dip-slip faults. We use the term 'invisible' faults for structures, which are without well-developed cataclasites or any other similar deformation related fabric, and thus, hard to be determined in the outcrop scale. Thrust faults measured in the study area show different directions of compression such as NW-SE, NE-SW, E-W and N-S, indicating different deformation episodes.

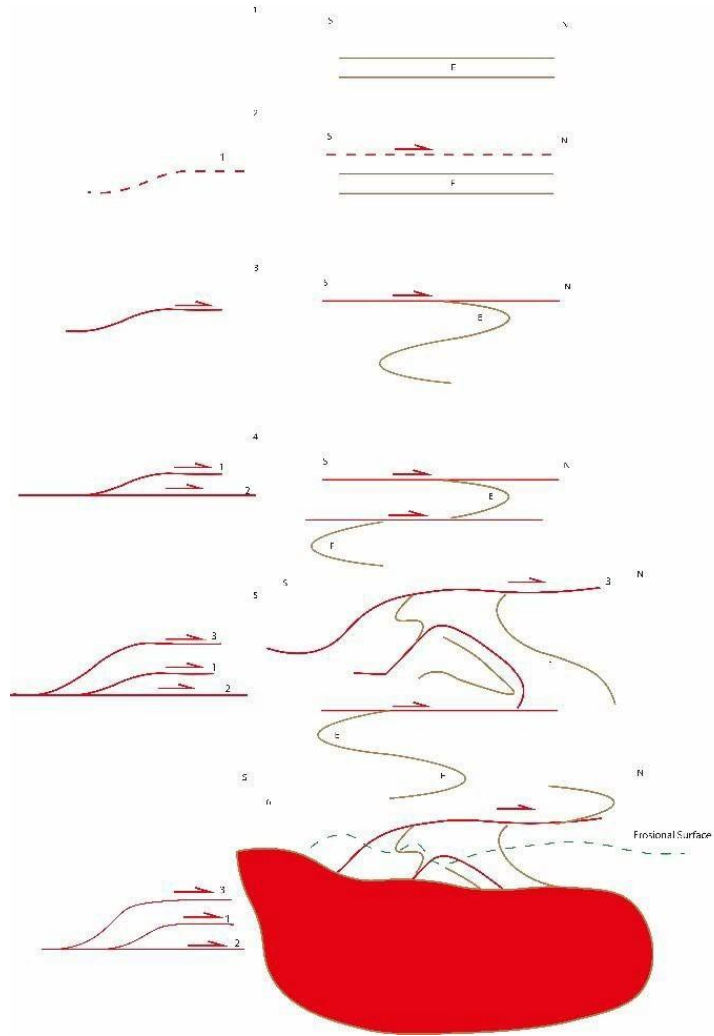
The ages of the compressions that generated the thrust faults are variable and were extracted from the orientation of the axial planes of the folds. Thrust faults are mostly oriented in N-S, NE-SW, NW-SE and E-W directions. Mostly NE-SW and N-S trending thrust faults were formed during orogenic compression. The dip directions of normal faults are mostly N-S and E-W and they show different fault rock characteristics. They have either cataclasites or fault breccias as fault rocks. The normal faults that have fault breccia show mostly NE-SW and rarely E-W extension. The strike-slip faults are also widespread in the Trakya Formation. They are mainly E-W striking and mostly dextral. However, sinistral strike-slip faults have also been observed. The 'invisible' faults, which represent the first generation of faults formed in the area, show that the Trakya Formation has been uplifted by about 3 to 4 km. The bedding dip directions are mostly N-S, E-W, NE-SW-NW-SE. Initial E-W compression is syn-sedimentary, forming the 'invisible' faults and shear zones. After the end of sedimentation, the area underwent E-W compression, resulting in the folding and thrust belt in the area. Later, NW-SE deformation produced intense folding throughout the Trakya Formation. After this compression, the area was deformed in a NE- SW direction, creating a fold and thrust belt structure. As deformation progressed, the thickness of the formation increased and the whole area was refolded (Figs. 1 and 2). The area was later affected by a shearing, which created strike-slip faults in the area. The fault rocks associated with these faults are also visible at a depth of about 3 km. Subsequently the area was affected by extension which formed the normal faults in the area. They are mostly N-S trending. These faults carry mostly cataclasite, which can be represented as the fault formed at a depth of 3 km. Subsequently the area has been re-folded along N- S direction for a period of time. These faults are mainly cataclasite, which can be represented as the fault formed at a depth of 3 km. Subsequently, the area was re-folded in a N-S direction during the deposition of the Danişmen Formation. Finally, the area came under the influence of the NASZ, which created opposite drainage systems on both peninsulas and formed the E-W and NE-SW extension in the area. These faults, which carry fault breccias that can be represented as faults, formed in the area at a depth of 1 km.

Secondly, the lithological changes through the formation have been mapped and show that the bedding thickness of the formation increases upward in the sequence and the clast size becomes finer from east to west. The petrographic characteristics of the Trakya Formation are studied to determine the plausible tectonic setting of the source of the Trakya Formation. The provenance of the Trakya Formation must be granitic (S-type) or high-grade metamorphics due to the presence of white mica flakes in it. The presence of white mica flakes in the rocks also indicates that the source area is close and that continental crust has been melted in the source area. However, the white mica cannot be sourced from the Strandja Massif as the

geochronological age estimations do not yield a pre-Carboniferous age (Sunal et al. 2006; Sunal et al. 2011).



**Figure 1** A folded thrust fold in the area. The Red line indicate a thrust fault that has been folded as the deformation progressing. The black lines indicate beddings. See sketch of thrust fault development in Figure 2. Progressive deformation created bending of early formed thrust faults



**Figure 2** Reconstruction of the thrust in the figure 1. Red lines are thrust faults, brown lines are the bedding and the red area is the area we don't see. Green line indicate the erosional surface

**REFERANCES:**

- Lom N., Ülgen S. C., Sakınç M. & Şengör A. M. C. 2016. — Geology and stratigraphy of Istanbul region, in Sen S. (ed.), Late Miocene mammal locality of Küçükçekmece, European Turkey. *Geodiversitas* 38 (2): 175-195. <http://dx.doi.org/10.5252/g2016n2a3>
- Sunal, G., Natal'in, B. A., Satir, M., & Toraman, E. (2006). Paleozoic magmatic events in the Strandja Massif, NW Turkey. *Geodinamica Acta*, 19(5), 283-300.
- Sunal, G., Satir, M., Natal'in, B.A., Topuz, G., Vonderschmidt, O., 2011. Metamorphism and diachronous cooling in a contractional orogen: the Strandja Massif, NW Turkey, *Geological Magazine*, 148 (4), 580–596.
- Şengör, A. M. C. (2011). İstanbul Boğazı için Boğaziçi'nde açılmıştır Fiziki Coğrafya Araştırmaları, Sistemik ve Bölgesel (In Honour of Prof. Dr. Mehmet Yıldız Hoşgören). *Pub. of the Turkish Association of Geography*, 6, 57-102.

## **Büyükçekmece-Beylikdüzü Çevresinde Yüzeyleyen Felsik Tüflerin Zirkon-Rutil U-Pb Jeokronolojisi ve Lu-Hf İzotop Jeokimyası**

### *Zircon-Rutile U-Pb Geochronology and Lu-Hf Isotope Geochemistry of Felsic Tuffs in the Büyükçekmece-Beylikdüzü Area*

**Timur Ustaömer<sup>a</sup>, Axel Gerdes<sup>b</sup>, Namık Aysal<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü*

<sup>b</sup>*Goethe University-Frankfurt*

*(timur@iuc.edu.tr)*

**Öz:** Büyükçekmece-Beylikdüzü bölgesinde, Çantaköy Tuf Üyesi olarak tanımlanmış ve haritalanmış felsik tüflerin dışında da çoğu <10m kalınlıklı çok sayıda felsik tuf seviyesi bulunur. Felsik tuf seviyeleri arasında yer alan kırıntılı sedimenter kayaların yaşları fosil kıtlığı nedeniyle iyi bilinmemektedir. Bu çalışmada hem volkanizmanın meydana geldiği yaş aralığını belirlemek hem de kırıntılı sedimenter istifin çökme yaşına bir sınırlama getirmek amacıyla felsik tüflerden alınan örneklerden ayıklanan zirkon ve rutil kristalleri üzerinde U-Pb izotop analizleri yapılmıştır. Ayrıca volkanizmayı üreten magmanın kökenini anlamak amacıyla yaşlandırılan zirkon kristalleri üzerinde Lu-Hf izotop analizleri de gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen bulgular Trakya Havzasındaki felsik volkanizmanın 25.37 ile 22.38 My (Geç Oligosen-Erken Miyosen) arasında meydana geldiğini, Danişmen Formasyonu Gürpınar Üyesi'nin Geç Oligosen (Şattiyen) döneminde çökeldiğini, İstanbul Formasyonu Kırış Üyesi'nin maksimum çökme yaşının ise 22.38 My (Alt Miyosen-Akitaniyen) olduğunu göstermiştir. Lu-Hf izotop analizleri, çalışma alanındaki Üst Oligosen-alt Miyosen yaşlı felsik tüflerin, manto kökenli ergiyiklerin Neoproterozoyik yaşlı bir kabukla değişen oranlarda karışmasıyla oluşan hibrit bir magma ürünü olduğunu göstermiştir. Bu volkanizmanın oluşumu Helenik Hendek'in geri çekilmesi ve litosferik mantonun delaminasyonu ile ilişkilendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tuf, Jeokronoloji, İzotop jeokimyası, Trakya Havzası, İstanbul Formasyonu

**Abstract:** In addition to the Çantaköy Tuff Member, several other felsic tuff horizons, most of which are <10 m thick, occur in the Büyükçekmece-Beylikdüzü area. The ages of the clastic sedimentary rocks between the felsic tuff horizons are poorly known due to the paucity of fossils. In this study, U-Pb isotope analyses were performed on zircon and rutile crystals extracted from the felsic tuffs to determine the age range of volcanism and to constrain the maximum age of deposition of the



clastic sediments. Lu-Hf isotope analyses were also performed on dated zircons to understand the source characteristics of the melts that generated the felsic volcanism. The results of this study show that felsic volcanism in the Thrace Basin occurred between 25.37 and 22.38 Ma (Late Oligocene-Early Miocene), the Gürpınar Member of the Danişmen Formation was deposited in Upper Oligocene (Chattian), and the maximum depositional age of the Kırac Member is 22.38 Ma (Lower Miocene - Akitanian). Lu-Hf isotope analyses showed that the Upper Oligocene-Lower Miocene felsic tuffs in the study area are the product of hybrid magmas formed by mixing mantle-derived melts with Neoproterozoic-aged old crust in varying proportions. The formation of this volcanism may be related to the retreat of the Hellenic Trench and the delamination of the lithospheric mantle.

*Key Words:* Tuff, Geochronology, Isotope geochemistry, Thrace Basin, Istanbul Formation

## **1. GİRİŞ**

Büyükçekmece-Beylikdüzü bölgesi yoğun yerleşim ve geniş heyelan alanlarının varlığına karşın stratigrafinin izlenebildiği, çalışmaya uygun kesitler sunar. Bölgede yüzeyleyen kaya birimleri yatay/çok düşük eğimli olup, D-B doğrultulu ve G'e eğimli normal ve KD-GB doğrultulu yanal atımlı faylar ile kesilmiştir [1, 2]. Stratigrafisi en altta Trakya Havzası'nın [3] en üst birimini oluşturan Danişmen Formasyonu'na ait Gürpınar Üyesi ile başlar. Başlıca ince taneli sedimentlerden oluşan Gürpınar Üyesi'nin üst kesiminde Çantaköy Tüf Üyesi uyumlu olarak yer alır. Çantaköy Tüf Üyesi'nin üzerine erozyonal tabanla kaba kırıntılı flüvyal çökellerden oluşan İstanbul Formasyonu'na ait Kırac Üyesi gelir. Üst Miyosen yaşlı Çekmece Formasyonu yukarıda tanımlanan birimleri uyumsuz olarak üzerler ve volkanik ara katkı içermez.

Bölgede felsik tüflere stratigrafinin değişik kesimlerinde rastlanılır. Gürpınar Üyesi'nde açılan sondajlarda kıltaşı ve siltaşı gibi ince taneli kırıntılılar ile ardalanmış <8m kalınlığında çok sayıda felsik tüf seviyesi saptanmıştır. Gürpınar Üyesinin üstündeki Çantaköy Tüf Üyesi bölgedeki en geniş yayımlı ve en kalın (~30 m) tüf seviyesini oluşturur. Çantaköy Tüf Üyesi'nin üzerine uyumsuz olarak gelen Kırac Üyesi içinde yaygın tüf blokları (<1m) ve yanal devamlılığı birkaç on metre izlenebilen tabakalaşmaya koşut tüf seviyeleri de vardır. Böylesi tüf seviyelerinin Kırac Üyesi'nin çökelişi sırasında akarsu vadisinin dik yamaçlarındaki tüflerden vadi içine gravite etkisiyle taşınmış olabileceği de düşünülmektedir (Esen Arpat, sözlü görüşme, Ekim 2023).

Bu çalışmanın amacı radyometrik yöntemler ile inceleme alanındaki felsik volkanizmanın geliştiği zaman aralığını belirlemek, tüfler ile arakatlı sedimentler kaya birimlerinin çökme yaşına sınırlama getirmek ve volkanizmayı meydana getiren ergiyiklerin kökenini Lu-Hf izotop analizleri ile saptamaktır.

## **2. MATERYAL VE METOD**

Bu çalışma sırasında toplam dört tuf örneği yaşlandırılmıştır. Örneklerden üçü Danişmen Formasyonu Gürpınar (örnek NO.14.06, NO.14.02) ve Çantaköy Tuf Üyelerinden (örnek NO.14.01), diğeri ise Çantaköy Tuf üyesi üzerinde erozyonal taban ile gelen İstanbul Formasyonu'na ait Kıraç Üyesi içindeki bir tuf blokundan (örnek NO.14.04) alınmıştır. NO.14.06 numaralı örnek bir sondajın 71 ila 64. metrelerinde yer alan 7m kalınlıktaki bir tuf seviyesinin üst kesiminden alınmıştır.

Zirkon ve rutil kristalleri standart mineral ayırma işlemleri (kıırma, öğütme, yıkama, eleme, manyetik separatör ve ağır sıvı ayırma işlemleri) uygulanarak İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineral Ayırma Laboratuvarında ayrılmış ve mikroskop altında bir cımbız yardımıyla toplanmıştır. Zirkon ve rutil kristallerinin kalıba alınma, katadolüminesans (CL) görüntüleme ve zirkon kristalleri üzerinde bütünlük U-Pb-Hf izotop analizleri Goethe Üniversitesi-Frankfurt (GUF), Yerbilimleri Enstitüsü Laboratuvarlarında, sırasıyla SEM, ThermoScientific Element 2 Sector Field ICP-MS ve Thermo-Finnigan NEPTUNE Multi-Collector ICP-MS kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bir örneğe ait rutil U-Pb izotop analizleri ise İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Jeokronoloji-Jeokimya Laboratuvarında NexIon 2000 LA-ICP-MS kullanılarak yapılmıştır.

## **3. BULGULAR**

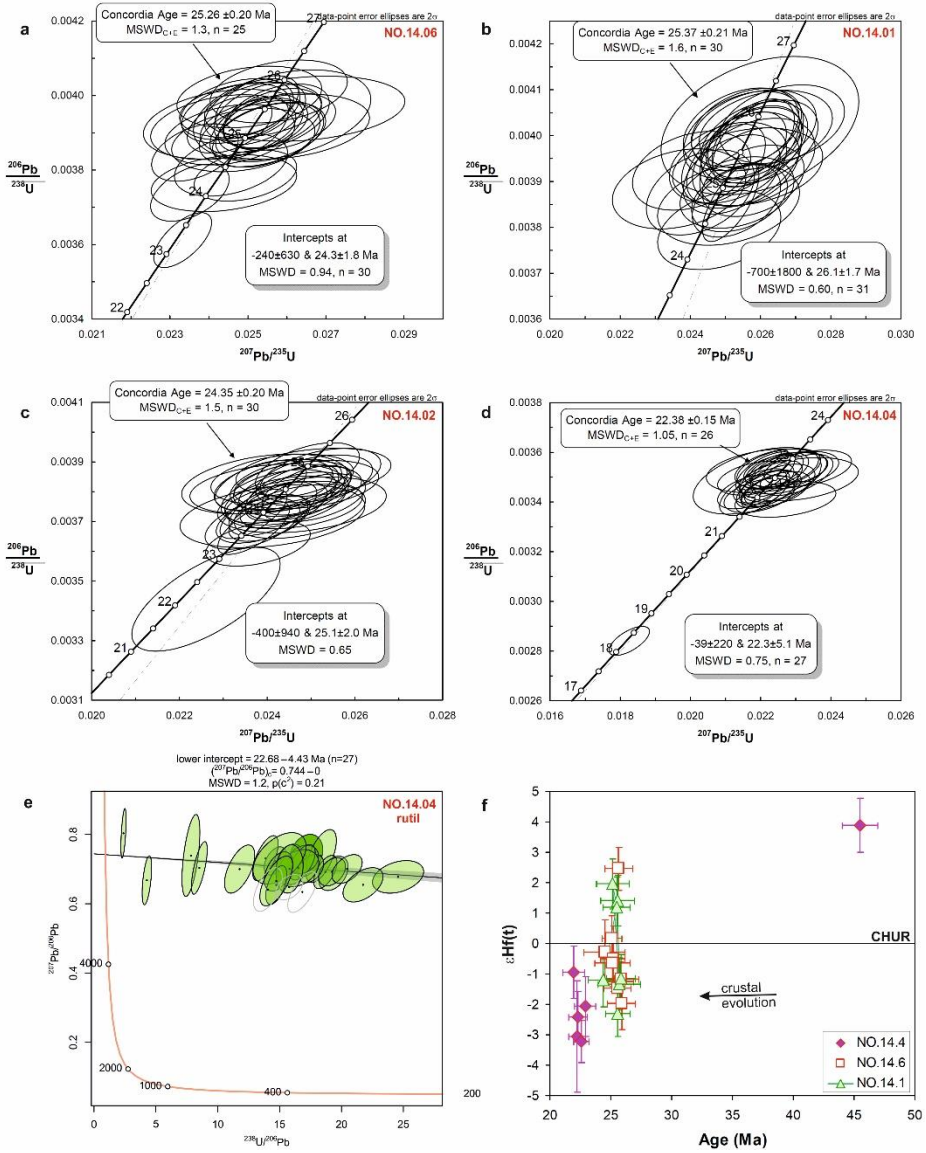
Tuf örneklerinden ayrılan zirkon kristalleri boy/en oranının büyük olduğu iğnemsi kristallerden kısa, küt, prizmatik kristallere kadar değişkenlik gösterir (Şek. 1). Zirkon kristalleri homojen içyapı sergiler ve hemen tamamında ritmik konsantrik zonlanma, sektör zonlanması ve paralel büyüme zonlanması gibi mağmatik kristalizasyona işaret eden zonlanmalar bulunur. Zirkonların Th/U oranları da  $>0.2$  olup CL desenleriyle uyumlu olacak şekilde mağmatik kökenli olduklarına işaret eder.

Gürpınar Üyesi'ne ait NO.14.06 numaralı örnek  $25.26 \pm 0.2$  My, NO.14.01 numaralı örnek  $25.37 \pm 0.2$  My ve NO.14.02 numaralı örnek ise  $24.35 \pm 0.2$  My konkordiya yaşları vermiştir (Şek. 2a, b, c). Kıraç Üyesi içindeki tuf blokundan alınan NO.14.04 numaralı örnek ise  $22.38 \pm 0.15$  My konkordiya yaşı vermiştir (Şek. 2d). Aynı tuf blokundan ayıklanan rutil kristalleri ise zirkon yaşı ile örtüşen  $22.68 \pm 4.43$  My U-Pb Diskordiya yaşı vermiştir (Şek. 2e).



**Şekil 1:** Analiz edilen tuf örneklerinde yaşlandırılan temsili zirkonların katodoluminesans görüntüleri. Kırmızı daireler analiz edilen noktaları, daireler içindeki rakamlar ise analiz numarasını gösterir. Elde edilen yaşlar hata payları ile birlikte milyon yıl cinsinden gösterilmiş olup  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  yaşlarına karşılık gelmektedir.

Gürpınar ve Çantaköy Tuf Üyelerinden alınan örneklerin  $\epsilon\text{Hf}(t)$  değerleri -2.3 ila +2.5 arasında, Hf model yaşları da 0.88-0.66 Ga arasında değişir. Kıraç Üyesi'ndeki tuf blokundan alınan örneğin  $\epsilon\text{Hf}(t)$  değerleri -3.2 ila -0.9 arasında, bu değerlere karşılık gelen TDM model yaşları ise 0.94 ila 0.82 Ga arasında değişir (Şek. 2f).



Şekil 2: Yaşlandırılan tüflerin konkordiya diyagramları. a) NO.14.06-Gürpınar Üyesi, b) NO.14.01-Çantaköy Tüf Üyesi, c) NO.14.02-Gürpınar Üyesi, d) NO.14.04-Kıraç Üyesi içindeki tüf bloku, e) NO.14.04 numaralı örneğe ait rutillerden elde edilen diskordiya yaşı, f) Üç tüf örneğine ait Yaş- $\epsilon Hf(t)$  diyagramı. Barlar hata paylarını göstermektedir. Kabuk evrim trendi bir ok ile gösterilmiştir. CHUR: Kondritik Rezervuar.

#### **4. TARTIŞMA VE SONUÇ**

Bu çalışmada elde edilen bulgular inceleme alanındaki felsik volkanizmanın 25.37 ila 22.38 My (Geç Oligosen-Erken Miyosen) zaman aralığında oluştuğunu ve Büyükçekmece-Beylikdüzü çevresinde Çantaköy Tüf Üyesi olarak haritalanan tüflerin de bu Üyenin tip lokalitesindeki tüflerden [4] 2 My daha genç bir volkanizma ürünü olduğunu göstermiştir. Kıraç Üyesi'nin maksimum çökeltme yaşı 22.38 My (Alt Miyosen-Akitaniyen) olarak belirlenmiştir. Lu-Hf izotop analizleri inceleme alanındaki Geç Oligosen-Erken Miyosen volkanizmasının manto kökenli ergiyiklerin Neoproterozoyik yaşlı bir kabuk ile değişen oranlarda karışımından oluşmuş hibrid bir magma olduğunu göstermiştir. Bu volkanizmanın oluşumu Sakarya Zonu'ndaki Oligo-Miyosen magmatizması için önerilmiş modellerde [5, 6] olduğu gibi Helen hendeğinin geri çekilmesi ve kuzey alanlardaki delaminasyon süreçleri ile ilişkilendirilmiştir.

İnceleme alanındaki tüflere kaynaklık eden volkanların yerinin günümüzdeki Marmara Denizi olması güçlü bir olasılıktır. Bölgede yapılan önceki incelemelerde [7, 1] Kıraç Üyesi'ni oluşturan kaba kırıntılıların Marmara Denizi'nin bulunduğu bölgedeki bir yükseltiden ve eteğindeki pediment sahasından kuzeye, Karadenize doğru akan akarsu sistemi ile taşındığını göstermiştir. Kıraç Üyesi içinde hem ofiyolitik kaya blok ve çakıllarının olması (serpantin, gabro, radyolarit) hem de silisleşmiş ağaç parçalarının bulunması bu görüşü desteklemektedir. Silisleşmiş ağaç parçalarının varlığı Marmara Denizi'nin bulunduğu bölgedeki yükselim alanının bir orman ile kaplı olduğunu, Geç Oligosen-Erken Miyosen volkanizması sonucu bu ormanın tüfler ile örtülüp, yeraltı sularının da etkisiyle yerinde silisleştiğine ve daha sonra akarsular ile kuzeye doğru taşındığına işaret etmektedir [8].

#### **TEŞEKKÜR**

Çalışmanın tüm aşamalarında sağladıkları yardım, destek ve katkılarından dolayı Necdet Özgül ve Esen Arpat'a içtenlikle teşekkür ederiz.

#### **KAYNAKLAR**

1. Özgül, N (2011) İstanbul İl Alanının Jeolojisi: İstanbul Büyükşehir Belediyesi yayını, 305s.
2. TUBİTAK MAM YDBE 2014. Beylikdüzü-Büyükçekmece İlçelerindeki Muhtelif Heyelan Sahalarının Araştırılması, İncelenmesi ve İzlenmesi Kapsamında Bilimsel ve Teknik İşbirliği Protokolü (5097701), Proje 1. Ara Raporu.
3. Okay, A.I, Özcan, E., Siyako, M., Bürkan, K.A, Kylander-Clark, A.R.C., Bidgood, M.D., Shaw, D., Simmons, M.D., 2023. Thrace Basin—An Oligocene Clastic Basin Formed During the Exhumation of the Rhodope Complex. *Tectonics*, 42, e2023TC007766.

4. Okay, A.I., Özcan, E., Hakyemez, A., Siyako, M., Sunal, G., Kylander-Clark, A.R.C. 2019. The Thrace Basin and the Black Sea: the Eocene–Oligocene marine connection. *Geological Magazine*, 156 (1), 39-61.
5. Aysal, N. 2015. Mineral chemistry, crystallization conditions and geodynamic implications of the Oligo–Miocene granitoids in the Biga Peninsula, Northwest Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 68-84.
6. Altunkaynak, Ş., Dilek, Y., Genç, C.Ş., Sunal, G., Gertisser, R., Furnes, H., Foland, K.A., Yang, J. 2012. Spatial, temporal and geochemical evolution of Oligo–Miocene granitoid magmatism in western Anatolia, Turkey. *Gondwana Research*, 961-986.
7. Arpat, E. ve Şentürk K. (2000) Marmara Denizi'nin Gelişimi. Marmara Denizi 2000 Sempozyumu, Türkiye Deniz Araştırmaları Vakfı. Yayın No 5 s.231-237.
8. Arpat, E. 2007. İstanbul Yöresindeki Taşlaşmış Fosil Ağaçlar Hakkında, Cumhuriyet Bilim-Teknik Eki, 16.7.2007.

## **Batı Karadeniz (Sarıyer-Şile) Bölgesinin Sıkışma Tektoniğinin Araştırılması**

### *Investigation of Compressional Tectonism of Western Black Sea (Sarıyer-Şile)*

**Levent Kuş, Tonguç Uysal, Davut Laçın**

*Jeoloji Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa,  
Büyüçekmece Kampüsü, Büyüçekmece, 34500 İstanbul.  
(lvntkus.lk@gmail.com)*

**Öz:** Karadeniz'in tektonik ve jeolojik yapısı üzerine olan araştırmalar uzun zamandan beri sürse de bölgenin evrimine ait belirsizlikler halen devam etmektedir. Örneğin, Karadeniz'in açılma veya sıkışma rejimi altında mı olduğu, Karadeniz kıyıları boyunca ne tür bir tektonik rejimin egemen oluşu ve kıyıları boyunca yer alan fayların geçmişten günümüze aktif olup olmadığı konularında tartışmalar sürmektedir. Çalışma alanımız içerisinde bu faylar, hem Paleozoyik ila Paleojen birimlerini hem de daha üstteki Pliosen birimlerini kesmektedir. Bu fayların evrimini araştırmak ve onları jeokronolojik yöntemlerle yaşlandırmak hem bölgenin geçmişini hem de yakın dönem olası aktif tektoniğini anlamamıza ışık tutacaktır. Bu tektonizmanın günümüzdeki boyutlarını ele alan çalışma kapsamında, gözlemlenen faylardan sin-tektonik illit içeren fay kili ve kalsit numuneleri alınmış, bu numunelere K-Ar (illit) ve U-Pb (kalsit) yaş tayini yapılmış; Karadeniz'in hala devam eden bir açılmaya mı sahip olduğu yada bazı çalışmalarda yer aldığı üzere açılma rejiminin sona erip sıkışma rejimine dönüldüğü konusunda veriler elde edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen yaş verileri, Şile bölgesi civarında Eosen, Sarıyer bölgesinde ise Pliyosen yaşlarını vermiştir. Bu sayede bölgenin tektoniği ile ilgili bazı çıkarımlar yapılmıştır. İllit içeren fay kili numuneleri de benzer yöntemle sahadan alınmış, yaş verileri beklenmektedir. Bu çalışmayla literatüre güncel veri sağlanmış ve bölgenin tektoniği daha anlaşılır hale gelmiştir.

*Anahtar Kelimeler:* Karadeniz, fault gouge, sıkışma tektoniği, jeokronoloji, kalsit.

**Abstract:** Although research on the tectonic and geological structure of the Black Sea has been ongoing for a long time, uncertainties regarding the region's evolution persist. Debates continue about whether the Black Sea is under an extension or compression regime, what type of tectonic regime prevails along the Black Sea coast, and the past-to-present activity of faults along its shores. Within our study area, these faults cut through Paleozoic to Paleogene and Pliocene units higher up in the stratigraphy. Investigating the evolution of these faults and dating them using geochronological methods will shed light on the region's history and potential recent active tectonics. In the scope of the study addressing the dimensions of this tectonism today, samples of syn-tectonic illite-bearing fault clay and calcite were collected from observed faults. These samples underwent age determination through K-Ar

(illite) and U-Pb (calcite) dating methods. It was attempted to obtain data on whether the Black Sea is still undergoing extension or, as suggested in some studies, whether the extension regime has ended and a compression regime has resumed. The data provided Eocene-age results for the Şile region and relatively young Pliocene-age results for the Sarıyer region. This allowed for some inferences to be made regarding the region's tectonics. Illite-containing fault gouge samples were also collected from the field using a similar method, and age data are pending. This study provided up-to-date data to the literature, and the regional tectonics became more comprehensible.

*Key Words:* Black Sea, fault gouge, compressional tectonism, geochronology, calcite.

## **1.GİRİŞ**

Çalışma alanı, batıda Sarıyer ve civarı, güneyde Ömerli barajı hizasından, Kuzeyde Karadeniz ve doğuda Şile merkezi ile sınırlanmış bir alandır. Bu alanda İstanbul Zonu'na has bir stratigrafi gözlenir [1]. Çalışma alanında gözlemlenen Sarıyer-Şile bindirmesi, İstanbul Paleozooyiği [2] ile İstanbul ilinin kuzeyinde bulunan Kretase volkanikleri [3] arasındaki sınırı da oluşturmaktadır. Şile merkezinin güneybatısında kalan bir lokasyonda Meşetepe formasyonu [4] ve sahadaki Pliyosen çökellerini [5] neredeyse dikine kesen çamur daykları (fault gouge-injection) içerisinde kil numuneleri alınmıştır. Üst Oligosen-alt Miyosen yaşlı bu formasyonun yer aldığı, açık ocak madencilik işletmesi yapılan bu alanda Neojen çökel istifi [5] oldukça net görünmektedir. Neojen çökelleri altında Kretase volkaniklerinin [3] varlığına işaret eden hidrotermal alterasyona uğramış andezit [5] içerisinde de numune alınmıştır.

Sarıyer-Şile bindirmesi ile kuzeydeki Kretase volkaniklerinden [3] ayrılan İstanbul Paleozooyiği [2] içerisinde yer alan dört farklı lokasyondan kalsit numuneleri alınmıştır. İlk lokasyonu teşkil eden Ahmetli/Şile bölgesinde, Üst Kampaniyen-Selandiyen yaşlı Akveren formasyonu [6] içerisinde gözlemlenen fay yüzeylerinden kalsit numuneleri alınmıştır. Lokasyonda yer alan faylanmalar ters fay niteliğinde olup güneydeki Paleozoyik ve Mesozoyik birimleri (volkanik olmayan) kuzeydeki Kretase volkaniklerinin üzerine itilmiştir. Diğer bir lokasyon olan Üvezli/Şile lokasyonunda Ordovisiyen yaşlı Kurtköy Formasyonu'nda [7] yer alan açık ocak işletmesi içerisinde belirli aralıklarla gelişmiş olan ters fayların yüzeylerinde gelişen fay çizikli kalsitler örneklenmiştir. Bu alanda faylar çoğunlukla KD-GB doğrultulu olup GD eğimlidirler. Şile bölgesinin güneybatısında, Ömerli barajının hemen batısında baraj içine dökülen Çayağzı deresi yanında Silüryen yaşlı İstinye Formasyonu'nu [8] ait masif kireçtaşlarını kesen kalsit damarlarından örnek alınmıştır. Son olarak Avrupa yakasındaki Altındağ/Sarıyer bölgesinde Gözdağ Formasyonu'na ait şeyl, kumtaşı, kireçtaşı içeren birimi kesen ince bir kalsit damarından örnek alınmıştır.



## **2.YÖNTEM**

Kayaçlar içerisinde gözenek suyu olarak dolaşan sıvılar faylanma sırasında mobilize olur ve sıvıların potasyum içermesi durumunda illit minerali veya kireçtaşının ana kayayı temsil ettiği ortamlarda kalsit minerali fay yüzeyi boyunca ötijenik olarak çökeler. Böylesi ötijenik mineraller fayların yaşının saptanmasına olanak sağlar.

Bu çalışma sırasında inceleme alanındaki fay yüzeylerinden alınan illit içeren kil (fault gouge) numunelerinden K-Ar yöntemi ile, kalsit numunelerinden ise U-Pb yöntemi ile yaşlandırma yapılmıştır. Faylanma evrelerini anlamak ve doğru mineralden yaş tayini yaptığımızı teyit etmek amacı ile alınan numunelerin öncelikle ince kesitler oluşturulmuş ve mikroskop çalışmaları yapılmıştır. Bunun yanında minerallerin ötijenik veya detritik olduğunu ayırt etmek için taramalı elektron mikroskopu ve X ışını difraktometresi kullanılmıştır.

Kalsit numunesi içeren dört farklı lokasyon; Üvezli (UV numuneleri), Ahmetli (KLS numuneleri), Çayağzı Deresi (CYZ) ve Altındağ (ALT numunesi) dir. Sahadan alınan numuneler laboratuvarında küçültülerek saf kısımları elde edilmiştir. 1 inç çapındaki plastik halkalar içerisine yerleştirilerek içerisine epoksi dökülmüş ve kuruması sağlandıktan sonra gerekli solüsyonlar ile makinede parlatma işlemleri yapılarak yaş tayini için hazır hale getirilmişlerdir. Analizde, iyon sayıcılarla donatılmış lazer ablasyon çoklu toplayıcı indüktif eşleşmeli plazma kütle spektrometrisi (LA-MC-ICPMS) cihazı kullanılarak yerinde U-Pb izotopik analiz ile bu karbonatların tarihlendirilmesi sağlanmıştır. Bu yöntem, mm-altı ölçeğinde yüksek U/Pb oranlı bölgeleri belirleyerek, yüksek uzamsal çözünürlük (yaklaşık 100 mm'den az) ve düşük tespit limiti (yaklaşık 1 ppb Pb) sağlamaktadır. Çalışma alanından alınan numuneler için yapılmış olan bu teknikler sonrasında numuneler, yaş tayini yapılmak üzere Avustralya'ya gönderilmiştir.

## **3.BULGULAR**

Yaş verilerine göre kalsit numunesi alınan Ahmetli/Şile lokasyonundaki yaşlar erken Eosen ( $51.2 \pm 2.3$  My,  $51.3 \pm 3.0$  My ve  $40 \pm 20$  My) olarak belirlenmiştir. Üvezli/Şile lokasyonundan alınan yaş verileri ise orta Eosen ( $42.2 \pm 9.7$  My) olarak, Çayağzı deresi/Ömerli lokasyonundan alınan yaş verisi büyük bir hata payı ile Kretase ve erken Oligosen ( $75.0 \pm 42.0$  My) ve son olarak Altındağ/Sarıyer lokasyonundan alınan yaş verisi ise Pliyosen veya Kuvaterner ( $1.2 \pm 1.3$ ) olarak elde edilmiştir.

## **4.TARTIŞMA**

Tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde bölgenin tektonik evrimine ait bazı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bölgede yapılmış önceki çalışmalar [9-14] ve tüm Karadeniz'in tektonik evrimini [15-20] göz önüne alındığında elde edilen yaş verileri genel anlamda tutarlılık göstermektedir. Literatürde belirtildiği gibi İstanbul Zonu Moesia platformundan kopup güneye doğru göç ederek hem Batı Karadeniz havzasını açmış, hem de güneydeki İç-Pontid okyanusunun Eosen döneminde kapanmasına neden olmuştur. Ahmetli ve Üvezli (Şile) lokasyonlarındaki ters

faaylardan alınan Eosen kalsit yaşları bu dönemde bölgenin bir sıkışma rejimi altında olduğu görüşünü desteklemektedir. Kampaniyen yaşlı Akveren Formasyonu'na [6] ait kireçtaşlarında gözlemlenen ters fay yüzeylerinden alınan kalsit numunelerinin yaşlarının Orta Eosen çıkması da bu bölgenin Eosen sonuna kadar sıkışma etkisi altında kaldığının kanıtıdır. Aynı şekilde Üvezli lokasyonunda Ordovisiyen yaşlı Kurtköy formasyonu [7] içerisindeki ters faylardan elde edilen yaş verisinin de bunu destekler nitelikte olduğu açıktır.

Kil numunelerinin alındığı Pliyosen çökellerinde ters faylanma sebebi ile oluştuğu gözlemlenen injection yapıları genç bir tektonizmaya işaret eder.

## **5.SONUÇLAR**

Bu çalışma sırasında Batı Karadeniz Havzası'nın riftleşmesine dair somut bir kanıt elde edilmemiştir. Elde edilen Eosen yaş bulguları, İç Pontid Okyanusunun kapanması süreci ile ilişkilendirilmiştir. Pliyosen çökellerini kesen oblik ters fayların ise Kuzey Anadolu Fayı'nın inceleme alanında yarattığı stres rejiminin etkisiyle geliştiği düşünülmektedir.

## **KAYNAKLAR**

1. Kaya-Özer, C., 2009. Bartın-Kurucaşile yöresi Geç Kretase birimleri planktonik foraminifer ve nannoplankton biyostratigrafisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yayımlanmamış).
2. Okay, A., 1989, Tectonic Units and Sutures In the Pontides, Northern Turkey. P. 1-8.
3. Yenişol, M., Ercan, T., (1990) İstanbul Kuzeyinin Jeolojisi, Üst Kretase Volkanizmasının Petrokimyasal Özellikleri ve Pontid'lerdeki Bölgesel Yayılımı. İstanbul Üniv. Mğh. Fak. Dergisi, C. 7, S. 1-2, SS. 125-147, Y. 1989/1990.
4. Gedik, İ., Pehlivan, Ş., Timur, E., Duru, M., Altun, İ., Akbaş, B., Özcan, İ., ve Alan, İ. 2004. Kocaeli Yarımadasının Jeolejisi. MTA Raporu. Ankara.
5. Özdamar, S. (1998) Clay mineralogy of underclays in the Şile region, İstanbul, Türkiye. MSc thesis, Istanbul Technical University, 117 pp.
6. Görür, N., Okay, A. I., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Akkök, R. 1995. İstanbul-Zonguldak Paleozoyik istifinin paleocoğrafik ve tektonik konumu. M.N Yalçın ve G. Gürdal (eds.) TUBİTAK, MAM, Özel Yayını, 27-43. Zonguldak Havzası Araştırma Kuyuları-1: Kozlu K20/G.
7. Gedik,İ., ve Önal M., 2002, Çamdağ (Sakarya ili) Paleozoyik Stratigrafisine ait yeni gözlemler: Yerbilimleri Derg. İ.Ü., 14,1-2,61-76.
8. Kaya, O. 1973. The Devonian and Lower Corboniferous stratigraphy of the İstinye, Bostancı and Büyükkada subareas (Paleozoic of Istanbul: Ed. O. Kaya). Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, No.40, ss.1-36, İzmir.
9. Önal M.K., Demirbağ E., 2019. Batı Karadeniz Havzası'nın Güney Bölümünde Akçakoca-Cide Açıklarında Sıkışmalı Tektonik Rejime Ait Yeni Bulgular.

10. Natal'ın, B., Say, G., A., 2015. Eocene–Oligocene stratigraphy and structural history of the Karaburun area, southwestern Black Sea coast, Turkey: transition from extension to compression. *Geol. Mag.* 152 (6), 2015, pp. 1104–1122.
11. Sancar, K., A., 1999. Türkiye'nin Karadeniz Kıyılarının Sismotektonik Değerlendirilmesi. İ.Ü Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi.
12. Akbayram, K., Okay, I., A., Satır, M., 2012. Early Cretaceous closure of the Intra-Pontide Ocean in western Pontides (northwestern Turkey). *Journal of Geodynamics* 65 (2013) 38– 55.
13. Banks, J., C., Robinson, G., A., 1997. Mesozoic Strike Slip Back-Arc Basins of the Western Black Sea Region, in Robinson, G., A., ed., *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region: AAPG Memoir* 68, p. 53-62.
14. Dinu C, Tambrea D, Raileanu A (2003) Transition from extensional to compressional structures in the Upper Miocene Shally deposits, Western Black Sea. In: AAPG International Conference, Barcelona.
15. Hippolyte, C.,J., Murovskaya A., Volfman, Y., Yegorova, T. Gintov, O., Kaymakci, N., Sangu, E., 2018. Age and geodynamic evolution of the Black Sea Basin: Tectonic evidences of rifting in Crimea.
16. Maden, N., Elmas, A., 2022. Major tectonic features and geodynamic setting of the Black Sea Basin: Evidence from satellite-derived gravity, heat flow, and seismological data. *Tectonophysics* 824 (2022) 229207.
17. Munteanu, I., L. Matenco, C. Dinu, and S. Cloetingh (2011), Kinematics of back - arc inversion of the Western Black Sea Basin. *Tectonics*, 30, TC5004, doi:10.1029/2011TC002865.
18. Okay, A.I., Şengör, A.M.C., Görür, N., 1994. Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions. *Geology* 22, 267–270.
19. Robinson, G., A., 1997. Introduction; Tectonic Elements of the Black Sea Region, in A.G. Robinson, ed., *Regional and Petroleum Geology of The Black Sealand Surrounding Region: AAPG* 68, p. 1-6.
20. Tüysüz, O., Yılmaz, Ö., İ., Svabenicka, L., Kirci, S., 2012. The Unaz Formation: A Key Unit in the Western Black Sea Region, N Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.)*, Vol. 21, 2012, pp. 1009–1028.



## **DOĞAL YAPI MALZEMELERİ VE KAYNAKLAR**



## **Akıllı Şehirler ve Agregat Kaynak Yönetimi**

### *Smart Cities and Aggregate Resource Management*

**Atiye Tuğrul**

*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul  
tugrulatiye@gmail.com ; tugrul@iuc.edu.tr*

**Öz:** Dünyada sudan sonra en fazla tüketilen doğal kaynak agregatdır. İnşaat sektörünün temel hammaddelerinden biri olan agregatlar, binaların, yolların, köprülerin ve birçok altyapı projesinin inşasında kullanılan vazgeçilmez bir malzemedir. Agregatlar, beton ve yol (bitümlü sıcak karışım, dolgu) üretiminden, temel inşaatlarına kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Agregat işletmeleri buldukları bölge ve çevreleri için üretim yapan önemli bir endüstridir. Özellikle büyükşehirlerde agreganın önemi çok daha fazla anlaşılmaktadır. Agregatlar, üretimleri ve naklieleri ile ilgili çevresel ve sosyal baskılara rağmen temel ve vazgeçilmez bir inşaat hammaddesi olarak önemini sürdürmektedir.

Akıllı şehirler, agregat üretimi ve kullanımı gibi inşaat sektörüne bağlı unsurlarla etkileşime girdiğinde, sürdürülebilirlik, çevresel koruma, verimlilik, dijitalleşme, ulaşım yönetimi ve yerel ekonomiye katkı gibi birçok avantaj elde edilebilir. Akıllı şehir yaklaşımları, agregat üretimi ve kullanımının daha akıllıca ve çevre dostu bir şekilde yapılmasına katkı sağlayabilir. Bu hem inşaat sektörünün ihtiyaçlarını karşılamak hem de şehirlerin sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemek için önemlidir. Özetle, akıllı şehirler, teknoloji ve veri odaklı çözümler aracılığıyla kentsel yaşamı geliştirmeyi amaçlarken, agregat üretimi, kentsel gelişim için hayati öneme sahip inşaat malzemelerinin çıkartılması ve kullanılmasını içerir. Bu iki hususu dengelemek, geleceğin sürdürülebilir, verimli ve dayanıklı şehirlerini yaratmak için önemlidir.

*Anahtar Kelimeler: Akıllı Şehirler, Agregat Kaynak Yönetimi, Yeni Stratejiler*

**Abstract:** After water, aggregate is the most consumed natural resource in the world. Aggregate, one of the basic raw materials of the construction industry, is an indispensable material used in constructing buildings, roads, bridges, and many infrastructure projects. Aggregates are used in many areas, from concrete and road (bituminous hot mix, filling) production to foundation construction. Aggregate enterprises are an important industry that produces for the region and their surroundings. Especially in metropolises, the importance of aggregates is understood much more. Despite the environmental and social pressures associated with their production and transport, aggregates continue to be an essential and indispensable construction raw material. When smart cities interact with elements connected to the construction sector, such as aggregate production and use, many advantages, such as sustainability, environmental protection, efficiency, digitalization, transportation management, and contribution to the local economy, can be achieved. Smart city approaches can contribute to smarter and more environmentally friendly aggregate

production and utilization. This is important both to meet the needs of the construction industry and to support the sustainability goals of cities.

In summary, smart cities aim to enhance urban living through technology and data-driven solutions, while aggregate production involves the extraction and utilization of construction materials vital for urban development. Balancing these two elements is essential for creating sustainable, efficient, and resilient cities of the future.

*Keywords: Smart Cities, Aggregate Production, Istanbul, New Strategies*

## **1.GİRİŞ**

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığı tarafından hazırlanan, 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı'nda, Akıllı Şehir kavramı "Paydaşlar arası iş birliği ile hayata geçirilen, yeni teknolojileri ve yenilikçi yaklaşımları kullanan, veri ve uzmanlığa dayalı olarak gerekçelendirilen ve gelecekteki problem ve ihtiyaçları öngörerek hayata değer katan çözümler üreten daha yaşanabilir ve sürdürülebilir şehirler" olarak tanımlanmıştır (ÇSB, 2019) [14,15]. Akıllı şehirler, altyapı, enerji, ulaşım, çevre yönetimi ve kamu hizmetlerinde bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT) kullanılmasıyla daha etkili hale gelirler. Akıllı şehirlerin, çevre dostu teknolojileri benimsemesi ve sürdürülebilir kalkınma amaçları ile uyumlu olması insani kalkınma, kirlilik ve iklim değişikliğine uyum, biyoçeşitlilik, dögüsel ekonomi, doğal afetlere hazırlık ve enerji tüketimi gibi çeşitli kalkınma sorunlarının ele alınmasına yardımcı olabilir [1,2]. Böylece kentsel yaşam daha verimli, sürdürülebilir ve yaşanabilir hale gelir [14,15].

Akıllı şehirlerin ve agrega üretiminin kesişimi, kentsel gelişimde bu kaynakların sürdürülebilir planlanmasını, yönetimini ve kullanımını içerir [5-13]. Akıllı şehirler, veri ve teknolojiyi kullanarak agrega kullanımını optimize etmek, atığı azaltmak ve sürdürülebilir inşaat uygulamalarını teşvik etmek için verilere ve teknolojiye dayalı çözümler sunabilir. Bu, genel kentsel sürdürülebilirlik ve dayanıklılığa katkıda bulunulması açısından önem arz etmektedir.

## **2.AKILLI ŞEHİRLERİN AGREGA ÜRETİMİ İLE İLİŞKİSİ**

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA), Birleşmiş Milletler tarafından 2015 yılında kabul edilen ve dünya genelinde sürdürülebilir kalkınmanın ana hedeflerini belirleyen bir dizi küresel hedefdir [16-18]. Bu amaçlardan agrega endüstrisi ile ilgili olanlardan bazıları, ekonomik büyüme, endüstriyel yenilik, sürdürülebilir şehirler ve yerleşimler, iklim eylemi, su ve karasal ekosistemin korunması gibi hedeflerdir.

Önümüzdeki 10 yıl içinde şehirlerin büyümesi yüzde 95 oranında gelişmekte olan ülkelerde gerçekleşecektir. Bu şehirlerin ve insan yerleşimlerinin kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir kılınması Birleşmiş Milletler Kalkınma Programının hedeflerinden biridir [16-18]. Agrega sektörü; konut, eğitim, sağlık, temizlik, enerji, kültürel mirasın korunması için agrega sağlayarak, Birleşmiş Milletler'in sürdürülebilir kalkınma hedeflerine günlük olarak katkıda bulunmaktadır. Yerel



düzeyde, inşaat projeleri için hammadde, istihdam ve milli ekonomiye katkı da sağlar. Kırsal alanlarda nüfus azalmasının stratejik bir zorluk olduğu birçok ülke için, agrega sektörü istihdam ve ekonomik gelişme sağlayan önemli bir oyuncudur.

Günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık yarısı şehirlerde yaşamaktadır. Gelecekte bu sayı daha da artacaktır. Şehirler birçok insanın geleceği olacaktır. İnsanlığın karşı karşıya olduğu yoksulluk, iklim değişikliği, sağlık hizmetleri, eğitim gibi devasa sorunlara şehirlerde çare bulunması gerekmektedir. Bu amaçla, Şehirlerin daha güçlü planlanması ve inşa edilmesi gerekmektedir [16-18]. Afetler karşısında can ve mal kaybı ancak bu şekilde önlenebilir. Bu noktada da agrega sektörü çok önem arz etmektedir.

Akıllı şehirler, teknoloji ve veri kullanımını artırarak şehirlerin daha sürdürülebilir ve verimli hale gelmesini amaçlayan bir kavramdır. Bu şehirler, sürdürülebilir kalkınma amaçlarını gerçekleştirme yardımcı olur.

Agrega üretimi, Birleşmiş Milletler sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin birçoğuna (Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları 8, 9, 11,12,13 ve 17) ulaşma açısından önemlidir [16-18]. Zira, inşaat sektörü ve altyapı geliştirme gibi alanlarda önemli bir rol oynar.

Agrega endüstrisi, yatırım, alt yapı planlaması ve kullanımı, işgücü temini ve eğitimi, finansman, enerji, çevresel etkilerin kontrolü, atık yönetimi ve denetim ihtiyacı nedeniyle organize olmayı gerektiren, istihdam yaratıcı çok önemli bir sanayi alanıdır [6,7]. Agrega üretimi ve kullanımı sürdürülebilirlik açısından aşağıdaki yollarla ele alınabilir:

**İnşaat ve Alt Yapı Projeleri:** Akıllı şehirler, yeni altyapı projeleri ve inşaat işleri gerektirebilir [2]. Bu projelerin birçoğunda agrega kullanımı gereklidir.

**Sürdürülebilirlik ve Çevre Koruma:** Akıllı şehirlerde, çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri önemlidir. Sürdürülebilir agrega üretimi, enerji tüketimini azaltma, atığı en aza indirgeme ve çevresel etkileri hafifletmek için geri dönüşüm malzemelerini kullanıma odaklanır [3,4]. Akıllı şehirler, agrega üretimini ve nakliyesini çevre dostu yöntemlerle yapmayı teşvik edebilir. Ayrıca, geri dönüşüm ve alternatif malzemelerin kullanımını teşvik ederek çevre koruma hedeflerini destekleyebilirler.

**Temiz Enerji ve İklim Eylemi:** Türkiye'nin 2053 yılına kadar hedeflediği iklim nötrlüğüne daha fazla katkıda bulunabilmek için, yapıların yenilenmesinde modern tasarım ve sürdürülebilir malzeme kullanımı ön plana çıkacaktır. Agregalar, sürdürülebilir ve yeşil ulaşım alt yapısı ve yüksek enerji verimli binalar için yeni yapıların inşası veya mevcut yapıların yenilenmesi için anahtar rolündedir. Akıllı şehirler, agrega üretiminde enerji verimliliğini artırmayı ve temiz enerji kaynaklarını kullanarak karbon ayak izini azaltmayı teşvik eder. Akıllı enerji yönetimi ve enerji tüketimini izleme, şehirlerin iklim değişikliği ile mücadelesine katkı sağlar.

**Akıllı İnşaat ve İzleme:** Akıllı şehirler, inşaat projelerini daha verimli ve izlenebilir hale getirebilirler. Agreganın üretimi ve kullanımıyla ilgili veri toplama ve izleme teknolojileri, kaynakların daha etkili kullanılmasına ve çevresel etkilerin azaltılmasına yardımcı olabilir.

**Ulaşım ve Lojistik:** Agreganın sektöründe, kaynaklar kadar pazar erişimi de hayati öneme sahiptir. Agregaların çoğunluğu hacimli ve ağırdır, bu nedenle verimli bir şekilde taşınması zordur. Nakliye maliyeti üretim maliyetinin üzerine kolaylıkla geçebilir. Bu nedenle agreganın pazarı yerel olmaya eğilimlidir. Ticari olarak agreganın kaynaklarına sahip olmayan bölgelere malzemeler, kamyon, demiryolu, mavnaya veya gemi ile taşınır. Zorlu hava koşullarından kaynaklanan önemli gecikmeler veya nakliyeyi etkileyen artan maliyetler operasyonları somut olarak etkileyebilir [19]. Agreganın nakliyesi, şehir içi ulaşım ve trafik yönetimi ile de ilgilidir. Akıllı şehirler, taşıma ve lojistik operasyonlarını daha akıllıca yönetirler. Agreganın taşıma işlemleri de bu bağlamda optimize edilebilir, trafik sıkışıklığı ve taşıma maliyetleri azaltılabilir. Ayrıca, agregaların nakliyesi karbon emisyonlarına katkıda bulunabilir, lojistiği optimize etmek bu açıdan da oldukça önemlidir.

**Verimlilik:** Akıllı şehirler, inşaat projelerinin daha verimli bir şekilde yönetilmesini ve izlenmesini sağlar. Bu, agreganın üretimi ve taşınmasında da önemlidir. Daha iyi lojistik planlama ve taşıma rotalarının optimize edilmesi, zaman ve kaynakların tasarruflu kullanılmasına yardımcı olabilir.

**Dijital Altyapı ve Teknoloji Kullanımı:** Dijital altyapı ve teknoloji kullanımı, akıllı şehirlerin oluşturulmasında büyük bir öneme sahiptir. Bu şehirler, sorunsuz iletişim, veri toplama ve çeşitli hizmetleri etkili bir şekilde sunabilmek için yüksek hızlı internet, kablosuz ağlar ve veri merkezleri gibi güçlü dijital altyapıya yatırım yaparlar. Bu güçlü dijital altyapı, akıllı şehirlerin birçok yönünü iyileştirmeye yardımcı olur [1,2]. Özellikle enerji, su, ulaşım ve çevre gibi alanlarda teknoloji kullanımını teşvik eder. Akıllı şehirlerde agreganın üretimi süreçlerinde teknolojinin kullanılması, kaynakların daha sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine yardımcı olabilir. Uzaktan izleme sistemleri sayesinde çevresel etkiler sürekli olarak takip edilir ve gerekli önlemler hızla alınabilir.

**Yönetişim:** Veri tabanlı karar verme süreçlerini kullanarak yönetişimi geliştirmek ve kamu hizmetlerini iyileştirmek için veriler kullanılır [2]. Bu da daha iyi kentsel planlama ile agreganın kaynak planlaması ve yönetimi anlamına gelir.

**Toplum Katılımı:** Akıllı şehirler, dijital platformlar aracılığıyla yöre sakinlerini karar alma süreçlerine dahil ederler ve kentsel gelişime aktif katılımı teşvik ederler. Böylece, yüksek tüketim miktarları, yüksek nakliye bedelleri nedeniyle şehir içinde veya yakınında işlenmek zorunda olan agreganın madenleri ile ilgili halk şikayetleri azaltılır.

Yerel Ekonomiye Katkı: Akıllı şehirler, yerel ekonomiyi güçlendirmek ve istihdamı artırmak için yerel kaynakların kullanımını teşvik eder. Agregatör üretimi, yerel madencilik sektörünü destekleyerek bölgeye ekonomik fayda sağlayabilir.

### **3.SONUÇ**

Akıllı şehircilik sayesinde doğal kaynaklar daha verimli kullanılabilir ve çevresel ayak izleri azaltılabilir. Bunun yanı sıra kaynakların kullanımı ile ilgili veriye dayalı karar verme mekanizmaları geliştirilebilir.

Akıllı şehirler, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına ulaşmada önemli bir rol oynayabilirler. Akıllı şehir yaklaşımları, agregatör üretimi ile ilgili çevresel, ekonomik ve sürdürülebilirlik konularını ele almak için güçlü bir potansiyele sahiptir. Bu yaklaşımlar, agregatör kaynak planlama ve yönetiminin daha akıllıca ve çevre dostu bir şekilde yapılmasına katkı sağlayabilir. Bu, hem inşaat sektörünün ihtiyaçlarını karşılamak hem de şehirlerin daha sürdürülebilir ve yaşanabilir hale gelmesini sağlamak için önemlidir.

### **KAYNAKLAR**

1. Kourtit, K. (2021), *Cities and Spatial Data in the New Urban World: A Data-Analytic Exploration*, *A Broad View of Regional Science*, Springer, Singapore (2021), pp. 91-110.
2. Li, F, Nucciarelli, A, Roden, S et al. (2016) How smart cities transform operations models: a new research agenda for operations management in the digital economy. *Production Planning and Control*, 27 (6). pp. 514-528. ISSN 0953-7287.
3. Marone, P., Tuğrul, A., Calcaterra, D., Capelletti, P. (2019), *Stone waste recycling and stone industry 4.0 at zero waste*, V. Uluslararası Taş Kongresi, İzmir, 27 Mart-30 Nisan 2019, pp.15.
4. Tost, M, Ammerer, G. (2022), *Sustainable Supply of Aggregates in Europe*, Montan Universitat Lobn and Mining Engineering Mineral Economics, Final report 12/2022, 123 p.
5. Tuğrul, A., (2011). *Aggregate production in İstanbul, sustainable aggregates resource management*, International Conference, pp. 123-129, 20-22 September 2011, Ljubljana, Slovenia.
6. Tuğrul, A. (2021). *Ülkemizde ve dünyada agregatör madenciliğinin güncel durumu ve yeni stratejiler*, 9. Uluslararası Kırmataş sempozyumu Bildiriler Kitabı, 9-12. 25-26 Kasım 2021, Antalya.
7. Tuğrul, A., 2018, *The State of Aggregates in the world today*, 34th International Geological Congress, Engineering Geology for a Sustainable World, San Francisco, United States of America, 15 - 23 September 2018, pp.1-10.
8. Tuğrul, A. (2014), *Sürdürülebilir agregatör üretimi*, *Yer Mühendisliği*, No.1, 34-37.

9. Tuğrul, A., Yılmaz, M., (2014). İstanbul için agrega kaynak planlaması ve sürdürülebilirliği, İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu 4, Genişletilmiş Bildiri Özetleri Kitabı, 15-19, 26-28 Aralık 2014 / İstanbul.
10. Tuğrul, A., Yılmaz, M., (2015). Agrega kaynaklarının sürdürülebilir kullanımında planlamanın önemi, 7. Ulusal Kırmataş Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 11-22, 5-6 Mart 2015 / İstanbul.
11. Tuğrul, A., Yılmaz, M., Hasdemir, S., Sönmez, İ., (2016). Sustainable management of aggregate resources in İstanbul, From: Eggers, M. J., Griffiths, J. S., Parry, S. & Culshaw, M. G. (eds) 2016. Developments in Engineering Geology. Geological Society, London. Geological Society Engineering Geology Special Publication, 27, 55–61.
12. Tuğrul, A., Yılmaz, M., (2017). Megakentler için Agrega Kaynak Planlamasının Önemi: İstanbul Örneği, IV. Uluslararası Taş Kongresi, İzmir, Türkiye, 20 - 25 Mart 2017, ss.108-109.
13. Zambak, C., Tuğrul, A., Topaloğlu, M., (2015). Maden Kanunu Gereğince, İstanbul'da Kısıtlama Getirilecek Maden Grupları ile İlgili Durum Değerlendirme Raporu, İstanbul Sanayi Odası, Çevre ve Enerji Şubesi için hazırlanmıştır.
14. <https://www.akillisehirler.gov.tr/basarili-ornekler/>
15. <https://akillisehirler.gov.tr/wp-content/uploads/EylemPlani.pdf>
16. <https://www.undp.org/>
17. <https://turkiye.un.org/tr/sdgs>
18. <https://www.kureselamaclar.org/>
19. <https://www.aggregates-europe.eu/>

## **İstanbul'un Kil ve Kum Hammaddelerinin Güncel ve Potansiyel Durumu**

### *Current and Potential Status of Clay and Sand Raw Material of İstanbul*

**Mustafa Erdoğan<sup>a</sup>, Fahri Esenli<sup>a</sup>, Turgut Öztaş<sup>b</sup>, Çağatay Kariptaş<sup>b</sup>,  
Özlem Yıldız Yüksekol<sup>c</sup>, Esra Fitoz<sup>c</sup>, Tarık Talay<sup>c</sup>, İsra Bostancıoğlu<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul*

<sup>b</sup> *GRM Bilişim, 34750, Ataşehir, İstanbul*

<sup>c</sup> *İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, 34140, Bakırköy, İstanbul  
(erdogan1@itu.edu.tr)*

**Öz:** İstanbul'da çok önemli kil ve kum yatakları bulunur. Çatalca Bölgesi'nde Eosen yaşlı formasyon içinden yüksek SiO<sub>2</sub> içerikli kuvars kumu üretimi yapılmaktadır ve cam, seramik, kimya, çimento, aşındırıcı sektörlerine verilmektedir. Miyosen yaşlı formasyondan ise başlıca inşaat kumu (beton agregası) üretilmektedir. Bölgeden yapılan yıllık kuvars kumu toplam üretimi muhtemelen 2,5 milyon ton mertebesinde. Eyüpsultan-Arnavutköy ile Şile-Beykoz Bölgeleri'nde, Oligosen-Miyosen yaşlı formasyonlar içindeki ocaklardan kum ve kil üretimi yapılmaktadır. Üretilen yüksek SiO<sub>2</sub> içerikli kuvars kumu döküm sektörüne ve belli özellikteki kum ise İstanbul'un her iki yakasındaki beton santrallerine verilmektedir. Bu bölgelerdeki kil yurt içi ve yurt dışı seramik sektörünün, Şile'deki döküm kumu entegre tesisleri ise ülkemiz döküm sektörünün ana girdilerini karşılamaktadır. Eyüpsultan-Arnavutköy Bölgesi'nden yılda 5 milyon ton üzerinde kum ve 1 milyon ton kadar kil üretimi gerçekleştirildiği; Şile-Beykoz Bölgesi'nden ise yılda 3-4 milyon ton kil ve 20 milyon ton üzerinde kum üretildiği ifade edilebilir. Silivri Bölgesi'nde Oligosen-Miyosen yaşlı formasyon içerisinden başlıca inşaat sektörüne yönelik kum (+ çakıl) üretimi yapılmaktadır. Bölgeden yapılan yıllık kum üretimi 10 milyon ton üzerindedir. Güncel durumda, İstanbul'da bir yılda 30 milyon ton üzerinde kum üretimi ve 4 milyon ton üzerinde kil üretimi yapılmaktadır. Acil durumlarda üretimin artırılması için rezerv sorunu olmadığı söylenebilir, ancak özellikle kum açısından zenginleştirme tesislerinin artırılması gerekecektir.

**Anahtar Kelimeler:** İstanbul, kil, kum.

**Abstract:** There are very important clay and sand deposits in İstanbul. In the Çatalca region, quartz sand with high SiO<sub>2</sub> content is produced from the Eocene aged formation and is supplied to the glass, ceramics, chemistry, cement and abrasive industries. Construction sand (concrete aggregate) is produced from the Miocene aged formation. The total annual production of quartz sand from the region is probably on the order of 2.5 million tons. Sand and clay are produced from quarries

in Oligocene-Miocene aged formations in Eyüpsultan-Arnautköy and Şile-Beykoz regions. The produced quartz sand with high SiO<sub>2</sub> content is given to the casting industry, and sand with certain properties is given to concrete plants on both sides of Istanbul. The clay in these regions meets the main inputs of the domestic and international ceramics industry, and the foundry sand integrated facilities in Şile meet the main inputs of our country's casting industry. More than 5 million tons of sand and 1 million tons of clay are produced annually from the Eyüpsultan-Arnautköy Region. It can be stated that 3-4 million tons of clay and over 20 million tons of sand are produced annually from the Şile-Beykoz Region. In the Silivri Region, sand (+ gravel) is produced from the Oligocene-Miocene aged formation, mainly for the construction industry. Annual sand production from the region is over 10 million tons. Currently, over 30 million tons of sand and over 4 million tons of clay are produced in Istanbul annually. It can be said that there is no reserve problem to increase production in emergency situations, but enrichment facilities, especially in terms of sand, will need to be increased.

*Key Words:* İstanbul, clay, sand.

## **1. GİRİŞ**

Bu çalışmada, “İstanbul’un deprem riskleri ve kırılğan yapı stoku nedeni ile kentsel dönüşüme yönelik inşaat hammadde (kum, çakıl, kil) ihtiyaç analizi ve sürdürülebilir hammadde tedarik yöntemlerinin yenilikçi yaklaşımlar ile araştırılması” projesi kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların bir kısmı ele alınmıştır. Adı geçen proje İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir.

İstanbul’da kil ve kum grubu maden türlerini kapsayan 79 adet maden ruhsatı bulunmaktadır [1, 2]. Sadece kil grubu ruhsatlar 18 adet, sadece kum grubu ruhsatlar 47 adettir. Hem kil hem de kum grubu maden türü içeren ruhsatlar ise 14 adettir. Ruhsatlarda adı geçen kil grubu maden türleri kil, bentonit, montmorillonit, karışım kili, çimento kili ve tuğla-kiremit kilidir, kum grubu maden türleri ise kum, kuvars kumu ve silis kumudur. Bu maden türleri bazı ruhsatlarda linyit, manganez ve alüminyum maden türleri ile birlikte. Ruhsatların ilçelere göre dağılımı Tablo 1’de verilmiştir.

Bazıları görünür + muhtemel, bazıları tahmini-jeolojik rezervler olarak araştırmacılar tarafından Şile Havzası’nda 53-250 milyon ton arasında kil ve 100-560 milyon ton arasında kum rezervleri açıklamıştır [2-11]. Eyüpsultan-Arnautköy Bölgesi’ndeki kil rezervinin de yüksek olabileceği ön görülebilir. Karaburun-Yeniköy-Akpınar arasındaki bölgede kum-çakıl oluşumları için 1 milyar ton jeolojik rezerv açıklanmıştır ve yayılımın büyük kesiminde kumlu düzeyin altında 10 m’den fazla kalınlıkta kil düzeyi bulunur [12]. Silivri Bölgesi’ndeki çok büyük kum-çakıl rezervinin uzun yıllar inşaat sektörünün can damarı olacağı ön görülebilir. Bölgeden 10 milyar m<sup>3</sup> üzerinde jeolojik rezerv ve ocaklar bölgesinde 1 milyar m<sup>3</sup> üzerinde

muhtemel rezerv açıklanmıştır [4, 13]. Ayrıca, Silivri kuzeyinde 20 milyon ton bentonit rezervi rapor edilmiştir [8].

**Tablo 1.** İstanbul İli Kil ve Kum Maden Ruhsatlarının İstanbul İlçeleri Bazındaki Dağılımları.

İLÇE	KUM	KUM+KİL	KİL	(KUM) + (KUM+KİL) + (KİL)
BEYKOZ	2	-	1	3
ÇATALCA	19	2	3	24
EYÜPSULTAN	1	3	3	7
KÂĞITHANE	-	-	1	1
SARIYER	-	-	2	2
SİLİVRİ	5	-	2	7
ŞİLE	19	9	6	34
ÜMRANİYE	1	-	-	1
İSTANBUL	47	14	18	79

Bu çalışmada, İstanbul'un kil, kum-çakıl hammaddelerinin güncel ve potansiyel durumları ele alınmıştır. Çalışmada İstanbul'da bulunan kil, kum-çakıl hammaddeleri dört bölgede ele alınmıştır. Bunlar; 1- Çatalca Bölgesi, 2- Eyüpsultan-Arnavutköy Bölgesi, 3- Silivri Bölgesi ve 4- Şile-Beykoz Bölgesi'dir.

## 2. YÖNTEM

Çalışmada değerlendirilen bilgilerin elde edilmesi, hammadde sahalarında ve kil, kum ocaklarında gerçekleştirilen çalışmalar ile üretici madencilik firmalarından elde edilen bilgi formları, ayrıca yetkililerle yapılan sözlü görüşmeler sonucu gerçekleşmiştir. Elde edilen verilerin bazıları çalışma kapsamında verilmektedir.

## 3. SONUÇLAR

İstanbul il sınırları içinde, kil grubu olarak; çimento kili, tuğla kili, refrakter kil ve seramik kili üretimi yapılmaktadır. Çimento kili Mahya Şistinden (Triyas), tuğla kili Danişmen Formasyonu'na ait Güngören ve Ağaçlı Üyeleri'nden, refrakter ve seramik kili İstanbul Formasyonu'ndan sağlanmaktadır. Gerek Ağaçlı ve gerekse Şile Havzası'nda açığa çıkan ve işletilen seramik killeri Oligo-Miyosen yaşlı istif içinde bulunmakta ve birbirlerinin yanal uzantısı şeklindedir. Ayrıca, güncel olarak üretilmeyen, ancak yakın geçmişte üretilen bentonit yatakları ise Silivri Bölgesi'nde (Büyükkılcı), Danişmen Formasyonu'nun Çantaköy Üyesi içinde yer almaktadır. Kum üretimi kapsamında ise Çatalca İlçe sınırları içinde, Eosen-Koyunbaba Formasyonu'ndan kuvars kumu üretimi yapılmaktadır. Silivri'den başlayıp Kuzeydeki Karadeniz kıyı koridoruna (Çatalca) kadar uzanan, silis kökenli kum-çakıl karışımından meydana gelen ve kalınlığı 20-60 m arasında değişen istif ise İstanbul Formasyonu'nun Kıraç Üyesi'ne aittir ve içinde çok sayıda kum-çakıl ocağı bulunmaktadır.

İstanbul'da kum-çakıl maden sahalarının alanları yaklaşık 15-7000 hektar arasındadır. Sahaların yol-ulaşım durumunun olumsuz koşullarda olmadığı anlaşılmaktadır. İstanbul'da kil ve kum üretimi yapılan ocaklar genelinde; üretilebilir rezervin üzerindeki örtü kalınlığı 0,5-30 m arasında, çoğunlukla da 5 m' den azdır. Ürün nakliyatı dökme, bigbag, silobas biçimlerinde, kara ve deniz yolu şeklinde yapılmaktadır. İstanbul'da kil, kum-çakıl maden sahaları coğrafi olarak birbirine yakın durumdadır sahalarda mücavir saha hukuku yoğun işlemektedir. Üretici firmalar bazında yaklaşık 40 çalışan bulunmaktadır. İstanbul il sınırları içinde açılmış olan kil ve kum-çakıl ocaklarının % 90' dan fazlası orman alanında kalmaktadır. Üretimi sonlanan alanlar ya pasa döküm sahası olarak revize edilip kullanılmakta ya da rehabilitasyon projesine uygun hale getirilip Orman İşletme Müdürlüğüne iade edilmektedir.

### **3.1. Çatalca Bölgesi**

İstanbul kuzeybatısında, Çatalca İlçe sınırları içinde (Yalıköy, Ormanköy, Karacaköy, Binkılıç, İhsaniye, Kabakça) kum ocakları bulunur. Bunların, Eosen-Koyunbaba Formasyonu içinde olanları yüksek silis içeriklidir, beş ocakta kuvars kumu üretimi yapılmaktadır. Çatalca Bölgesi'ndeki ocaklardan üretilen kuvars kumunun verildiği sektörler (satış/kullanım alanları) şu şekildedir: Cam, seramik, kimya fabrikaları, yapı kimyasalları, deterjan, çimento fabrikaları, kumlama-aşındırıcı. Bölgede, Miyosen yaşlı İstanbul Formasyonu-Kıraç Üyesi içindeki kum ocaklarından da başlıca inşaat kumu üretilmektedir. Karacaköy çevresinde dört ocakta kum-çakıl üretimi yapılmaktadır ve tüvanan kum yıkama-eleme sonrası inşaat sektöründe beton agregası olarak kullanılmaktadır. Bölgede yakın zaman kadar üretim yapılmış, ancak güncel olarak faaliyette olmayan ve uzun zamandır terk edilmiş durumda da olan ocaklar da bulunmaktadır. Çatalca Bölgesi'nde, kuvars kumu üreten firmalardan yapılan kuvars kumu üretiminin günde 600-3000 ton olduğu anlaşılmıştır. Mevsimsel şartlar göz önüne alındığında, yaklaşık-ortalama yıllık üretim ocak bazında 150-800 bin ton arasındadır. Bölgeden yapılan kuvars kumu toplam üretimi muhtemelen 2,5 milyon ton/yıl mertebesindedir.

### **3.2. Eyüpsultan-Arnavutköy Bölgesi**

İstanbul Batı Yakası kuzeyindeki Akpınar-Ağaçlı-Çiftalan-Yeniköy Bölgesi'nde güncel olarak çalışmakta olan 6 ocak bulunmaktadır. Oligosen-Miyosen serinin üst seviyesini oluşturan ve zaman zaman killerle yanal geçiş gösteren kum oluşumları işlemden geçirilerek kentin kum gereksinimini karşılamaktadır. Kil oluşumları seramik kili ya da tuğla kili olarak kullanılmaktadır. Ağaçlı-Yeniköy kesimindeki kum-kil oluşumlarının bir kısmı İstanbul Hava Limanı ile onun koruma bölgesinde kalmıştır. Ocaklar genelinde 5 milyon ton/yıl üzerinde kum üretimi ve yaklaşık 1 milyon ton/yıl kil üretimi gerçekleştirilmektedir. Bölge kumu büyük oranda İstanbul'un her iki yakasındaki beton santrallerine verilmektedir. Kil ise yurt içi ve yurt dışı seramik sektörlerine verilmektedir. İhracat yapılan ülkelerin başında İspanya, İtalya ve Yunanistan gelmektedir. Bölgede kömür altı kili olarak bilinen yeşil kil ise çöp deponi alanlarında geçirimsiz şilte olarak kullanılabilir. Bölgede, Işıklar



alanındaki bir ocakta üretilen kil, killi kum, kumlu kil seviyeleri ise tuğla-kiremit üretiminde kullanılmaktadır.

### **3.3. Silivri Bölgesi**

Silivri Bölgesi İstanbul İli batı yakasının beton agregası ihtiyacının karşılandığı, çok sayıda kum-çakıl ocağı bulunan bir bölgedir. Silivri Bölgesi'nde (Çatalca-Bekirli Alanı da dahil) İstanbul Formasyonu-Kıraç Üyesi içinden kum-çakıl üretilen ve güncel olarak faaliyette olan ocak sayısı 15 tir. Güncel durumda, bölgede faaliyette olmayan ocaklar da bulunmaktadır. Silivri Bölgesi'nde ocak bazında 250 bin ile 1 milyon ton/yıl arasında kum (+çakıl) üretimi yapılmaktadır. Genelde, yılda 10 ay üretim yapılabilir. Bölgeden yapılan yıllık üretimin 10 milyon ton üzerinde olduğu ifade edilebilir. Bölgedeki üretim hemen tümüyle inşaat sektörüne hitap eder ve beton santrallerinin agrega girdisini karşılamaktadır. Tüm üreticilerin yıkama-eleme tesisi vardır. Kum (+çakıl) satışı hemen tümüyle yıkanmış-elenmiş kum şeklindedir. Nadiren tüvanan kum satışı yapılmaktadır. Bölgedeki ocaklarda kum üretimi sürecinde atıl duruma düşen, havuzlarda toplanan ince malzemesi bentonitik karakterdedir.

### **3.4. Şile-Beykoz Bölgesi**

Şile-Beykoz Bölgesinde Neojen kil-kum-kömür istifi içerisinde, İstanbul Formasyonu içindeki 15 civarında firmaya ait ocaklardan kil ve kum üretilmektedir. Bölgedeki kil ve kum maden ruhsatlarının bazıları çakışıktır. Havzadan yılda 3 milyon ton üzerinde kil ve 20 milyon ton üzerinde kum üretilmektedir. Havzada bazı firmalar ve üretim yaptıkları ocaklar kil ağırlıklıdır, bazı firmalar ise kum ağırlıklı çalışmaktadır. Ocak başına ortalama 100 bin ile 0,5 milyon ton/yıl arasında kil üretimi, 50 bin ile 2,5 milyon ton/yıl arasında kum üretimi vardır. Kum üretimlerinde atıl duruma düşen ve havuzlarda toplanan ince malzeme kaolinitik karakterdedir. Şile Havzası'ndaki tüm ocaklarda kil hammaddesi büyük oranda iç piyasada seramik ve refrakter sektörlerine ve ayrıca başta İtalya, İspanya, Yunanistan olmak üzere ihracat olarak yabancı seramik fabrikalarına verilmektedir. Kum ise döküm, seramik ve inşaat sektörlerine verilmektedir. Bölge killeri ülkemiz seramik sektörünün, kumları ise döküm sektörünün ve ayrıca inşaat sektörünün can damarlarıdır.

## **4. ÖNERİLER**

İstanbul'da ülkemizin çok önemli kil ve kuvars kumu yatakları bulunur. Dolayısıyla, İstanbul seramik, inşaat, cam, döküm, refrakter, tuğla-kiremit, çimento, kimya sanayileri için birçok anlamda eşdeğeri bulunmayan bir hammadde bölgesidir. Bu büyük öneme karşın, genel anlamda İstanbul madenciliğinin, dolayısıyla da kum ve kil üreticilerinin çok önemli sorunları bulunmaktadır. Bu sorunlar doğrudan madencilik mesleği ile ilişkili teknik sorunlardan ziyade genel anlamda bürokratik kapsamdadır ve de madencilik faaliyeti sürecinde esas muhatap olunan kurumlardan ziyade farklı mesleki alan temsilcileri karşısında yaşanmaktadır. İstanbul İli'ndeki kil ve kum oluşumlarının içinde buldukları formasyonların bakir alanları jeolojik

özellikleri nedeniyle bu hammaddelerin potansiyel rezerv alanlarıdır. Gelecek planları bu potansiyelin sürdürülebilir olarak üretilmesi üzerinde yapılmalıdır.

## **KAYNAKLAR**

1. MAPEG, (2020). İstanbul İli doğal kaynak durumu.
2. MTA, (2021). İstanbul İli doğal kaynaklar haritası. İl bazında madenlerimiz, İstanbul İli (www.mta.gov.tr).
3. DPT, (1995). T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Çalışma Grubu Raporu, Ankara.
4. BİMTAŞ, (2007). 1/100 000 ölçekli çevre düzeni planı; Alt grup çalışması; Doğal Kaynak Araştırma Raporu.
5. Sipahi, H., Kuzum, Ç., (2011). Şile Neojen istifinin stratigrafik özellikleri, Madencilik Dergisi, 17, 66-71.
6. Güngör, N., Gökçen Demir, B. ve Kaçmaz, E., (2015). İstanbul-Şile Neojen Havzası'nın vazgeçilmez önemi ve ekonomiye katkıları, Madencilik-Türkiye Dergisi, 45, 88-93.
7. Altıntop, B., (2016). Türkiye seramik sanayi ve hammaddeleri, Türkiye Madenciler Derneği, Sektörden Haberler Bülteni, Kasım Sayısı, 74-79.
8. İBB, (2017). İstanbul İli, 1/25.000 ölçekli arazi kullanımına esas jeolojik etüt raporu, T.C İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, İstanbul.
9. SERHAM, (2018). Seramik, Cam ve Çimento Hammaddeleri Üreticileri Derneği (SERHAM) 2015-2017 Dönemi Faaliyet Raporu.
10. Kayı, A., (2018). Şile Bölgesi kil-kum yataklarına güncel bir bakış ve bölgeyi bekleyen sorunlar. Endüstriyel Seramik Hammaddeler Paneli, SERES'18, Eskişehir.
11. Genç, C., (2019). Şile Bölgesi kil ve kumlarının başta seramik sektörü olmak üzere ilgili diğer sektörler için ekonomik öneminin ortaya konulması, Seramik Araştırma Merkezi, Anadolu Üniversitesi, Rapor, 54s.
12. Bargu, S., Sakınç, M., (1992). İstanbul Boğazı ile Silivri-Karacaköy hattı arasında kalan (İstanbul Yarımadası) bölgenin doğal agrega olanaklarının araştırılması, TBAK-749, 97s.
13. Erdoğan, M., Eren, R.H. ve Oktay, F.Y., (1999). Silivri Çevresindeki Ergene Formasyonu'nun agrega potansiyeli ve özellikleri, 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul.

## **İstanbul Tersiyer Birimlerinin Kil Mineralojisi**

### *Clay Mineralogy of İstanbul Tertiary Units*

**Fahri Esenli, Bala Ekinci Şans**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak,  
İstanbul  
(esenlif@itu.edu.tr)*

**Öz:** İstanbul'un jeolojik geçmişi ülkemizin önemli kil oluşumlarının güncel durumda ortaya çıkmasını sağlamıştır. İlin Tersiyer istifinin çoğu kesitinde kil düzeyleri mevcuttur. Eosen-Oligosen kil düzeylerinde çoğunlukla Ca-smektit ana mineraldir. Çökellerin içerisindeki feldspatların ve kısmen de mikaların smektite dönüşümleri sonucunda bentonitik seviyeler ortaya çıkmıştır. Volkanik katkılı düzeylerde volkanik camın da Ca-smektite dönüşümü nedeniyle daha kaliteli bentonitik killer meydana gelmiştir. Üst Oligosen sonrası kesitlerinde yanıl farklılıklar bulunur, kuzeyde kaolinit ana mineraldir, diğer alanlarda çoğunlukla Ca-smektit ana mineraldir. Tüm kesitlerde illit-mika fazları vardır. Bunlar, Ca-smektitle birlikte olduğunda düşük oranlardadır ve genellikle mika fazı baskındır. Kaolinitle birlikte olduğunda ise daha yüksek orandadır ve hemen tümüyle illit fazındadır. Klorit yanıl farklılıklar gösterir ve Oligosen-Miyosen kesitlerinde yerel yoğunlaşır. Kuvars ve feldspat tüm kesitlerde bulunur. İstanbul'daki kil düzeylerinin mineral birlikleri şu şeklide özetlenebilir: Eosen çökeller içerisindeki bentonitik kil düzeyleri: Ca-smektit + illit-mika + kuvars + feldspat + apatit + mangan ve demir oksit/hidroksitler. Oligosen-Miyosen kesitlerdeki bentonitik kil düzeyleri: Ca-smektit + illit-mika + klorit-kaolinit + kuvars + feldspat + opal-CT (kristobalit/tridimit) + kalsit + dolomit + zeolit (klinoptilolit) ve Oligosen-Miyosen kesitlerdeki kaolinitik kil düzeyleri: Kaolinit (+/- halloysit) + illit-mika + Ca-smektit + klorit + kuvars + feldspat + kalsit + jips, + alunit + siderit + anatas + pirit. Karışık katman kil mineral fazları tüm kesitlerde eser oranda genellikle bulunur ve çoğu illit/smektit türüdür.

**Anahtar Kelimeler:** İstanbul, kil, bentonit, kaolinit.

**Abstract:** İstanbul's geological history has enabled the important clay formations in Türkiye. Clay levels are present in the entire section of the Tertiary sequence. In Eocene-Oligocene clay levels, Ca-smectite is mostly the main mineral. Bentonitic levels emerged as a result of the transformation of feldspar and partly mica in the sediments into smectite. Better quality bentonitic clays were formed due to the transformation of volcanic glass into Ca-smectite at volcanic added levels. There are lateral differences in the post-Upper Oligocene sections; in the north, kaolinite is the main mineral, in other areas mostly Ca-smectite is the main mineral. There are illite-mica phases in all section. These are in low proportions when combined with Ca-smectite and the mica phase is generally dominant. When it is together with kaolinite, it is at a higher rate and is almost entirely in the illite phase. Chlorite shows lateral differences and is locally concentrated in the Oligocene-Miocene sections.

Quartz and feldspar are found in all sections. The mineral associations of clay levels in Istanbul can be summarized as follows: Bentonitic clay levels in Eocene sediments: Ca-smectite + illite-mica + quartz + feldspar + apatite + manganese and iron oxide/hydroxides. Bentonitic clay levels in Oligocene-Miocene sections: Ca-smectite + illite-mica + chlorite-kaolinite + quartz + feldspar + opal-CT (crystalite/tridymite) + calcite + dolomite + zeolite (clinoptilolite) and kaolinitic clay levels in Oligocene-Miocene sections: Kaolinite (+/- halloysite) + illite-mica + Ca-smectite + chlorite + quartz + feldspar + calcite + gypsum, + alunite + siderite + anatase + pyrite. Mixed layer clay mineral phases are usually present in trace amounts in all sections and most are illite/smectite types.

*Key Words:* İstanbul, clay, bentonite, kaolinite.

## **1. GİRİŞ**

Kil oluşumlarının, özellikle de ekonomik öneme sahip kil yataklarının ortaya çıkması için özel jeolojik (+ fizikokimyasal) süreçlerin geçirilmiş olması gerekir. İstanbul Bölgesi bu anlamda özeldir. İstanbul kil oluşumlarından bahsedildiğinde ilk akla gelen ilin kuzey alanlarındaki, 'seramik kili' kavramı ile özdeşleşmiş kil yataklarıdır. İstanbul'daki bazı formasyonlarda üretilebilir durumda veya potansiyel rezerv karakteri taşıyan bentonit oluşumları da mevcuttur. İstanbul'da Paleozoikten itibaren, örneğin Permiyen metagranitlerine ve Triyas şistlerine bağlı kil oluşumları bulunmaktadır [1,2]. Ancak, bu çalışmada Tersiyer Serisi'nin bazı kesitlerindeki endüstriyel hammadde karakterinde olan kil oluşumları konu edilmiştir. Dikeyde ve yanarda hem genel mineralojini hem de kil mineralojisi değişiminin görülmesi amaçlanmış, ilk kez toplu bir modal-mineralojik sonuç verilerek yapılacak çalışmalara ön kaynak olması hedeflenmiştir.

## **2. YÖNTEM**

Bu çalışmada değerlendirilen örneklerin (Tablo 1' de verilen gruplar için toplam 133; grup bazında 9-36 arası örnek) mineralojik bileşimleri X-ışınları difraksiyon (XRD) analizleri ile belirlenmiştir (Bruker D8 Advance difraktometre, CuK<sub>α</sub> radyasyon-Ni filtre, 40kV- 40 mA akım). Mineral oranlarının (% , ağırlıkça) tayininde yarı-kantitatif-XRD modal analiz metodu olan şiddetler oranı uygulanmış ve belirli mineral kalibrasyon değerleri kullanılmıştır [3,4]. Kil fraksiyonları (<2 µm), hazırlanan süspansiyonlarından homojenleştirme sonrasında santrifüjde (Beckman Coulter Avanti J-E) çöktürme sonucu elde edilmiştir. Kil fraksiyonu-XRD analizleri ise havada kurutulmuş, etilen glikollü (60 °C- 16 saat) ve fırınlanmış (350, 450 ve 550 °C- 2 saat) tabletlerde gerçekleştirilmiştir.

## **3. MİNERALOJİ**

İstanbul'da kil oluşumlarının mineralojik bileşimleri ile mineral oranları bölgeler ve bağlı birimlerinin jeolojik yaş aralıklarına göre karşılaştırılarak Tablo 1' de verilmiştir. Eosen-Koyunbaba Formasyonu İstanbul'un Çatalca İlçesinde belirgin yayılım gösterir. İldeki kuvars kumu üretiminin gerçekleştiği, özellikle cam kumu

açısından potansiyel hammadde formasyonudur. Formasyonun bazı cepleri bentonitik karakterde kil oluşumu içerir. Tekirdağ (Saray)-İstanbul (Çatalca) sınır alanlarında formasyon içinden yüksek smektitli bentonitik seviyeler rapor edilmiştir [5]. Bentonitik seviyeler Ca-smektit, illit-mika (iki faz eş orandadır), kuvars, feldspat, apatit ve mangan/demir oksit/hidroksitleri içerir (Tablo 1; sütun: 1). Bu seviyelerden güncel olarak üretim yapılmamaktadır. Eosen-Soğucak Formasyonu'nun resifal kireçtaşlarını klavuz kabul edersek, bunun üzerindeki (Eosen-Oligosen; Ceylan Formasyonu) kil seviyelerinin de ana kil minerali Ca-smektittir, ancak bentonitik karakterde değildirler ve kireçtaşı düzeylerine yaklaştıkça diğer minerallerin yanısıra belirgin kalsit içerirler. Volkanik düzeylerinde de Ca-smektit bulunur.

**Tablo 1.** İstanbul'da Endüstriyel Hammadde Karakterli Kil Oluşumlarının Modal-Mineralojik Bileşimlerinin Bölgeler ve Bağlı Birimlerinin Jeolojik Yaş Aralıklarına Göre Karşılaştırması. (1): Çatalca (Eosen); Bentonitik Kil. (2): Silivri-Çatalca (Oligosen); Bentonitik Kil. (3): Silivri-Çatalca (Oligo-Miyosen); Bentonitik Kil. (4): Beykoz-Şile (Oligo-Miyosen) Kaolinitik Kil, (5): Eyüpsultan-Arnautköy (Oligo-Miyosen); Kaolinitik Kil.

Mineral	1	2	3	4	5
Kaolinit	-	0-15	0-10	15-70	20-65
İllit-Mika	10-30	5-15	5-15	0-25	5-35
Ca-smektit	50-75	35-90	60-80	0-15	0-20
Klorit	-	0-30	0-5	0-5	0-20
Kuvars	5-20	5-30	5-20	0-60	15-50
Opal-CT	-	0-5	-	-	-
Feldspat	10-15	5-30	5-15	0-10	2-15
Zeolit (klinoptilolit)	-	0-10	-	-	-
Kalsit	0-5	0-15	0-10	-	0-10
Dolomit	-	0-15	-	-	-
Siderit	-	-	-	0-10	0-10
Jips	-	-	-	0-5	0-5
Alunit	-	-	-	0-2	0-3
Apatit	0-5	-	-	-	-
Anatas	-	-	-	0-2	0-2
Fe-oksit/hidroksit	0-2	0-2	0-3	0-4	0-5
Mn-oksit/hidroksit	0-2	-	-	-	-
Pirit	-	-	-	0-3	0-10

İstanbul batısında; Silivri-Çatalca alanlarında Danişmen ve İstanbul Formasyonları içindeki kil düzeyleri genelde smektitik killerdir. Bu düzeyler yol yarmalarında veya ocak aynalarında bazen 1m kalınlıklarda olacak şekilde ortaya çıkmaktadır ve bazıları bentonitik karakterdedir; örneklerde Ca-smektit ana mineraldir [6]. Volkanik katkının etkisinin yoğun olduğu düzeylerde smektit oranı artar ve bentonitik karakter daha belirgindir. Çantaköy tüfit birimi bu anlamda bir belirteçtir ve bu düzeylerde işletilebilir bentonit seviyeleri de vardır [7]. Silivri-Çatalca bölgesinde açılmış

sondajlardan çoğunlukla kumtaşı, killi kumtaşı, kumlu kiltası litolojilerinin olduğu, ancak yaklaşık 10'ar m kalınlıkta olabilen birden fazla kilce zengin düzeylerin varlığı da saptanmıştır (Danışmen Formasyonu). Örneğin, Beyciler-Danamandıra arasında yüzeyden 15-70 metreler arasında iki ayrı kilce zengin düzey bulunur. Çoğunluğu sondaj karot örneklerine ait verilerden hareketle, Danışmen ve İstanbul Formasyonları kil düzeylerinde bulunan mineraller şunlardır (Tablo 1; sütun: 2+3): Ca-smektit, illit-mika (mika fazı baskındır), klorit-kaolinit (iki faz da bulunur), kuvars, feldspat, opal-CT (kristobalit/tridimit), kalsit, dolomit, zeolit (klinoptilolit), Fe-oksit/hidroksitler. Klorit ve kaolinit varlıkları yanal geçişler gösterir ve bu durum muhtemelen beslenme alanının farklılıklarının sonucu olabilir. Karbonat mineral varlığında da benzer durum vardır. Kesitlerdeki zeolitli seviyeler ise muhtemelen piroklast katkılı seviyelerdir.

İstanbul'un kuzeyinde; Beykoz-Şile ve Arnavutköy-Eyüpsultan-Sarıyer Bölgeleri rezerv ve üretim açısından ülkemizin önemli hammadde alanlarını içerir. Şile Bölgesinde Neojen istifin kalınlığı farklı çalışmaların sonucunda yaklaşık 5-50 m arasında açıklanmıştır [8-14]. Saha çalışmalarında görüldüğü üzere yaklaşık ortalama 25 m kalınlıkta kum, kil, killi kum, kumlu kil, kömürlü kil/killi kömür istifi bulunmaktadır. Paleozoik İstanbul Birliği üzerinde olduğunda çoğu kesimde istifin kum ve kil seviyeleri tekrarlanmalıdır. Mesozoik volkanikler üzerindeki istifte ise genellikle altta bir kil düzeyi ile onun üzerinde kum düzeyi vardır (istisnaları bulunur). Üretimde faydalanılan kil kalınlıklarının ortalaması yaklaşık 10 m düşünülebilir. Faydalanılmayan killi kum, kumlu kil ve organikçe zengin seviyelerin toplam ortalama kalınlığı 5 m gibidir. İstanbul batı yakasının kuzeyinde de kil kalınlıkları yüksektir. Yeniköy-Akpınar-Ağaçlı Bölgesi'ndeki kömür de içeren killi istif alttan üste doğru; beyaz-yeşil kil, killi silt, yeşil-sarı kil ve kum olarak tanımlanmıştır [15]. Yeniköy Alanı'nda yaklaşık 10 m kalınlıktaki kum düzeyinin altında yaklaşık 20 m kalınlıkta kil düzeyi bulunmaktadır. Ağaçlı Alanı'nda görünür ocak aynalarında genelde 5-10 m kalınlıktaki bir kum düzeyi altında 20 m' den fazla kalınlıkta olabilen kil zonu görülebilir. Sondaj verilerine göre ise 40 m kalınlığa yaklaşan kil zonu vardır. Güncel durumda, kil zonunun yaklaşık yarı kalınlıklarından üretimde faydalanılmamaktadır.

Beykoz-Şile Bölgesi'nde kaolinit (+/- halloysit), illit-mika, Ca-smektit, kuvars, feldspat, jips, alunit, siderit, anatas, pirit mineralleri saptanmıştır (Tablo 1; sütun: 4). Ağaçlı (Eyüpsultan) Bölgesi'nde bu bileşime ek olarak kalsit vardır (sadece bir seviyede) (Tablo 1; sütun: 5). İki bölgede de illit-mika bileşeninin genelde illit fazında olduğu belirlenmiştir. Ağaçlı'da illit bulunmayan seviye yok gibidir ve Şile'ye kıyasla illit oranı yüksektir. Ca-smektit yanal değişim gösterir. Yakın mesafelerde, yaklaşık 30 m kalınlıktaki kesitler boyunca bazen çok düşük oranda bir-iki seviyede Ca-smektit bulunurken, bazen her seviyede bulunmaktadır. Klorit iki bölge arasındaki önemli farkı oluşturur. Şile' de klorit yok düzeyindedir, Ağaçlı'da belirgin klorit vardır, Klorit varlığı, ayrıca, Ağaçlı Bölgesi'nin kendi içinde de yanal farklılık gösterir, Klorit ile smektit varlıkları ters ilişkilidir. Jips varlığı yanal farklılıklar gösterir. Şile'de kömürle ilişkili tek bir seviyede görülmüştür Ağaçlı'da çok az oranlarda olsa da daha fazla seviyede ortaya çıkar.

Belirgin bir kalsit varlığı Şile' de bulunmazken Ağaçlı'da bir seviyede kalsit ortaya çıkar. Amorf madde, Ağaçlı Bölgesi'nde görelî bir miktar daha çoktur, ancak genelde her iki bölgenin bazı seviyelerinde yüksektir. Pirit her iki havzada da en alt ve alta yakın düzeydedir. Ağaçlı'da daha yoğun piritli bir alt seviye mevcuttur. İki bölgenin kömürlü seviyelerinde ise amorf faz, kaolinit, illit-mika, Ca-smektit, karışık katman (genelde illit/smektit türü), kuvars, jips, pirit bileşenleri saptanmıştır.

Nihayet, İstanbul batı yakasında, Çekmece Formasyonu içerisinde ise Ca-smektit, illit-mika (genelde illit fazı) ve klorit-kaolinit (kaolinit fazı daha baskın) ile kuvars, feldspat ve kalsit içeren kil seviyeler bulunur ve genelde yerleşim alanları ile örtüşürler. Son olarak, İstanbul'da farklı bir kil potansiyelinden bahsetmek gerekir. Doğal kil düzeylerinin haricinde, Danişmen ve İstanbul Formasyonları içerisinde yaklaşık-ortalama % 10 oranında kil-silt ağırlıklı ince malzeme vardır. Kum üretim ocaklarında istenmeyen ince malzeme olan bu hacim mil havuzu tabir edilen alanlarda biriktirmektedir. Silivri Bölgesi'ndeki ocaklardan yapılan kum üretim miktarının ortalama 1/10' unu temsil eden milyon tonlarla ifade edilebilecek bir malzeme güncel olarak atıl durumdadır. Tüvanan kum % <10 Ca-smektit içerirken mil havuzları malzemesi % >50 içerir [6, 16, 17]. Diğer taraftan, Beykoz-Şile Bölgesi'ndeki kuvars kumu üretimlerinden ortaya çıkan benzer malzeme de genelde atıl durumdadır ve % >50 üzerinde kil minerali (başlıca kaolinit, düşük oranda illit ve eser oranda Ca-smektit) içerir.

#### **4.SONUÇLAR**

Detayda bazı ayrıntılar olmasına karşın, özet tanımlar olarak; 1- İstanbul'un Tersiyer çökellerinde ve smektitik ve kaolinitik kil oluşumları egemendir; 2- Eosen-Oligosen' de smektit, 2- Oligosen-Miyosen' de güneyde smektit, kuzeyde kaolinit egemendir. Bu iki tanım da tartışmaya açıktır, görünür durumun yaklaşık sonuçlarıdır. Esasen hangi stratigrafide ve alanda hangi kil minerali egemen olursa olsun diğer kil mineralleri de onunla birlikte bulunabilmektedir.

İstanbul'un her iki yakasının kuzey alanlarında ülkemizin çok önemli kil oluşumları bulunur ve ana minerali kaolinit olan bu killer birçok açıdan eşdeğeri olmayan hammaddedir ve Türkiye Seramik Sektörü'nün de ana girdisidir. Bu havzaların ülkemiz madenciliği açısından korunması gerekir. İstanbul batı yakasında Danişmen ve İstanbul Formasyonları yoğun mostra göstermese de bentonit hammaddesi potansiyeline sahiptir. Bu potansiyel akılda tutulmalıdır. Diğer bir potansiyel, bu formasyonlar içinde, kum üretimlerinde yıkama-eleme sonrası ortaya çıkan malzeme önemli rezervdeki atıl kil varlığıdır. Bu malzemenin ana bileşeni batıda smektit, batı ve doğu kuzeyde kaolinittir.

## **KAYNAKLAR**

1. Çağlayan, M.A., Yurtsever, A., (1998). 1/100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları (20-23), MTA, Ankara.
2. Özdemir, D., (2023). Safaalan Kuzeyi (Saray, Tekirdağ) bölgesindeki kaolen oluşumunun mineralojik, petrografik ve jeokimyasal incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 99s.
3. Chung, F.H., (1975). Quantitative interpretation of X-ray diffraction patterns of mixtures III: simultaneous determination of a set of reference intensities, Journal of Applied Crystallography, 8, 17-19.
4. Ekinci-Şans, B., Esenli, F., Kadir, S. ve Elliott, W.C., (2015). Genesis of smectite in siliciclastics and pyroclastics of the Eocene İslambeyli Formation in the Lalapaşa region, NW Thrace, Turkey, Clay Minerals, 50 (4), 459-483.
5. Ekinci-Şans, B., Sütçü, M. N. ve Esenli, F., (2021). Clay mineral composition of the Eocene-İslambeyli Formation in the Saray region (Tekirdağ, Thrace), 3. International Aegean Symposium, İzmir-Türkiye.
6. Özkan-Kosifoğlu, A.S., (2023). Doğu Trakya Bölgesi (Silivri) Ergene Formasyonu'nda kum-çakıl üretimindeki atık killerin mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 97s.
7. Erdoğan, M., Mahmutoğlu, Y., (2009). Büyükkılıçlı (Silivri) Bentonitinin metal döküm sanayiinde kullanım olanaklarının araştırılması, Mühendislik Jeolojisi Bülteni, 28-29, 1-14.
8. Arkun, O., (1985). İstanbul Şile Avcıkoru-Karakiraz Köyleri kil-kömür-kum sahaları, II. Ulusal Kil Sempozyumu, Ankara-Türkiye.
9. Özdamar, Ş., (1998). Avcıkoru-Domalı-Sofular Yöresi (Şile-İstanbul) kömüraltı killerinin mineralojik incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 117s.
10. Özgül, N., (2011). İstanbul İl alanının jeolojisi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, İstanbul Kent Jeolojisi Projesi, 305s., İstanbul.
11. Sipahi, H., Kuzum, Ç., (2011). Şile Neojen istifinin stratigrafik özellikleri, Madencilik, 17, 66-71.
12. Güngör, N., Gökçen Demir, B. ve Kaçmaz, E., (2015). İstanbul-Şile Neojen Havzası'nın vazgeçilmez önemi ve ekonomiye katkıları, Madencilik, 45, 88-93.
13. Genç, C., (2019). Şile Bölgesi kil ve kumlarının başta seramik sektörü olmak üzere ilgili diğer sektörler için ekonomik öneminin ortaya konulması, Seramik Araştırma Merkezi, Anadolu Üniv., Rapor, 54s.
14. Sekmen, T., (2019). Anadolu Feneri-Ağva arası kıyı bölgesinin jeomorfolojisi, değişimi ve gelişimi, Yüksek Lisans Tezi, İÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 215s.
15. Bargu, S., Sakınç, M., (1992). İstanbul Boğazı ile Silivri-Karacaköy hattı arasında kalan (İstanbul Yarımadası) bölgenin doğal agrega olanaklarının araştırılması, TBAK-749, 97s.



16. Esenli, F., Gültekin, A.H. ve Ekinci, B., (2010). Ergene Formasyonu kumlarından (Çorlu-Tekirdağ Bölgesi) bentonitik malzeme kazanımı, *Kil Bilimi ve Teknoloji Dergisi (Kibited)*, 1 (4), 227-238.
17. Esenli, F., Şans, G., Ekinci-Şans, B. ve Gültekin, A.H., (2019). Ergene Formasyonunda (Trakya) kum üretiminden sonra kazanılabilecek kil potansiyeli üzerine bir çalışma, *Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumu, Denizli-Türkiye*.

## **İstanbul'daki Agregâ Kaynakları ve Geleceği**

### *The Status and The Future of Aggregate Quarrying in Istanbul*

**Murat Yılmaz, Atiye Tuğrul**

*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
Büyükkçekmece Yerleşkesi Büyükkçekmece, İstanbul  
(yilmazm@iuc.edu.tr)*

**Öz:** İstanbul'daki hızlı nüfus artışına bağlı olarak gelişen yapılaşma ve sanayileşme süreci nedeniyle yüksek dayanımlı beton üretimi, yeni konut projeleri, karayolları, tüneller, hava meydanları, demiryolları, su yapıları ve alt yapı projeleri için en önemli inşaat hammaddelerinden biri olan agregâ ihtiyacı sürekli artmaktadır. Öte yandan, olası deprem riskine karşı dayanıklı olmayan yapı stoklarının elden geçirilecek olması (kentsel dönüşüm süreci) nedeniyle büyük miktarda agregâya ihtiyaç duyulacaktır. Ayrıca, dolgu, sıva, filtre, kıyı tahkimatı, anroşman, duvar, yer ve cephe kaplama malzemesi ile hazır sıva, kireç ve çimento hammaddesi olarak da agregâlara önemli oranda gereksinim duyulmaktadır. Buna karşın, kullanılmakta olan agregâ kaynaklarının hızla azalması, sert agregâların (granit, bazalt vb.) şehir içinde üretilememesi, şehir merkezine yakın ocakların gelecekte kapatılma riskinin olması, kaynakların verimli ve uygun alanlarda kullanılmaması söz konusudur. Bu bildirinin amacı, günümüzde İstanbul üretimi devam eden agregâ kaynaklarını ortaya koymak ve agregâ işletmeciliğinin mevcut koşullardaki durumunu ortaya koyarak geleceği ile ilgili öngörülerde bulunmaktır. Bu kapsamda, öncelikle günümüzde İstanbul il alanında üretimi devam eden agregâ kaynakları değerlendirilmiştir. Daha sonra, il alanında faaliyetleri devam eden agregâ işletmeciliği ile ilgili durum tespiti yapılmıştır. Son olarak, agregâ işletmeciliğinin gelecekte karşılaşılabileceği sorunlar ele alınmış ve çözümlerle ilgili önerilerde bulunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, İstanbul'da en önemli inşaat hammaddelerinden biri durumunda olan agregâlar için mevcut kaynaklar ve agregâ işletmeciliğinin günümüzdeki koşulları dikkate alınarak ihtiyaç analizi yapılmalıdır. İhtiyaç analizleri sonucunda gelecekte karşılaşılabilecek agregâ kaynak sorunu ile ilgili çözüm önerilerini belirlenmeli, sürdürülebilir kaynak yönetimi ve kaynak geliştirilmesi üzerine modeller oluşturularak agregâ tedarik yöntemlerinin yenilikçi yaklaşımlar ile ortaya konmalıdır.

*Anahtar Kelimeler: Agregâ, İstanbul, sürdürülebilir işletmecilik*

**Abstract:** The demand for aggregate, which is one of the most important construction raw materials for high-strength concrete production, new housing projects, highways, tunnels, airports, railways, water structures and infrastructure projects, is constantly increasing due to the construction and industrialization process due to the rapid population growth in Istanbul. On the other hand, a large

amount of aggregate will be needed due to the overhaul of building stocks that are not resistant to earthquake risk (urban transformation process). In addition, there is a significant need for aggregates as filling, plaster, filter, coastal fortification, anchorage, wall, floor and facade cladding materials, ready-mixed plaster, lime and cement raw materials. On the other hand, aggregate resources are rapidly decreasing, hard aggregates (granite, basalt, etc.) cannot be produced in the city, there is a risk that the quarries close to the city center will be closed in the future, and resources are not used efficiently and in suitable areas. The aim of this paper is to present the aggregate resources that continue to be produced in Istanbul today and to make predictions about the future of aggregate mining by revealing the current conditions of aggregate quarrying. In this context, first of all, the aggregate resources that are currently produced in the provincial area of Istanbul were evaluated. Then, the status of aggregate mining activities in the province was determined. Finally, the problems that aggregate quarrying may face in the future are discussed and suggestions are made for solutions. According to the results obtained, a demand analysis should be made for aggregates, which are one of the most important construction raw materials in Istanbul, taking into account the existing resources and the current conditions of aggregate quarrying. As a result of the demand analysis, solution proposals for the aggregate resource problem that may be encountered in the future should be determined, models should be created on sustainable resource management and resource development, and aggregate supply methods should be put forward with innovative approaches.

*Key Words: Aggregate, İstanbul, sustainable quarrying*

## **1.GİRİŞ**

Agrega beton/asfalt üretiminde kullanılan kum, çakıl, kırmataş gibi malzemelerin genel adıdır. Bir şehrin yapısal büyüme\gelişmesinde ve artan nüfusuna ek olarak, endüstriyel ve alt yapı yatırımlarına temin zorunluluğu agregayı dünyadaki en önemli malzemelerden biri yapar.

İstanbul'daki hızlı sanayileşme süreci ve bununla birlikte artan konut ve diğer yapı ihtiyaçları agregaya gereksinimini de arttırmıştır. Artan agregaya talebi, plansız ve inceleme yapılmadan gerçekleştirilen üretim, kullanılabilir agregaya kaynaklarının rezervlerinin azalması ve/veya yerleşim alanlarında kalması gibi nedenlerden dolayı, günümüz ve gelecek için agregaya potansiyelinin değerlendirilmesi gündeme gelmiştir. İstanbul'daki alanındaki başlıca agregaya kaynakları, kireçtaşları olup kumtaşları ile doğal kumlar da yoğun olarak agregaya olarak kullanılmaktadır.

Kaliteli agregaya üretimi kadar bu kalitenin sürdürülebilirliği de agregaya üretiminde önemli konuların başında gelmektedir. Nitekim büyük deprem riski altında bulunan İstanbul'daki yapılarda kullanılan betonun kalitesi, dolayısı ile agregaya kalitesinin önemi büyüktür. Öte yandan betonun yanı sıra, bileşiminde %95 dolayında agregaya içeren sıcak asfalt karışımlarında ve diğer kullanım alanlarında da agregaya kalitesi ön plana çıkmaktadır.

Ülkemizde ve İstanbul'da; agregaların çoğu, agrega ocakları ile kum ve çakıl yataklarında üretilmektedir. Kalan kısım endüstriyel atıkların geri dönüşümünden; cüruf ve küller ile yıkım atıklarından, geri kalanlar ise denizlerden ve endüstriyel olarak üretilen agregalardan oluşmaktadır [1-9]. Agregada işletmeciliği, yatırım, alt yapı planlaması ve kullanımı, işgücü temini ve eğitimi, finansman, enerji, çevresel etkilerin kontrolü, atık yönetimi ve denetim ihtiyacı nedeniyle organize olmayı gerektiren, istihdam yaratıcı çok önemli bir sanayi alanıdır. Bu çalışmanın amacı, günümüzde İstanbul üretimi devam eden agregalar ve özelliklerini ortaya koymak, İstanbul'daki agrega tüketimi ve gelecekteki agrega ihtiyacını belirlemek ve agrega işletmeciliğinin mevcut koşullardaki durumunu ortaya koyarak geleceği ile ilgili öngörülerde bulunmaktır.

## 2.İSTANBUL'DA ÜRETİLEN AGREGALARI VE ÖZELLİKLERİ

İstanbul'da üretilen agregalar üretim alanları ile litolojik ve fiziksel özelliklerindeki değişimlere göre Avrupa yakasında dört ve Anadolu yakasında üç bölgede toplanmıştır.

**Tablo 1.** İstanbul'da agrega üretimi yapılan bölgeler ve jeolojik özellikleri [9].

BÖLGE	LOKASYON	FORMASYON	YAŞ	LİTOLOJİ		
AVRUPA YAKASI	Bölge 1	Cebeciköy I	Trakya-Cebeciköy Kireçtaşı Üyesi	Karbonifer	Fosilli mikritik kireçtaşı	
		Cebeciköy II	Trakya	Karbonifer	Kumtaşı	
		Kemberburgaz	Trakya	Karbonifer	Kumtaşı	
	Bölge 2	Çatalca I	Kırklareli	Eosen	Kireçtaşı	
		Çatalca II	Şermat	Permo-Triyas	Kuvarsit	
	Bölge 3	Karadeniz Kıyısı Akpınar		Holosen	Kumul Deniz kumu	
	Bölge 4	Silivri	Ergene	Orta-Üst Miyosen	Kum-çakıl	
	Bölge 5	Yalıköy Podima			Deniz kumu	
	ANADOLU YAKASI	Bölge 1	Ömerli I	İstinye	Devoniyen	Kireçtaşı
			Ömerli III	Karakiraz	Triyas	Dolomitik kireçtaşı
Bölge 2		Şile I	Meşetepe	Üst Oligosen-Alt Miyosen	Kum	
Bölge 3		Gebze	Hereke	Triyas	Kireçtaşı-Dolomitik kireçtaşı	
Bölge 4	Şile Riva			Deniz kumu		

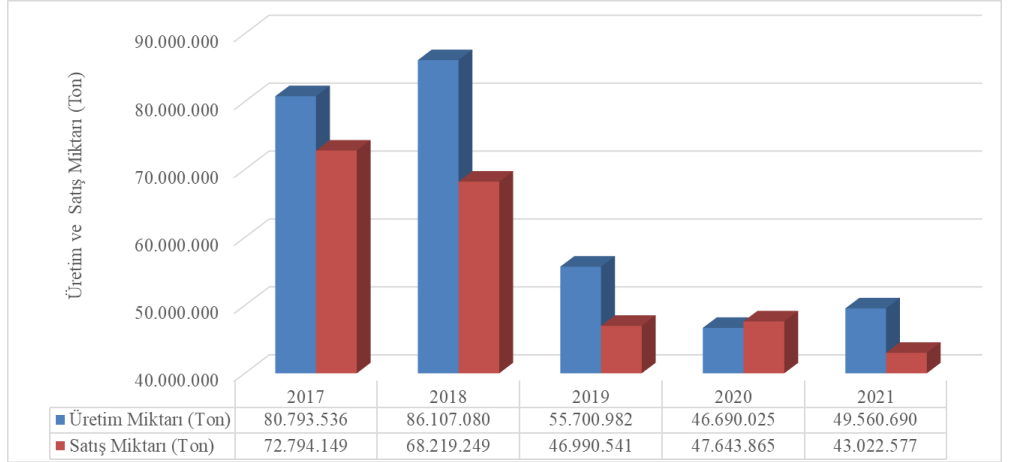
Avrupa yakasında, Cebeciköy ve Kemberburgaz çevresi 1. Bölge, Çatalca ve çevresi 2. Bölge, Karadeniz kıyısı 3. Bölge, Silivri ve çevresi 4. Bölge, Yalıköy Podima ise 5. Bölge olarak tanımlanmıştır. Anadolu yakasında ise, Ömerli ve çevresi 1. Bölge, Şile ve çevresi 2. Bölge, Gebze ve çevresi 3. Bölge, Şile Riva ise 4. Bölge olarak değerlendirilmiştir (Tablo 1). Tablo 1'de ayrıca İstanbul Anadolu ve Avrupa yakalarında agrega üretimi yapılan formasyonlar ve genel jeolojik özellikleri sunulmuştur [9]. İstanbul Avrupa yakasında ağırlıklı olarak kumtaşları ve kireçtaşları işletilmektedir. İstanbul Avrupa yakasında kumtaşı üretilen ocakların kireçtaşı üretilen ocaklardan daha fazla olmasına rağmen, geçmişte özellikle Cebeci Bölgesinde kireçtaşların yıllık üretim miktarı, kumtaşlarından fazla olmuştur. Bunun nedeni; kireçtaşlarına talebin daha fazla olmasıdır. Oysa kumtaşları, C40 ve altı sınıfı beton üretiminde yaygınca kullanılmaktadır. Hatta uygulama alanına göre doğru üretim prosesi, çimento ve katkı uygulandığında yüksek dayanımlı beton üretiminde de kullanılmaktadır [11-17]. İstanbul'da üretilen betonların %80-85'i C40 ve altı sınıfındadır. Dolayısıyla Cebeci Maden Bölgesi kuzeyi ile Cendere ve Arnavutköy ve diğer yakın bölgelerde üretilen kumtaşları yüksek dayanımlı betonlar ile asfalt üst tabakaları dışında, C40 altı betonlar ile dolgu imalatları ve diğer uygulamalarda kullanılabilir. Çatalca Bölgesinde üretilen kireçtaşlarının yer yer dayanımlarının düşük rağmen, beton üretimindeki performanslarının iyi olması kireçtaşı agregaları ile çimento arasında gelişen epitaksik bağlanma nedeniyledir.

İstanbul Anadolu yakasında ağırlıklı olarak kireçtaşları üretilmektedir. Bu kireçtaşlarının bazıları homojen olmakla birlikte bazıları kumtaşı-şeyl ardalı, bazıları ise özellikle dolomitik kireçtaşları, kil dolgulu yoğun karstik boşluklar içermektedir. Bu tür ardalı, ara tabakalar, dolgular yer yer agrega kalitesinde düşüşlere neden olmaktadır. Bunun dışında, İstanbul'da veya yakın çevresinde kumçakıl ocak sayısı gün geçtikçe bazı projeler veya kısıtlar nedeniyle sayıca azalmıştır. Buna karşın çok az sayıda ocakta kırma kum imalatı gerçekleştirilmektedir. Deniz kumu imalatı çok az miktardadır. Oysa dünyanın birçok gelişmiş ülkesinde olduğu gibi, uygun proses (yıkama-eleme) uygulandığında İstanbul'da deniz kumundan da faydalanılabilir.

### **3.İSTANBUL'DAKİ AGREGA TÜKETİMİ VE GELECEKTEKİ AGREGA İHTİYACI**

Türkiye'deki toplam agrega üretim faaliyetlerinin %20'si İstanbul'da gerçekleştirilmektedir. 2007-2013 yılları arasında İstanbul'daki agrega tüketimi hızla artmıştır. İstanbul Avrupa Yakasında 2007 yılında toplam agrega tüketimi yaklaşık 25 Milyon Ton iken, bu miktar 2013 yılında yaklaşık 27 Milyon Ton civarında kalmıştır. Öte yandan, İstanbul Anadolu Yakasında 2007 yılındaki toplam agrega tüketimi yaklaşık 20 Milyon Ton iken, bu miktar 2013 yılında 30 Milyon Tona çıkmıştır [9]. [10] verilerine göre; İstanbul'da yıllık tüketilen agrega miktarı 86,250 Milyon Ton'dur. (45 Milyon Ton Avrupa yakası, 41,250 Milyon Ton Anadolu Yakası). MAPEG'den alınan verilere göre; 2017 yılında İstanbul'da tüketilen agrega miktarı yaklaşık 73 milyon ton'dur. 2017 ile 2021 yılları arasında İstanbul da tüketilen bir başka deyişle satışı gerçekleşen agrega miktarı Şekil 1'de sunulmuştur.

Buna karşın İstanbul'da üretilen agrega miktarı 2017 yılında 81 milyon ton'dur. 2017 ile 2021 yılları arasında İstanbul'da üretilen agrega miktarı Şekil 1'de sunulmuştur. 2017 ile 2021 yılları arasında İstanbul'da satışı gerçekleşen agrega miktarı ile üretilen agrega miktarının karşılaştırılması da Şekil 1'de sunulmuştur.



**Şekil 1.** 2017 ile 2021 yılları arasında İstanbul'da satışı gerçekleşen agrega miktarı ile üretilen agrega miktarının karşılaştırılması.

[2]'ye göre kişi başına yıllık agrega tüketimi, gelir düzeyinin artması ile gelişmiş ülkelerdeki tüketim gereksinimleri irdelenmiştir. Yapılan bir projeksiyonda, 2010 yılı için yaklaşık 65 Milyon ton olarak varsayılan I(b) ve II(a) maden grupları kapsamında inşaat hammadde (genelde agrega) tüketiminin yıllar içinde belirli artış yüzdeleri ile 2023 yılında 135 Milyon tona ulaşmasının beklendiği belirtilmektedir. [10]'a göre "İstanbul İli ve Çevresindeki Agrega Madenciliği Durum Tespit Raporu"na göre, çimento ve agrega iş kolları inşaat sektörüne benzer büyüme oranları ile hareket etmektedir. [10] raporundaki projeksiyonda, son 5 yılda çimento tüketimindeki artış oranları doğrultusunda, gelecek 5 yılda kullanılacak agrega miktarının ortalama % 10, sonraki yıllarda ise ortalama % 5 artacağı öngörülmüştür. [2 ve 10]'a göre agrega üretim öngörülerini 2023 yılında yıllık ihtiyacın 135 Milyon Ton civarında olması konusunda benzerlik göstermektedir. [8] tarafından, 2014 yılı verilerinden hareketle, AGÜB Raporundaki eğriyi takip eden 10 Milyon Ton genişliğinde bir bandın, İstanbul İli için yıllık agrega ihtiyaç öngörüsü olarak ele alınmasının uygun olacağı belirtilmiştir. Ancak ülkemiz ve dünyadaki pandemi süreci ve akabinde yaşanan ekonomik zorluklar nedeniyle 2018 yılından sonra üretim miktarları azalmıştır. Gelecekte yoğun talebin olacağı beklenmektedir.

#### **4.İSTANBUL'DA AGREGA İŞLETMECİLİĞİNİN MEVCUT DURUMU VE GELECEĞİ İLE İLGİLİ ÖNERİLER**

İstanbul Bölgesinin Turizm ve Ticaret Merkezi olma yönünden küresel rekabette başarılı ve refah düzeyi yüksek bir bölge olması için, bölgede birçok büyük

mühendislik yapısı planlanmakta veya projelendirilmektedir. Bu projelerden bazıları; Kanal İstanbul Projesi, Kuzey Marmara Otoyolu Projesi, yol, köprü, demiryolu, tünel, baraj projeleri vb.'dir. Öte yandan büyük deprem riski altındaki İstanbul'da Kentsel Dönüşüm de önem arz etmektedir.

Agrega endüstrisi, buldukları bölgede, buldukları bölge ve çevreleri için üretim yapan, gerekli bir endüstridir. Özellikle İstanbul gibi büyükşehirlerde agreganın önemi çok daha fazla anlaşılmaktadır. Agregalar, üretimleri ve nakliyeleri ile ilgili çevresel ve sosyal tüm baskılara rağmen temel ve gerekli bir inşaat hammaddesi olarak kalmak durumundadır. Ancak İstanbul'daki agrega üretimi gün geçtikçe çok daha fazla kısıt ve çevresel baskılarla karşı karşıya kalmaktadır.

Agrega sahaları 'doğal koruma alanlarıdır ve bunlar yalnızca alan restore edilirken değil, agregaların çıkarılması sırasında da biyoçeşitliliğe katkıda bulunur. Özellikle yoğun nüfusun olduğu İstanbul'da agrega sahalarının bu özellikleri çok önem arz etmektedir. Ne yazık ki bu durum, ülkemiz dahil birçok ülkede halk tarafından bilinmemektedir.

İstanbul'daki agrega sektöründe kaynaklar kadar pazara erişim de hayatidir. Yoğun İstanbul trafiği koşulları dikkate alındığında, İstanbul içindeki mevcut kaynakların korunması, çevresel etkiler, zaman, ekonomi ve güvenlik açısından önemlidir.

## **KAYNAKLAR**

1. Tuğrul, A., (2011). Aggregate Production in İstanbul, Sustainable Aggregates Resource Management International Conference, pp. 123-129, 20-22 September 2011, Ljubljana, Slovenia.
2. -----, İTÜ Raporu, (2012). "İstanbul'un Kentsel Gelişim ve Dönüşüm Planlanmasında Çevresel Etkiler Dikkate Alınarak Agregaya İhtiyacının Karşılınması Ve Yıkıntı Atıklarının Değerlendirilmesi Araştırma Raporu", Aralık, 127 sayfa ve ekleri.
3. Tuğrul, A., Yılmaz, M., (2013). Agregaya Kaynaklarının Sürdürülebilir Kullanımı: İstanbul Örneği, 8. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi Bildiriler Kitabı, 13-15 Aralık 2015, Afyon, Türkiye, syf. 13-22.
4. Tuğrul, A., Yılmaz, M., (2014). İstanbul için Agregaya Kaynak Planlaması ve Sürdürülebilirliği, İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu 4 Genişletilmiş Bildiri Özetleri Kitabı, 15-19, 26-28 Aralık 2014 / İstanbul.
5. Tuğrul, A., Yılmaz, M., (2015). Agregaya Kaynaklarının Sürdürülebilir Kullanımında Planlamanın Önemi, 7. Ulusal Kırmataş Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 11-22, 5-6 Mart 2015 / İstanbul.
6. Tuğrul, A., Yılmaz, M., Hasdemir, S., Sönmez, İ., (2016). Sustainable management of aggregate resources in İstanbul, From: Eggers, M. J., Griffiths, J. S., Parry, S. & Culshaw, M. G. (eds) 2016. Developments in Engineering Geology. Geological Society, London. Geological Society Engineering Geology Special Publication, 27, 55-61.

7. Tuğrul, A., Yılmaz, M., (2017). Megakentler için Agregat Kaynak Planlamasının Önemi: İstanbul Örneği, IV. Uluslararası Taş Kongresi, İzmir, Türkiye, 20 - 25 Mart 2017, ss.108-109.
8. Zambak, C., Tuğrul, A., Topaloğlu, M., (2015). Maden Kanunu Gereğince, İstanbul'da Kısıtlama Getirilecek Maden Grupları ile İlgili Durum Değerlendirme Raporu, İstanbul Sanayi Odası, Çevre ve Enerji Şubesi için hazırlanmıştır.
9. Tuğrul, A., Zarif, İ.H., Ündül, Ö., Yılmaz, M., Korkanç, M., (2007). İstanbul Metropolitan Alanında Üretilen Agregalar ve Özellikleri, İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu III Bildiriler Kitabı, 243-253, 7-9 Aralık 2007 / İstanbul.
10. AGÜB Raporu (2019). "İstanbul İli ve Çevresindeki Agregat Madencilik Durum Tespit Raporu", Agregat Üreticileri Birliği, Eylül, 10 sayfa . ÇED Yönetmeliği (RG-25.11.2014, 29186)
11. Güler, B., Tuğrul, A., Hasdemir, S., Yılmaz Şahin, S., (2010). İstanbul'da üretilen farklı kökenli agregaların beton özelliklerine etkileri, Mühendislik Jeolojisi Türk Millî Komitesi Bülteni, Fikret Tarhan Özel Sayısı, 30, s 53-72.
12. Chang, T.P., Su, N.K., (1996). Estimation of coarse aggregate strength in high strength concrete. Materials Journal, V.93, No.1, pp 3-9.
13. Şengül, Ö., Taşdemir, C., Taşdemir, M.A., (2002). Influence of an aggregate type on the mechanical behavior of normal and high strength concretes, ACI Materials Journal, 99, 6, pp 528-533.
14. Güler, B., (2006). İstanbul Ayazağa-Cebeci-Çatalca bölgelerindeki agregat kaynaklarının yüksek dayanımlı betonda kullanılabilirliği, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 102syf.
15. Gültekin, A.H., Akkaya, Y., Keskin, G., (2011). Beton üretiminde kullanılan kumtaşı agregasının durabilite açısından incelenmesi, Hazır Beton Kongresi Bildirileri, s 227-240.
16. Şengül, Ö., Şengül C., Taşdemir C., Gökçalp, İ., Derin, E., (2013). Farklı mineralojik kökene sahip agregat içeren betonların mekanik özellikleri, Hazır Beton Kongresi Bildirileri, s 281-292.
17. Yılmaz, M., Bozkurt, B., Tuğrul, A., Turgut, T., (2017). Agregat yıkama prosesinin beton üretiminde kullanılan ince agregat kalitesine etkisi, Hazır Beton Kongresi Bildirileri.



## **İstanbul ve Yakın Çevresinde Bulunan Jeotermal Kaynakların Hidrojeokimyasal Özellikleri**

### *Hydrogeochemical Properties of Geothermal Waters in Istanbul and Its Surroundings*

**Doğacan Özcan<sup>a</sup>, Murat Beren<sup>a</sup>, Hakan Hoşgörmez<sup>a</sup>, Ali Malik Gözübol<sup>a</sup>, Çiğdem Çakıroğlu<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul*

<sup>b</sup>*Başiskele Belediyesi, Kocaeli*

*(dogacan.ozcan@iuc.edu.tr)*

**Öz:** İstanbul ilinin Esenyurt ilçesi jeotermal kaynak potansiyeli açısından bölgenin önemli lokasyonlarından biridir. Buna ek olarak İstanbul yakın çevresinde Başiskele'de de (Kocaeli) jeotermal kaynaklar tespit edilmiştir. Bu kapsamda alanın jeolojik ve hidrojeolojik bilgisinin artırılması amacıyla jeotermal kaynak belirleme çalışmaları yapılmıştır.

Esenyurt ilçesi Jeotermal kaynakları için temel kayaları KD-GB yönlü sıkışmalara maruz kalmıştır. Özellikle üst Miyosen'de havzanın olduğu bölgede çökelen karasal ve lagün sedimanları, Kuzey Anadolu Fay Zonu ile ilgili deformasyonlar nedeniyle kıvrımlanarak faylanmıştır. Taşkın ovası kilaşı seviyeleri ve laküstrin birimleri örtü kaya özellikleri göstermektedir. Eosen kireçtaşları bu jeolojik özelliklere göre sahanın rezervuar kayaları olarak belirlenmiştir. Akışkanın düşük sıcaklık, akış hızı ve kimyasal bileşim değişiklikleri, fay ve kırıkların özellikleri nedeniyle sahanın düşük entalpi ve uzun sirkülasyon süresine sahip olduğu gerçeğini ortaya koymaktadır. Esenyurt Kıraç ve Saadetdere olmak üzere iki jeotermal saha için iki kuyunun verileri değerlendirilmiştir. Kıraç bölgesinde açılan Beytepe Termal kuyusu için debi 35°C sıcaklıkta 6 lt/sn olarak ölçülmüştür. pH değeri 7.49 olarak belirlenmiş ve EC değeri 7680 µS/cm olarak ölçülmüştür. Suyun sınıfı NaCl'dir. Toplam çözünmüş madde değeri 4527.940 mg/l'dir. Saadetdere kuyusunun derinliği 1200 m'dir. Akışkan sıcaklığı 49°C olarak ölçülmüş ve debisi 15 lt/sn olarak belirlenmiştir. Akışkanın toplam çözünmüş katı madde değeri 37248 mg/l olmuştur. Suyun sınıfı da NaCl'dir.

Başiskele (Kocaeli) Jeotermal Sahası'nın araştırılması amacıyla yapılan hidrojeokimya ve gaz jeokimyası çalışmalarının sonuçlarına göre Başiskele Jeotermal Sahası'nı içeren bölgede, tabakalar sırasıyla Rodop -Pontit kuşağına ait metamorfikler, Üst Kretase yaşlı filiş, olistostrom, Orta Eosen yaşlı volkanik birimler, Pliyosen tortul kayaları ve Kuvaterner alüvyondan oluşmaktadır. Aktif Kuzey Anadolu Fay Zonu içerisinde yer alan çalışma alanında aktif fay hatlarını tespit etmek için 'sniffing' yöntemi kullanılarak yerinde radon ve toprak gazı ölçümleri yapılmıştır. Toprak gazı ölçümlerine göre oluşturulan haritalar, aktif fay zonlarını ve jeotermal potansiyele sahip yerleri ortaya koymuştur. Jeofizik çalışmalar bu yüksek potansiyelli konumlara odaklanmış ve çok ölçüm sayıda ölçüm yapılmıştır. Çalışma alanında açılan Çiğdem 1 kuyusu, 830 metre derinlikten sonra

başlayan metamorfiklere ait mermer, kalsist ve kuvarsitlerin kırıklarla birlikte ikincil geçirgenlik kazandığını göstermiştir. Böylece, bu birimler sistemin rezervuar kayalarını oluşturur. Piper ve Schöller diyagramlarına göre, sistemin suyu Na-Cl su sınıfındadır. Su örneğinin kimyasal analiz sonuçları, rezervuar sıcaklıklarını belirlemek için katyon jeotermometreleri kullanmak üzere Giggenbach Na-K-Mg diyagramında değerlendirilmiştir. Giggenbach diyagramı, Çiğdem 1 kuyu örneğinin tam dengede (olgun) olan sular sınıfında olduğunu göstermektedir. Rezervuar sıcaklığı Na-K termometre ile hesaplanmış ve hesaplanan sıcaklıkların 68,64 ile 73,42 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Kuyudan 57 °C'de alınan su numunesinin pH değeri 9,1'dir. Sulardaki belirgin elementlerin hidrokimyasal özelliklerine ve miktarlarına dayanarak, bu kaynakların balneolojik ve hidrotermal terapide kullanılması önerilmiştir.

*Anahtar Kelimeler:* İstanbul, Kocaeli, Jeotermal kaynaklar, hidrojeokimya

**Abstract:** Esenyurt district of Istanbul is one of the important locations of the region in terms of geothermal resource potential. In addition, geothermal resources have been identified in Başiskele (Kocaeli) in the immediate vicinity of Istanbul. In this context, geothermal resource determination studies were carried out in order to increase the geological and hydrogeological knowledge of the area.

The foundation rocks for the geothermal resources of Esenyurt district have been subjected to NE-SW directional compression. Terrestrial and lagoon sediments accumulated in the region where the basin was formed, especially in the upper Miocene, were curled and broken due to deformations related to the North Anatolian Fault Zone. Flood plain claystone levels and laküstrin units show cover rock characteristics. Eocene limestones have been identified as reservoir rocks of the site according to these geological features. Low temperature, flow rate and chemical composition changes of the fluid reveal the fact that the site has low enthalpy and long circulation time due to the characteristics of faults and fractures. The data of two wells for two geothermal fields, Esenyurt Kıraç and Saadetdere, were evaluated. The flow rate for the Beytepe Thermal well drilled in the Kıraç region was measured as 6 lt/s at a temperature of 35°C. The pH value was determined as 7.49 and the EC value was measured as 7680 µS/cm. The class of water is NaCl. The total value of dissolved matter is 4527.940 mg/l. The depth of Saadetdere well is 1200 m. The fluid temperature was measured as 49°C and the flow rate was determined as 15 lt/s. The total dissolved solid value of the fluid was 37248 mg/l. The class of water is also NaCl. As a result of the geological, geophysical and hydrogeochemical studies carried out within the scope of this study, two new geothermal fields were discovered in Esenyurt district.

According to the results of the hydrogeochemistry and gas geochemistry studies conducted for the purpose of investigating the Başiskele (Kocaeli) Geothermal Field, in the region containing the Başiskele Geothermal Field, the layers consist of metamorphics belonging to the Rhodope-Pontite belt, Upper Cretaceous aged filiş, olistostrom, Middle Eocene aged volcanic units, Pliocene sedimentary rocks and Quaternary alluvial respectively. In order to detect active fault lines in the study area located within the Active North Anatolian Fault Zone, radon and earth gas measurements were made in situ by using the 'sniffing' method. Maps created based

on soil gas measurements revealed active fault zones and locations with geothermal potential. Geophysical studies have focused on these high-potential locations and increased the number of measurements. The Çiğdem 1 well drilled in the study area showed that marbles, calcists and quartzites belonging to metamorphics that started after a depth of 830 meters gained secondary permeability with fractures. Thus, these units form the reservoir rocks of the system. According to the Piper and Schöller diagrams, the water of the system is of the water class Na-Cl. The results of the chemical analysis of the water sample were evaluated in the Giggenbach Na-K-Mg diagram to use cation geothermometers to determine reservoir temperatures. The Giggenbach diagram shows that the Crocus 1 well sample is in the class of waters that are in full equilibrium (mature). The reservoir temperature was calculated with the Na-K thermometer and the calculated temperatures ranged from 68.64 to 73.42 °C. The pH value of the water sample taken from the well at 57 °C is 9.1. Based on the hydrochemical properties and quantities of pronounced elements in the waters, these resources are proposed for use in balneological and hydrothermal therapy.

*Key Words:* İstanbul, Kocaeli, Geothermal resources, hydrogeochemistry



## **KENT JEOLJİSİ ve KENTSEL DÖNÜŞÜM**



## **İstanbul/Marmara Depremi Niçin Çok Boyutlu ve Çok Ölçekli Bir Dirençlilik Stratejisi Gerektiriyor?**

*Why Does the Istanbul/Marmara Earthquake Require a Multi-Dimensional and Multi-Scale Resilience Strategy?*

**H. Tarık Şengül**

*(htseng@metu.edu.tr)*

**Öz:** İstanbul ve Marmara Bölgesi nüfus, yapılı çevre ve içerdiği karmaşık ilişkiler açısından Türkiye'nin en dinamik yoğunlaşma alanıdır. Böylesi devasa ve stratejik bir bölgede depreme karşı dirençli bir coğrafya yaratmak **çok boyutlu** olduğu kadar **çok ölçekli** bir strateji de gerektirmektedir.

Çok boyutlu bir yaklaşımın gerekliliği deprem olgusunun çok boyutlu olmasıyla ilişkili değildir. Deprem yanında başta ekolojik riskler olmak üzere bir dizi olumsuzluğun birlikte ele alınarak "optimal" çözümlerin üretilmesi gerekmektedir. Diğer türlü deprem sorununu en aza indirgeyen bir yaklaşım başka krizleri tetikleme ya da derinleştirme riskini taşımaktadır.

Öte yandan çok ölçekli ve aktörlü bir dirençlilik stratejisi de aynı derecede önemlidir. Depremi sadece İstanbul ölçeğinde değerlendirdiğimizde bile merkezi yönetim-yerel yönetimler-sivil toplum kurumları-yerel topluluklar düzeyinde bir işbirliği ve işbölümüne ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu değerlendirme İstanbul örneğinde **kentsel dönüşüm** ve **lojistik** alanlarına yoğunlaşarak çok boyutlu ve ölçekli bir yaklaşımın dirençli bir kent yaratma açısından niçin önemli olduğunu göstermeyi hedeflemektedir.

*Anahtar Kelimeler: İstanbul, Deprem, Dirençlilik Stratejisi*

**Abstract:** Istanbul and the Marmara Region are Türkiye's most dynamic concentration area in terms of population, built environment, and the complex relationships it contains. Creating a resilient geography against earthquakes in such a vast and strategic region requires a strategy that is as multi-dimensional as it is multi-scaled.

The necessity of a multi-dimensional approach is not related to the multi-dimensional nature of the earthquake phenomenon. Alongside earthquakes, it is necessary to produce "optimal" solutions by considering a series of adversities, primarily ecological risks, together. Otherwise, an approach that minimizes the earthquake problem carries the risk of triggering or deepening other crises.

On the other hand, a resilience strategy that is multi-scaled and involves multiple actors is equally important. Even when we consider the earthquake only at the scale of Istanbul, there is a need for cooperation and division of labor at the level of central government-local governments-non-governmental organizations-local communities.

This assessment aims to demonstrate why a multi-dimensional and multi-scaled approach is important in creating a resilient city, with a focus on urban transformation and logistics areas using the example of Istanbul.

*Key Words: Istanbul, Earthquake, Resilience Strategy*



## **Türkiye'de Kentsel Dönüşüm Yaklaşımı ve Uygulamaları**

### *Urban Transformation Approaches and Practices in Türkiye*

**Handan Türkoğlu**

*Emekli Öğretim Üyesi, İTÜ Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü  
(handanturkoglu@gmail.com)*

**Öz:** Afet risklerinin azaltılması için yapılacak çalışmalar, büyük afetlerin beklendiği ve yerleşme düzeni riskli ülkemiz açısından ele alınması gereken önemli bir konudur. Bu çalışmada afetlerin yol açtığı can ve mal kayıplarının azaltılması, yerleşmelerin güvenli ve dayanıklı hale getirilmesi için kentsel dönüşüm uygulamaları ele alınacaktır.

Genel olarak, düzensiz yapılaşmış alanlar, riskli bölgelerde yapılaşmış alanlar, kent içinde işlevini yitirmiş bölgeler, uyumsuz kullanımlar, niteliksiz yapıların bulunduğu alanlar kentsel dönüşüme aday alanlardır. Ülkemizde 6306 sayılı yasa kapsamında riskli alan olarak ilan edilen alanlar kentsel dönüşüm alanları kapsamında değerlendirilmektedir.

Ülkemizdeki kentsel dönüşüm yaklaşımı planlama, tasarım, doğal, sosyal ve ekonomik yapı, ulaşım, altyapı, finansman, organizasyon ve hukuk konuları çerçevesinde ele alınacak stratejik mekânsal planlama süreci ile ilişkilendirilecek, uygulamadaki sorunlar tartışılacak ve öneriler sunulacaktır.

*Anahtar Kelimeler: Afet, Kent, Planlama*

**Abstract:** The work to be done for the reduction of disaster risks is an important issue that needs to be addressed for our country, where large disasters are expected and the settlement pattern is risky. This study will address urban transformation practices for reducing the loss of life and property caused by disasters and making settlements safe and resilient.

Generally, areas with irregular construction, areas built in risky regions, regions within the city that have lost their function, incompatible uses, and areas with poor-quality buildings are candidates for urban transformation. In our country, areas declared as risky under the Law No. 6306 are evaluated within the scope of urban transformation areas.

The urban transformation approach in our country will be associated with a strategic spatial planning process that addresses planning, design, natural, social, and economic structure, transportation, infrastructure, financing, organization, and legal matters; problems in practice will be discussed, and suggestions will be offered.

*Keywords: Disaster, City, Planning*

## **Deprem ve Kentsel Dönüşüm**

### *Earthquake and Urban Transformation*

**Kayhan Çakanel**

*Efeka Architects*

*(Kayhan.cakanel@efektanet.com)*

**Öz:** Bu bildiriye, başta İstanbul ve Marmara Bölgesi olmak üzere çok yüksek bir deprem riski taşıyan kent ve yörelerimizde hedeflenen kentsel dönüşüm çalışmaları için farklı bir bakış açısıyla geliştirilmiş öneriler tartışılacaktır. Ekolojik, ekonomik ve teknik gerçeklerden yola çıkılarak yapılan durum tespitleri ve analizler sonucunda geliştirilen çözümler sunulacaktır. Bu bağlamda insan, coğrafya, mimarlık, şehir planlaması ve mühendislik faktörlerinin kentsel dönüşüm süreçlerinin planlanması ve hayata geçirilmesi süreçlerindeki rolleri ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Coğrafya ve topoğrafya gerekliliklerine göre yapılmış imar planları; yetkin kişiler tarafından hazırlanan zemin etüdü, mimari ve mühendislik projeleri; doğru teknoloji ve malzeme ile kaliteli işçilik/müteahhitlik; doğru metodoloji ile sıkı yapı denetim; denetim süreçlerinin yapı izin belgesi (iskan) sonrası devamı; bilinçli ve şehir kültürü olan toplumlar; afet anında ve sonrasında kişi/kurum bazlı önceden belirlenmiş aksiyon planları; şehirlerin tümüne yayılmış risk analizleri; sadece bina bazlı değil, ada ve mahalle bazlı dönüşümler; müteahhit baskın değil, teknoloji ve bilim baskın bir inşaat sektörü ilk akla gelen çözümlerdir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Kentsel Dönüşüm, Çözümler

**Abstract:** In this paper, suggestions developed from a different perspective for targeted urban transformation in cities and regions with a very high earthquake risk, like Istanbul and the Marmara Region, will be discussed. Solutions developed as a result of due diligence and analysis based on ecological, economic and technical realities will be presented. In this context, the roles of human, geography, architecture, city planning and engineering factors in the planning and implementation of urban transformation processes will be discussed in detail.

Development plans made according to geography and topography requirements; soil mechanical, architectural and engineering projects prepared by competent people; quality workmanship/contracting with the right technology and materials; strict building inspection with correct methodology; continuation of inspection processes after the building permit (occupancy); societies with conscious and urban culture; predetermined action plans based on individuals/institutions during and after the disaster; risk analyzes spread across all cities; not only building-based, but also parcel- and neighborhood-based transformations; a construction industry that is not contractor-dominated but technology- and science-dominated are the first solutions that comes to mind.

Key Words: Earthquake, Urban transformation, Solutions

## **İstanbul'da Afet Odaklı Kentsel Dönüşüm İçin Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi**

### *Determining Priority Areas for Disaster-Focused Urban Transformation in Istanbul*

**Himmet Karaman**

*İstanbul Teknik Üniversitesi  
(karamanhi@itu.edu.tr)*

**Öz:** Artan düzensiz yapılaşma deprem riskini de arttırmıştır. Deprem tehlikesinin zararlarını en aza indirmek ve güvenli bir yaşam alanı yaratmak için öncelikli olarak tehlike ve risk alanlarının tespitinin yapılması ve kısa-orta ve uzun vadeli eylemler ile dönüşümün yol haritasının çizilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada yol haritasının ilk adımı olarak deprem tehlike ve risk haritaları elde edilme yöntem ve aşamaları ile birlikte sunulmuştur.

Bilindiği gibi, İstanbul il sınırları içindeki toplam 39 ilçenin yerleşim yerlerinde farklı yapılaşma türleri ile yaklaşık bir buçuk milyon yapı bulunmakta ve bu yapıların bulunduğu yoğun olarak eski yerleşime sahip bölgelerde tarihsel kataloglarda can ve mal kaybına neden olan çok sayıda deprem olduğu bilinmektedir. Bu depremlerden 1509, 1766, 1894 depremlerinin İstanbul ve çevre illerde önemli yıkımlara neden olduğu kaydedilmiştir. Bu faylar son 100 yılda sadece 1999 yılında önemli yıkıcı deprem oluşturmuş olduğundan İstanbul ili ve Marmara Denizini çevreleyen iller ölçeğinde deprem riskinin gün geçtikçe arttığı söylenebilir. Çalışma kapsamında İstanbul için beş farklı senaryo üzerinde odaklanmış ve senaryo depremleri kapsamında Marmara Fayının farklı çalışmalarda üretebileceği öngörülen üç farklı sismik deprem büyüklüğü dikkate alınmıştır. Bu senaryolar, hakkında en çok ve en güncel veri ve bilgi bulunan çalışmalar arasından olası büyüklüğü en fazla olup İstanbul'u en fazla etkileyebileceği düşünülen depremleri yaratma potansiyellerine göre seçilmiştir. Belirlenen en kötü durum senaryolarına göre coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak uygun azalım ilişkilerinde gerekli zemin sınıfı ve deprem tehlike haritalarının üretilmesi aşamaları ardından güncel yapı verisi ve hasar görebilirlik fonksiyonları ile deprem hasar analizlerinin gerçekleştirilip risk haritaları oluşturulmuştur. Zemin sınıfı haritası, daha önce yapılmış olan mikro bölgeleme çalışmaları gibi çalışmalarda elde edilen verilerin yayımlandığı raporlar, sismik istasyon zemin sınıfları (AFAD) ve elde edilebilen sondaj çalışma raporları derlenerek hesaplanan Vs30 değerleri mekânsal hale getirilerek oluşturulmuştur. Deprem tehlike haritaları ise deterministik olarak zamandan bağımsız, ilgili fay hatlarında meydana gelebilecek en büyük depremin yaratacağı yer hareketlerinin mekânsal olarak yeni nesil azalım ilişkileri (NGA) kullanılarak HAZTURK yazılımı ile modellenmesiyle oluşturulmuştur. Deprem tehlike haritalarının üretilmesi için gerekli asgari veriler; Zemin Sınıfı, Eğim Haritası, Deprem Odak Noktasına olan joyner-boore uzaklığı ve Fay Hattı Odak Mekanizmasıdır. Deprem tehlike haritasının üretilmesinden sonraki aşama deprem

hasar tahmini analizidir. Yine CBS kullanılarak gerçekleştirilen deprem hasar analizinde binaların konumları da yüksek önem taşır. Yapıların deprem kaynağına uzaklıkları, yapıların üstünde inşa edildikleri yüzeysel jeolojik yapı, zemin özellikleri ve oluşturulan tehlike haritası üzerinde yapıya etki eden ivme değerleri, yapının depremden ne ölçüde etkileneceğinin belirlenmesinde kullanılır.

Yapılarda deprem nedeniyle oluşabilecek hasarların tahmin edilebilmesi için ilgili yapının deprem nedeniyle oluşacak etkiye verebileceği tepkinin modellenmesi gerekmektedir. Kırılgenlik ya da hasar görebilirlik olarak adlandırılan bu fonksiyonlar, sarsıntı şiddeti, sistem talebi ve aynı sistemin tepki sınırını aşmasının şartlı olasılıkları arasındaki ilişkiler olarak tanımlanırlar. Çalışma kapsamında kullanılan HAZTURK yazılımında Türkiye'deki yapı türleri için gerçekleştirilen karot, itme ve yapısal analizler ile elde edilen; rijitlik, dayanım ve süneklik miktarları ile, daha ileri simülasyonlara gerek duyulmadan analitik tabanlı olasılıksal türetilen parametrik kırılgenlik ilişkileri ile bölgesel kayıp analiz çalışmaları tamamlanmıştır. Sonuç olarak bina hasar olasılıklarının yüksek olduğu bölgeler noktasal bina verilerininin 100x100 metrelik gridlerde birleştirilmesi ile elde edilmiş ve ortalama toptan göçme ve ağır hasar alma olasılıklarına göre 5 ayrı sınıfa ayrılmıştır.

*Anahtar Kelimeler: Deprem, Hazturk, Kentsel Dönüşüm, Risk, Tehlike, CBS*

**Abstract:** The increase in irregular urbanization has also raised the risk of earthquakes. To minimize the damage from earthquake hazards and create a safe living space, it is first necessary to identify hazard and risk areas and to draw the roadmap of transformation with short, medium, and long-term actions. This study presents the methods and stages of obtaining earthquake hazard and risk maps as the first step of the roadmap.

As known, there are approximately one and a half million structures with different types of construction within the boundaries of the 39 districts of Istanbul, and many earthquakes that have caused loss of life and property in historical catalogs are known to have occurred in densely populated old settlement areas. It has been recorded that the earthquakes of 1509, 1766, and 1894 caused significant destruction in Istanbul and surrounding provinces. Since these faults have produced a significant destructive earthquake only in 1999, it can be said that the earthquake risk is increasing day by day at the scale of the province of Istanbul and the surrounding provinces of the Sea of Marmara.

Within the scope of the study, five different scenarios for Istanbul have been focused on, and three different seismic earthquake magnitudes that the Marmara Fault could produce in different studies have been considered. These scenarios were selected based on the potential to create earthquakes that are among the most likely in magnitude and could have the greatest impact on Istanbul according to the most current and abundant data and information available. Following the steps of producing ground class and earthquake hazard maps using geographic information systems (GIS) based on the worst-case scenarios identified, earthquake damage analyses were performed using current building data and damage susceptibility functions, and risk maps were created. The ground class map was created by spatially rendering Vs30 values calculated by compiling data obtained from reports published

from studies such as previous microzonation studies, seismic station ground classes (AFAD), and available drilling reports. Earthquake hazard maps were created by modeling the spatial movements that the biggest earthquake that could occur on relevant fault lines would generate, using new generation attenuation relations (NGA) and the HAZTURK software in a deterministic and time-independent manner. The minimum data required for the production of earthquake hazard maps are Ground Class, Slope Map, Joyner-Boore distance to the earthquake focus, and Fault Line Focus Mechanism. The next step after producing the earthquake hazard map is the earthquake damage estimation analysis. The location of buildings, which is again conducted using GIS during the earthquake damage analysis, is of high importance. The distances of the structures to the earthquake source, the superficial geological structure on which the buildings are constructed, the soil properties, and the acceleration values affecting the building on the created hazard map are used to determine how much the building will be affected by the earthquake.

To predict the damage that can occur in buildings due to an earthquake, it is necessary to model the response that the relevant building can give to the effect that will be caused by the earthquake. These functions, known as fragility or damage susceptibility, are defined as the relationships between shaking intensity, system demand, and the conditional probability of exceeding the response limit of the same system. Within the scope of the study, regional loss analysis studies have been completed with parametric fragility relations derived analytically without the need for further simulations, with the amounts of stiffness, strength, and ductility obtained through core, pushover, and structural analyses for building types in Türkiye in the HAZTURK software used.

In conclusion, regions with high building damage probabilities have been obtained by combining point building data in 100x100 meter grids and have been divided into 5 different classes according to average collapse and severe damage probabilities.

*Keywords: Earthquake, Hazturk, Urban Transformation, Risk, Hazard, GIS*

# **İstanbul Adalar İlçesi Deprem Risklerini Azaltma Amaçlı Eylem Planı Önerisi**

## *Action Plan Proposal to Reduce Earthquake Risks in Adalar District of Istanbul*

**Haluk Eyidoğan<sup>a</sup>, Ali Erkurt<sup>b</sup>, Asu Aksoy<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>*Saksılı sok, No:3-1, D.2, Heybeliada, Adalar, İstanbul*

<sup>b</sup>*Maden mah., Donanma sok, No 22, Büyükada, Adalar, İstanbul*

<sup>c</sup>*İstanbul Bilgi Üniversitesi, Beyoğlu, P.K. 347, İstanbul  
(eyidoganh@gmail.com)*

**Öz:** İstanbul Adalar İlçesi'nin sivil ve tarihi miras yapılarının depremden korunması, maddi ve can kayıplarının azaltılması ve deprem dayanıklı bir yapı kazanması amacıyla güçlendirme/yenileme eylemleri için bir eylem planı önerilmiştir. Makalede, Adalar İlçesi'nde toplumu ve yapıları depreme hazırlama ve risk azaltma amaçlı çalışmalar yapacak bir büro ve ekip kurulması yönünde öneride bulunulmuştur. Geliştirilecek proje ve uygulamalarla ilgili alt yapının ve kaynakların oluşturulması konusunda, merkezi ve yerel yönetimin ilgili kurumlarının ve STK'ların işbirliklerinin geliştirilmesi çok önemlidir. Adalar İlçesinin kentsel sit özelliklerinin korunarak yapılarının güçlendirilmesi ve geleceğe güvenle devredilmesi, sorunun önemli bir paydaşı olan Adalar Halkımızın bu konuda bilinçlendirilmesi ve sürece katılımının sağlanması gereklidir. Bu makalede önerilen eylem ve işbirliği modeli diğer ilçelerimiz için de bir örnek oluşturabilir.

**Abstract:** An action plan has been proposed for strengthening/renewal in order to protect the civil and historical heritage structures of İstanbul Adalar District from earthquakes, to reduce material and life losses, and to gain an earthquake-resistant structure. In the article, a proposal was made to establish an office and a team to prepare the society and structures for earthquakes and reduce risk in the Adalar District. It is very important to develop cooperation between the relevant institutions of the central and local government and NGOs in creating the infrastructure and resources related to the projects and applications to be developed. It is necessary to preserve the urban protected features of the Adalar District, strengthen its structures and transfer it safely to the future, and raise awareness of the people of the Islands, who are an important stakeholder of the problem, and ensure their participation in the process. The action and cooperation model suggested in this article can serve as an example for our other districts.

## **1. GİRİŞ**

İstanbul Adaları olarak bilinen Adalar İlçesi (Prens Adaları) irili ufaklı 9 adadan oluşmaktadır. Bunlar, büyüklük sırasıyla; Büyükada, Heybeliada, Burgaz Adası, Kınalıada, Sedef Adası, Yasısıada-Demokrasi ve Özgürlük Adası, Sivriada, Tavşan

Adası ve Kaşık Adası'dır. Son üç adada yerleşim yoktur. Adalar yüzölçümünün %65'i ormanlık alandır. Adalar İlçesi'nin tümü kentsel, arkeolojik ve doğal sit alanıdır.

Adalar Kuzey Marmara Fayı'na en yakın konumdadır (8-11 km) ve TDTH (2019)'a göre adalar sağlam zemin için 0.5-0.6 g arasında maksimum yatay ivmeye maruz kalacaktır [1]. Yerleşik nüfus kışın 16 bin civarındadır. Yaz dönemlerinde yazlıkçıların konutlarına gelmesiyle birlikte yerleşik nüfus 50-60 bine ulaşabilmektedir. Yaz döneminde gününbirlik ziyaretçiler nedeniyle nüfus daha da artmaktadır. Deprem tehdidi altında olan Adalar kentsel sitinde yaklaşık 6.217 adet bina vardır. Bu yapıların yaklaşık 1.500'ü çeşitli derecelerde tescilli tarihi miras sınıfındadır. Önceki yıllarda yapılmış sayımlara ve tespitlere göre adalardaki tüm yapıların %50 si betonarme karkas, %41'i yığma ve % 9'u ahşap karkastır. Bu binaların %27'sinin yapım yılı bilinmemektedir. Binaların%5'i 1950 öncesi, %39'u 1951-1980 arası, %25'i 1981-2000 arası ve %4'ü 2011 yılı sonrası inşa edilmiştir. Adalar'da kat sayısı en fazla üç olan bina oranı % 86.5'tur.

Toplam 6.217 binanın kaliteleri incelendiğinde; yapıların genel olarak iyi durumda (%58.3) olduğu belirlenmiştir [1]. Adalar genelinde bulunan yapıların %35'i orta kalitede, %7'si ise kötü kalitede olduğu belirtilmektedir. Bu tespit bina bazında ayrıntılı mühendislik etütlerine dayanmadığından, söz konusu binaların bir program çerçevesinde envanterinin ve risk durumlarının yeniden analizi gerekmektedir. İBB (2019a)'a göre olası büyük depremde beklenen hasar dağılımı sayıları şöyledir; çok ağır hasar 413 bina, ağır hasar 743 bina, orta hasar 1.894 bina ve hafif hasar 1.842 bina [2]. Bu tespitlere göre kullanılamaz duruma gelen bina sayısı toplamın yüzde 49'u olmaktadır. Bu oran İstanbul'un diğer ilçelerinden daha yüksektir. Aynı deprem senaryosuna göre can kaybı sayılar ise şöyledir; can kaybı 76 kişi, ağır yaralı 61 kişi, hafif yaralı 378 kişi. Bu sonuçlar ikamet kaydı olan 16.000 kişi için yapılmıştır. Yaz aylarında nüfusun 3 veya 4 kat arttığı durum için bu senaryonun yenilenmesi gerekir. Sayılara bakıldığında [2], olası büyük depremde Adalar ilçesinde önemli derece can kayıpları ve bina hasarları olacağını ve bina kayıp oranının İstanbul'daki diğer ilçelerden fazla olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda, başta Adalar olmak üzere İstanbul'un tüm ilçelerinde olası büyük depremin etkilerini ve kayıp risklerini azaltacak önlemler almak, eylem planları hazırlamak ve uygulamak en akılcı yol olacaktır.

Dünya mirası özellikleri taşıyan bu ilçenin afetlere karşı can güvenliğini sağlanması ve kentsel sitin peyzajına en az müdahale ile bir güçlendirme ve iyileştirme sürecinin başlaması hayati öneme sahiptir. Bu amaçla, aşağıda ayrıntıları verilen bir örgütlenme ve eylem planı önerilmektedir. Önerimiz, öncelikle Adalar'da paylaşımcı yöntemlerle çalışan bir teknik büro mekânının ve ilgili uzmanlardan oluşan bir ekibin oluşturulmasıdır. Adalar ilçesinin kıyıları deprem sırasında oluşacak tsunamiden en önce ve en fazla etkilenecektir. Ayrıca, Marmara Denizi çukur yamaçlarında yerleşik büyük heyelan kütleleri deprem olmadan da bir tsunami potansiyeli taşımaktadır [3]. Geliştirilen tsunami sayısal modeli (PIN) sonuçlarına göre, Adalar ilçesi için en kritik sismik tsunami kaynağının, Marmara Denizi içinde bulunan Prens Adaları Fayı olduğu [3] ve kıyılarda maksimum su basma derinliğinin bazı yerlerde 12 metreye yükselebileceği, su basma uzaklığının ise 200 metreye

ulaşabileceği hesaplanmıştır. PIN kaynaklı olası depremde tsunami durumunda, Adalar ilçesinin %8.8'ini kapsayan 1 km<sup>2</sup>'lik bir alanda ve 10 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Alansal olarak en yüksek su basma alanının görüldüğü mahalle %27 ile Burgazada-Kaşık Adası'dır. Bu değeri %22 ile Sivri Ada takip etmektedir. İlçe genelinde su basma derinliğinin en yüksek hesaplandığı mahalle noktasal olarak 12 m ile Maden Mahallesi'dir.

## **2. ADALAR SİVİL VE KÜLTÜREL MİRAS YAPILARINI DEPREME HAZIRLAMA VE RİSK AZALTMA BÜROSU**

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarihi miras ile ilgili yapılan çalışmalar çerçevesinde Adalar İlçesi koruma amaçlı projeler için pilot alan ilan edilmiştir [4]. Bu çerçevede, Adalar İlçesi'nde sivil ve kültürel miras yapılarının depreme hazırlanması ve risklerin azaltılmasına yönelik tespit, araştırma ve uygulamaları yapacak ve çeşitli disiplinlerden uzmanların katılacağı bir büronun kurulmasını önermekteyiz. Bu büronun mekânının ve insan kaynaklarının İBB, Adalar Belediyesi (AB), ilgili meslek odaları, STK ve imar planlama süreçlerinde, özellikle afet riskini azaltma önerilerinde görüş bildiren bu makale yazarlarının da dahil olduğu gönüllüler gruplarıyla işbirliği çok yararlı olacaktır.

### **2.1. İnsan kaynakları**

Önerilen uzmanlıklar şunlardır: a) Restorasyon uzmanı mimarlar, b) Yapıların statik sorunlarında uzmanlaşmış inşaat mühendisleri, c) Jeofizik/Jeoloji/Jeoteknik uzmanları, d) Harita mühendisleri, e) Farklı yapı türleri için tespit, güçlendirme ve restorasyon teknikleri konusunda çalışacak eğitimci ve uygulama konusunda eğitim verecek uzmanlar, f) İmar mevzuatı, kültür ve tabiat varlıkları mevzuatı, çevre mevzuatı konusunda deneyimli hukukçular, g) Sivil ve kültür mirası yapıların korunması, restorasyonu ve güçlendirilmeleri ve deprem riskine karşı alınacak önlemler için geçerli olan destek, hibe ve kredi mevzuatını bilen finansçılar ve banka temsilcileri. Bu büronun kuruluş aşamasında ihtiyaç duyulacak olan bu kadronun sürece göre değişiklik göstermesi ve şekillenmesi gerekebilir.

### **2.2. Yerelde katılım**

Yerel katılım için a) Adalar Belediyesi kadrosu ve uzmanları, b) Adalar Kent Konseyi, c) Birikimleri, kütüphaneleri ve arşivleri ile Adalı STK'lar, d) Adalar Müzesi yayınları, kütüphane ve arşivi, e) Adalı yerel akademisyenlerin ve bağlı buldukları kurumların gönüllü katılımı, f) Saha çalışmalarına katılmak ve eğitilmek isteyen adalı gönüllüler, g) Büroya başvuran her adalıya bilgi verme ve kılavuzluk edebilecek kişiler. Büronun 6 konuda faaliyet göstermesi önerilmektedir.



### **2.2.1. Tespit, Belgeleme ve Envanter Çalışması**

Adalar'da 2010 yılında yapılmış yerbilimsel mikro-bölgeleme araştırmasının yeniden gözden geçirilmesi ve yerleşime uygunluk konusunda varsa eksikliklerin tamamlanması gerekir. Adalar'daki tüm yapıların (tescilsiz ve tescilli tarihi yapılar) yerleşime uygunluk, mekânsal uygunluk ve yapı dayanıklılığı kapsamında deprem risklerinin belirlenmesi, güçlendirme ve yenileme önceliklerinin sınıflandırılması önerilmektedir. Adalar'daki tescilli kültür mirası yapıların envanteri konusunda İBB'nin Kültür Varlıkları Daire Başkanlığı'nca hazırlanmış kapsamlı bir arşivi vardır. Arşivi oluşturan uzman grubunun bu kültür envanterine deprem riski karşısında binanın durumu ile ilgili bilgileri eklemesi gerekmektedir. Bu çalışmalarla ilgili Adalar Belediyesi imar dosyaları ve Adalar Müzesi arşivleri önemli kaynaklar olacaktır.

### **2.2.2. Proje Geliştirme**

Yukardaki madde kapsamında çalışılmış tüm yapıların deprem riski katsayısı göz önüne alınarak projelendirilmesi gerekmektedir. Bugün Adalar'da bu hizmet mal sahiplerinin talebi ile serbest piyasa tarafından verilmektedir. İstanbul'daki bazı ilçe belediyeleri tescilli tarihi yapılar için, hizmetin önemli bir parçası olan rölöve ve restitüsyon proje çalışmalarını talep eden mal sahiplerine bedelsiz olarak vermektedir [5]. Benzer şekilde bu hizmetin bedelsiz verilmesi sonucunda elde edilecek yapı riskleri envanteri ile Adalar'daki bir çok yapının önemli proje finansmanı olanağına kavuşması sağlanabilecektir. Büyükşehir Belediyesi şirketlerinden BİMTAŞ ve KİPTAŞ bu konuda destek olabilir. Bunun dışında gönüllü piyasa firmaları ve üniversitelerden de bu konuda destek alınabilir. Bu konuyu ayrı bir proje haline getirerek çeşitli afete hazırlık ve koruma destek fonlarına başvurulabilir.

### **2.2.3. Parsel bazında zemin etütleri (Ayrıntılı Jeofizik, Jeoloji, Jeoteknik (AJ))**

Adalar'da önceki yıllarda yapılmış yerbilimsel mikro-bölgeleme çalışmaları esas alınarak sorunlu alanlarda jeofizik, jeoloji ve jeoteknik incelemelerle daha ayrıntılı zemin çalışmalarının ilçe bütününde yapılması gereklidir. Bu bilgiler yapılacak güçlendirme/yenileme projelerinin ruhsatlandırılması sürecinde gereklidir. Zemin etütleri sonrası ortaya çıkan sonuçlara göre sorunlu zeminlerin iyileştirilmesi planlanmalıdır. Bu konu da ayrı bir başlık olarak ele alınabilir. Bu ölçümler için en önemli örgütleyici İBB'nin ilgili kuruluşları olabilir. Bu konuda Jeofizik Mühendisleri Odası, Jeoloji Mühendisleri Odası ve İnşaat Mühendisleri Odası ile işbirliği yapılması önerilir.

#### **2.2.4. Eğitim**

Adalı inşaatçı, esnaf ve zanaatkarlar için tescilli ve tescilsiz yapılarda koruma ve güçlendirme tekniklerine yönelik eğitim toplantılarının üniversite ve piyasa uzmanları ile ortak olarak organize edilmesi, eğitim verilmesi önerilir. KUDEB'in bu konuda eğitim programları vardır. Bunlar ahşap ve taş atölyeleridir. Bu teknik eğitim programları İSMEK ve Halk Eğitim Merkezi kurs programları içinde düşünülebilir [6], teknik eğitim dışında kuramsal koruma eğitim programlarının inşaatçılara verilmesi ve sertifika almalarının sağlanması önerilir. KUDEB'in yanısıra akademisyen uzmanların da koruma konusunda kurs düzenlemeleri gerekir. Tescilli Kültür Mirası Koruma Derneği tarafından hazırlanmış olan "Tarihi Evlerde Yaşam" kitapçığı ve videolar bu konuda yardımcı olabilir [7]. Bu kurslardan sertifika alan uygulayıcıların basit onarım ve restorasyon şantiyelerinde yer alması önerilir.

#### **2.2.5. Hukuk Danışmanlığı**

Yapı sahibi hak sahiplerine güçlendirme veya bina yenileme konusundaki yasal prosedür konusunda danışmanlık hizmeti verilmesi önerilir. Yapıların yasal sorunları için başvuran mal sahiplerine her türlü imar sorunu ile ilgili yönlendirici danışmanlık yapan bir hizmetin bu büro kapsamında olması önerilir.

#### **2.2.6. Finans Danışmanlığı**

Deprem riskine karşı yenileme, dönüşüm ve güçlendirme için devlet tarafından sağlanan finans/kredi olanakları ile, gene devlet tarafından kültür varlıkları için verilen desteklerden nasıl yararlanılabileceği konusunda da danışmanlık hizmet vermesinin sağlanması önerilir. Yapıların güçlendirme ve restorasyonu için kaynak arayışında olan mal sahiplerine yönlendirici danışmanlık yapan bir hizmetin yukarıda önerdiğimiz büro kapsamında olması sağlanmalıdır. Adalar'da kurulacak büroyu çalıştıracak bilgi, eleman ve ekipman potansiyeli İBB'ye bağlı daire ve kurumlarda bulunmaktadır. Bu destek gücünün Adalar'ın yerel kapasitesi ile birleştirilmesi anlayışına dayanan bir örgütlenme gereklidir. Örgütlenme saydam, bilgi akışı ortak veri tabanları erişilebilir olmalıdır.

### **3. ADALAR'DAKİ YAPI TÜRLERİNE GÖRE ÖNERİLER**

#### **3.1. Betonarme Yapılar**

İstanbul'daki betonarme yapılar için ön inceleme yapabilecek bir sistem İBB tarafından uygulanmaktadır [8]. Bu tarama sisteminin Adalar ilçesindeki binaların deprem dayanımı ile ilgili uygulanabilirliği araştırılmalıdır. Adalardaki tescilsiz betonarme yapıların neredeyse tamamının 2000 yılı öncesinde kötü koşullarda üretilen beton ve vasıfsız çelik ile inşa edilmiş olmaları, bunların zaten yeterince güvensiz yapılar olduğunu gösteriyor. Burada önemli olan her yapının kendi özelinde incelenmesi ve projelendirilmesidir. Çoğunluğu 2 veya 3 katlı olan bu

binalara uygun güçlendirme teknikleri uygulanması gerektiği ve uzmanlarla yapılan toplantılarda güçlendirmenin olanaklı olduğu anlaşılmaktadır.

### **3.2. Yığma Yapılar**

Adalar'daki yapıların yaklaşık %41'ı yığma tekniği ile yapılmış binalardır. Bunların önemli bir bölümü tescilsizdir. Yığma yapıların Adalar kentsel peyzajına çok önemli katkıları vardır. Sit alanının hemen hemen yarısını kapladıkları için kültürel miras değerleri söz konusudur. Bu yapılar çoğunlukla 2 veya 3 katlıdır ve sayıları yaklaşık 2.700 civarındadır. Gerek deprem riski incelemeleri ve gerekse de güçlendirme teknikleri konusunda çalışacak uzman mühendis sayısı yeterli değildir. Bu konuda üniversitelerden destek almak ve akademisyenlerin açacağı kurslara gönüllü inşaat mühendisi ve mimarların katılmasını sağlamak gerekir. Bu kursların tek tek uzmanlarca bina örnekleri üzerinde yapılması ve her binanın ders objesi olarak kullanılarak hem bina raporunun oluşturulması ve beraberinde yeni uzmanların yetişmesi mümkün olacaktır.

### **3.3. Ahşap Yapılar**

Ahşap yapıların neredeyse tamamı tescillidir. Geçerli restorasyon ve koruma mevzuatı çerçevesinde bu yapılar sağlıklı ve dayanıklı duruma getirilebilir. Farklı yapı türlerinde dayanıklılığı sağlama girişimi yanı sıra alt yapı sistemlerinin de depreme dayanıklılığı konusunda analizlerin ve uygulamaların yapılması gerekmektedir. Doğal gaz, elektrik, su, haberleşme altyapılarının projeleri deprem, yangın ve tsunami afetleri göz önüne alınarak revize edilmelidir.

## **SONUÇ**

Adalar ilçemizin tarih ve kültür varlıkları dahil her türlü yapının depremden korunması ve maddi ve manevi kayıplarının azaltılması amaçlı güçlendirme/yenileme eylemlerine yönelinmesi acildir. Bu amaçla, Adalar İlçesi sivil ve kültürel miras yapılarını depreme hazırlama ve risk azaltma uygulamaları için bir büro ve ekip oluşturulması yönünde öneride bulunulmuştur. Projeler için kaynakların yaratılması konusunda Bakanlık, Adalar Kaymakamlığı, Adalar Belediyesi, İstanbul Kültür Varlıklarını Koruma Kurulu, KUDEB, Adalar Kent Konseyi ve STK'larla işbirliklerinin geliştirilmesi önemlidir. Bunu yaparken doğal, tarihi, arkeolojik ve sit alanlarında yapılan yanlışlara düşmemeli, rant heveslerine ve kimlik bozulmalarına fırsat ve geçit vermemeliyiz. Bu süreçte Adaları seven ve korunması ve kollanmasını isteyen kişi ve kurumların ortak çabası gerekiyor. Adalar İlçesi'nin kentsel sit özelliklerinin korunarak yapılarının güçlendirilmesi ve geleceğe güvenle devredilmesi, sorunun önemli bir paydaşı olan Adalar Halkımızın bu konuda bilinçlendirilmesi ve sürece katılımının sağlanması önemli bir görev olarak önümüzde durmaktadır. Bu makalede önerdiğimiz çalışma ve örgütlenme modeli diğer ilçelerimiz için de bir örnek oluşturabilir.

## **KAYNAKLAR**

1. Eyidoğan, H., 2023. Adalar'da Olası Deprem-Tsunami Tehlike Değerleri ve Yapı Stoku İlişkileri Üzerine Değerlendirme ve Öneriler, Adalı Dergisi, Sayı 213, Mart. <https://adalidergisi.com/tum-sayilar/2023/mart-sayi-213/adalarda-olasi-deprem-tsunami-tehlike-degerleri-ve-yapi-stoku-iliskileri-uzerine-degerlendirme-ve-oneriler/>
2. İBB, 2019a. İstanbul İli Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi Projesi, <https://depremezmin.ibb.istanbul/calismalarimiz/tamamlanmis-calismalar/istanbul-ili-olasi-deprem-kayip-tahminlerinin-guncellenmesi-projesi/>
3. İBB, 2019b. İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi Raporu <https://depremezmin.ibb.istanbul/calismalarimiz/tamamlanmis-calismalar/istanbul-ili-marmara-kiyilarinda-tsunami-kaynakli-risk-arastirmasi/>
4. Adalar Vakfı, Kültürel Miras Çalışma Kurulu Raporu, 2023.
5. URL [https://www.fatih.bel.tr/webfiles/userfiles/files/3\\_%20BÖLÜM\(1\).pdf](https://www.fatih.bel.tr/webfiles/userfiles/files/3_%20BÖLÜM(1).pdf)
6. URL-2 <https://kudeb.ibb.istanbul/ahsap-egitim-atolyesi/>
7. URL-3 <http://kmkd.org/tarihi-evlerde-yasam/>
8. URL-4 <https://binatespiti.ibb.istanbul>

**EROSKAY OTURUMU**

**MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ve JEOTEKNİK**





**Prof. Dr. Okay Eroskay**  
**1938 –**

**İstanbul Üniversitesi ve İstanbul Kültür Üniversitesi'ne  
değerli katkılarda bulunmuş Prof. Dr. Okay Eroskay'a  
saygılarımızı sunuyoruz.**





## İstanbul'da Sığ ve Çoklu Yeraltı Kazılarının Etkileşiminde Kritik Yer Koşulları

### *Critical Ground Conditions in the Interaction of Shallow and Multiple Underground Excavations in Istanbul*

**Yılmaz Mahmutoğlu**

*İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
(yilmazm@itu.edu.tr)*

**Öz:** Kentsel alanlardaki yoğun yerleşimlerin, tarihi ve kültürel yapıların, sanayi tesislerinin, dolgu alanları ve zayıf zeminlerin altından geçirilen sığ yeraltı kazıları, projelendirme öncesi detaylı araştırma, tasarımda esneklik, özel önlem, uygulamada titizlik ve düzenli izleme gerektirir. Jeolojik ortamlardaki mühendislik uygulamaları zaman ve boyut bağımlı birer süreçtir. Bu uygulamalar sırasında yer koşulları değişir. Birbirine yakın veya bitişik, eş zamanlı veya ardışık çoklu kazıların birikmeli etkileri yer koşullarında ilave olumsuzluklara neden olur, etkileşilen alan zamanla büyür ve zayıflar. Projelendirme, tasarım, yöntem seçimi, işlem ve uygulamadan kaynaklanan eksiklik veya aksaklıklar çoğu zaman aşılması zor ve maliyetli çözümlere yol açar. Sonuçta, genellikle, “öngörülemeyen veya beklenmedik jeolojik durum” kavramı sığınlan gerekçedir. Bu nedenle jeoloji mühendisinin sadece saha etütlerinde değil, projelendirme, tasarım, uygulama, kontrol ve izleme çalışmalarının bütünlüğünün sağlanmasında da yetki ve sorumluluk alması bir zorunluluktur. Ülkemizde, yetki ve sorumluluklar açısından yasal altyapı tam olarak oluşturulmamış olsa da bu gereklilik, son yıllarda, pratikte anlaşılmalı, kabullenilmiş ve mesleki açıdan önemli bir avantaja dönüşmüştür. Bildiride, İstanbul Metrosu özelinde sığ ve çoklu yeraltı kazılarında karşılaşılan sorunlar tanıtılmış, 7 farklı lokasyonda, yaşanan sorunların aşılması için, çözüm amaçlı yapılan bazı değişiklikler ve öneriler üzerinde durulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kritik yer koşulları, Jeoteknik etkileşim, İstanbul Metrosu, Çoklu yeraltı kazısı.

**Abstract:** Shallow underground excavations passing under dense settlement in urban areas, historical and cultural structures, industrial facilities and artificial fills require detailed site investigations before projecting, flexibility in design, special precautions, accurateness in application and regular geotechnical monitoring. Engineering applications in geological environments are a time- and dimension-dependent process. During these applications, ground conditions change significantly. The cumulative effects of multiple excavations, close to or adjacent to each other, simultaneous or consecutive, cause additional negativity in ground conditions, the interacted area grows and weakens over time. Deficiencies or disruptions arising from projecting, design, selected method and applied processes often lead to difficult and costly solutions to overcome. After all, one often takes refuge in the concept of "unforeseen or unexpected geological circumstance". For

this reason, it is a necessity for the geological engineer to take authority and responsibility not only in site investigations, but also in ensuring the integrity of projecting, design, implementation, control and monitoring studies. Although the legal situation in our country in terms of professional responsibilities is not fully defined, this requirement has been understood and accepted in practice in recent years and has turned into an important advantage from a professional point of view. In the paper, the problems encountered in shallow and multiple underground excavations in the Istanbul Subway were introduced and some changes and suggestions made for the solution in order to overcome the problems experienced in 7 different locations were emphasized.

*Key Words:* Critical ground conditions, Geotechnical interaction, Istanbul Subway, Multiple underground excavation.

## **1.GİRİŞ**

İstanbul gibi mega şehirlerde arazi kullanımında doğal eşik değerler aşılmış, yerin altı üstünden de değerli hale gelmiştir. Uzun vadeli, kalıcı altyapının yeraltına taşınması kaçınılmaz hale gelmiştir. Ulaşım sorununu çözmeye yönelik 1950'lerdeki fizibilite etütleri genişletilerek, ilk uygulama 1990'larda başlatılmıştır. 2022 yılı itibarıyla, İstanbulda işletilen, yapımı devam eden ve planlanan raylı ulaşım hatların toplam uzunluğu 834.5km'dir [1]. Metro tünellerinin inşaatı, gelişmiş teknolojiyle birlikte Tünel Açma Makinaları (TBM) veya klasik NATM (Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu) yöntemiyle de açılabilir. İstanbul Metrosu kapsamındaki peron, makas, merdiven ve bağlantı tünelleri ile bazı anahat tünellerinin tamamı için NATM yöntemi öngörülmüştür. NATM bir tüneli çevreleyen kaya ve zemin oluşumlarının halka şekilli bir destekleme yapısı bütünlüğü içerisinde birleştirildiği bir yöntem olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntemde, kazı yapılan ortamı kısmen veya tamamen kendine taşıtmak felsefesiyle, kazı boşluğu etrafında bir miktar rahatlamaya izin veren sistematik bulonlama, hasır, çelik iksa ve püskürtme beton gibi elemanlardan oluşan esnek ön destekleme ile kazı boşluğu etrafında kaya içerisinde kemerlenmenin sağlanması ve radyal gerilmelerin dengelenmesi amaçlanır. Ancak kentsel yerleşim alanlarında, risk analizi yapılarak yeraltı kazıları nedeniyle yüzeye erişecek deformasyonların engellenmesi veya sınırlandırılması gerekmektedir. Ayrıca kritik lokasyonlar için düzenli ölçme ve izlemeyi öngören jeoteknik izleme ağı oluşturularak yeraltı kazılarının çevresel etkileri denetlenmektedir. Bu nedenle, deformasyonları engellemek ve güvenli bir şekilde tünel kazısını yapabilmek için jeolojik ortamın karakterine uygun kazı-destek sistemini tasarlamak bir zorunluluktur.

İstanbul Metrosunda NATM'a göre projelendirilen ve yapılan tünel kazılarında tünel destekleme elemanlarının tasarımı için Q ve RMR-CSIR kaya kütleli sınıflamaları yaygın olarak kullanılmaktadır [3 ve 4]. Bu iki kaya sınıflaması kullanarak elde edilen sonuçların ÖNORM 2203 [5] ile karşılaştırması Tablo 1 de verilmiştir. Bu kaya sınıflamalarında, planlanan yeraltı açıklığı boyunca uzayan ve etkileşim bölgesinde kalan kayaların jeolojik – jeoteknik özellikleri, arazi kullanımı, tünel kesiti, tünel üzerindeki örtü yükü, tünel kazısı sırasında karşılaşılabilecek kayanın

süreksizlik özellikleri, ayrışması, yeraltısuyu gibi kazı öncesi ilksel duruma karşılık gelen özellikler dikkate alınmakta ve açıklık stabilitesinin sağlanmasına

**Tablo 1. İstanbul Metrosu Kazı Destek Sınıflarının Uygulamada Sıkça Kullanılan Kaya Sınıflamaları İle Karşılaştırılması [2].**

BARTON KAYA KÜTLESİ NİTELİĞİ (Q)	BIENIAWSKI KAYA KÜTLESİ DEĞERİ (RMR)	ÖNORM B 2203 Ekim 1994 Öncesi	ÖNORM B 2203 Ekim 1994 Sonrası	İstanbul Büyükşehir Belediyesi Metro Kaya Destek Sınıfı
1000	101			
400	94			
100	82.7	A1 STABİL	A1 SAĞLAM	
40	76			A1
10	65	A2 AŞIRI SOKÜLEN	A2 SONRADAN AZ DÖKÜLEN	
4	60		B1 GEVREK	
1	58		B2 ÇOK GEVREK	
0.1	47			A2
0.1	40	B2 ÇOK GEVREK	B3 TANELİ	
0.01	29			A3
0.01	20	C1 BASKILI	C1 DAĞ ATMA	
0.01	17		C2 BASKILI	
0.01	15	C2 ÇOK BASKILI	C3 ÇOK BASKILI	A3 ÖZEL TİP
0.01	10			
0.01	5	L1 GEVŞEK ZEMİN YÜKSEK KOHEZYON	C4 AKICI	A5
0.001	2.5	L2 GEVŞEK ZEMİN DÜŞÜK KOHEZYON	C5 ŞİŞEN	

yönelik destekleme elemanlarının tür, sıklık ve niteliklerinin tanımlaması hedeflenmektedir. Ancak, projelendirme ve tasarım aşamalarında yapılan analiz ve hesaplamalara, yer koşullarının yeterince yansıtılmaması (yeraltı koşullarında belirsizlik), basitleştirilmesi, gözardı edilmesi veya uygulamadan kaynaklanan eksiklik ve hatalarla da sıkça karşılaşmıştır. İşletmeye alınan hatlarda sonradan yaşanan sorunlar bunun açık kanıtıdır.

Bildiride, İstanbul Metrosu özelinde sığ ve çoklu yeraltı kazılarında karşılaşılan sorunlar tanıtılmış, 7 farklı bölgede, yaşanan sorunun aşılması için, çözüm amaçlı yapılan bazı değişiklikler ve öneriler üzerinde durulmuştur.

## **2.İSTANBUL METROSUNDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR**

İstanbul Metrosu kapsamında yapımı tamamlanan veya devam edilen 7 hat üzerinde karşılaşılan sorunlar Tablo 2'de özetlenerek verilmiştir. Projenin gerçekleştirme süresi ve maliyeti, çevre ve yapı güvenliği, projede revizyon, tadilat ve tamirat gibi önemli zorluklar oluşturan problemlerin genellikle zayıf jeolojik ortamlarda, sığ derinliklerde yapılan bitişik veya ardışık çoklu kazılarla ilişkili olduğu görülmektedir. Bunların dışında özellikle anakayanın türü, fay, ezilme-parçalanma zonu, diskordans, dayk, karst boşluğu gibi yapıların da noktasal ve küçük çaplı sorunlara neden olduğu bilinmektedir. Tablo 2'de sunulan örneklerden de anlaşılacağı üzere, taşıma gücü düşük, zayıf kaya ve zemin özelliği taşıyan Neojen yaşlı jeolojik oluşumlarda, sığ kazıların etkisi yüzeye kadar erişebilmektedir. Derin tünel kazıları sırasında ise bu tür jeolojik oluşumlar örtü yüklerini ( $H_R$ ) karşılayamadığı için kazı boşluğu stabilitesinin sağlanmasında zorluklar yaşanmaktadır.

İstanbulda, tünel açımını olumsuz etkileyen kritik hususlar esasta 4 alt kategoride değerlendirilebilir. Bunlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

### **2.1. Jeolojik ortamın türü ve yapısından kaynaklanan güçlükler**

Kazı boşluğunun stabilitesi üzerinde etkili ilksel özelliklerin başında jeolojik ortam koşulları gelmektedir. Anakayayı oluşturan Paleozoyik ve Senozoyik yaşlı birimlerin tamamı delme-patlatmalı kazı tekniğini gerektirmektedir. Bu durum kentsel alanda önemli yapay sarsıntı ve gürültüye neden olmaktadır. Anakayayı oluşturan formasyonlarda yeraltı kazılarının stabilitesini çoğu zaman primer ve sekonder süreksizlikler lokal düzeyde etkilemektedir. Dayk, fay zonu, tabakalaşma, diskordans yüzeyi, ezilme-parçalanma ve ayrışma zonları, yeraltısuyu kısa mesafede aşılabilen sorunlar olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak, anakayayı örten genç, gevşek, henüz iyi pekişmemiş, suya doymuş, durum değişimine hassas birimler ciddi problemlere neden olmakta, maliyeti yüksek zaman alıcı işlem ve uygulamalar gerektirmektedir. Bu türden ortamlar içinde açılan sığ yeraltı kazılarının yüzeye yansiyabilecek etkilerini engellemek, açıklık stabilitesini sağlamak zordur ve çoğu halde iyileştirme, sağlamlaştırma, ilave destekleme ve özel tasarım gerektirmektedir.

### **2.2. Arazi kullanımı**

Kontrolsüz, düzensiz ve plansız olarak ortaya çıkmış yapı stoğunun, sarsıntıya hassas sanayi tesislerinin, derin temel kazılarının, mevcut yeraltı iletim hatlarının, 1999 depreminde hasar görmüş binaların, tarihi, antik ve kültürel kagir yapıların bulunduğu alanların altında yapılan metro tüneli kazılarında, standartların izin verdiği oturma değerlerinde bile hasarlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle, bu tür alanlarda oturumları minimize etmek için daha fazla tahkimat gerektiren kazı-destek

sistemleri seçilmekte, uygulamada ilave maliyete neden olan işlemler gerekmektedir. Ayrıca kentin uzun tarihi geçmişi boyunca yer yüzünde veya yeraltında oluşturulmuş yapılar önemli sorunlara neden olabilmekte, proje takviminde uzamaya neden olabilmektedir.

**Tablo 2. İstanbul Metrosu hatlarında sorunlu lokasyon örneklerinde yer koşulları ve proje kriterleri.**

No	Lokasyon	Kazı Kesiti Alanı (m <sup>2</sup> )	H <sub>R</sub> (m)	Açım Yöntemi	Problemin Türü	Kritik Yer Koşulu	Formasyon	YAS
1	Kaynarca-Sabiha Gökçen Hattı Anahat Tüneli	A ve B 36	15-30	NATM	Aşırı Sökülme Stabilite Kazılabilirlik	Zayıf örtü, YAS Kazılabilirlik	Yapay Dolgu Dolayoba ve Gözdağ	Var Var Yok
2	Çekmeköy-Sultanbeyli Hattı Makas Tüneli	T1.2 172	30	NATM	Konsolidasyon ve Sıkışma Projelendirme	Zayıf kaya YAS	Sultanbeyli	Var
3	Dudullu-Bostancı Metrosu Parseller İstasyonu	T1.2 172	17	NATM	Stabilite Projelendirme	Jeolojik Yapı Yüzey Suyu	Sultanbeyli	Yok
4	KMM Hattı Mecidiyeköy ve Çağlayan İstasyonları Arası Makas Tüneli	T1.2 172	40	NATM	Tasarım	YAS Boşluk Suyu Basıncı	Trakya	Var
5	Marmaray Sirkeci İstasyonu	Pilot Tünel 25		NATM	Yüzey Oturması Konsolidasyon	Zayıf kaya Yapı stoğu	Trakya Formasyonu	Var
6	Esenler Kirazlı Hattı Anahat Tünelleri	A 36	<20	TBM	Yüzey Oturması ve Göçük	Zayıf kaya Sığ kazı	Çukurçeşme Güngören	Var Yok
7	Mahmutbey-Esenyurt Hattı Makas Tüneli	T1.2 172	40	NATM	Sıkışma (Squeezing)	Zayıf kaya Örtü yükü	Ceylan Formasyonu	Var

### **2.3. Çoklu kazıların etkileşimi**

İstasyonlardaki peron tünellerinin bulunduğu bölgede çok sayıda bağlantı tüneli olması, havalandırma, EMK (elektrik, asansör, acil kaçış vb.) shaftlarının peron tünellerine ulaşım sağlayan eğimli merdiven tünelleri, arakat tünellerinin yapımı aşamasında, çok sayıda farklı kesitte birebiriyle bağlantısı olan kazılar yapılmaktadır. Ayrıca geniş kesitli T tipi makas tünellerinde ve birbirine yakın ikiz anahat tünellerinin aşamalı ve ardışık kazıları jeolojik ortamda önemli örselenmelere ve zayıflamaya neden olmaktadır. Bu tür çoklu kazıların etkileri girişim yapmakta, istenmeyen sekonder gerilme durumu oluşmaktadır.

### **2.4. Projelendirme ve tasarım**

Projelendirme ve tasarım aşamalarında yapılan analiz ve hesaplamalara, yer koşullarının yeterince yansıtılmaması (yeraltı koşullarında belirsizlik), basitleştirilmesi, gözardı edilmesi veya uygulamadan kaynaklanan eksiklik ve hatalarla da sıkça karşılaşılmıştır. İşletmeye alınan hatlarda sonradan yaşanan sorunlar bunun tartışma götürmeyecek açık kanıtlarıdır.

## **3.SONUÇLAR**

Jeolojik ortamlardaki mühendislik uygulamaları zaman ve boyut bağımlı birer süreçtir. Bu uygulamalar sırasında yer koşulları değişir. Birbirine yakın veya bitişik, eş zamanlı veya ardışık çoklu kazıların birikmeli etkileri yer koşullarında ilave olumsuzluklara neden olur, etkileşilen alan zamanla büyür ve zayıflar. Projelendirme, tasarım, yöntem seçimi, işlem ve uygulamadan kaynaklanan eksiklik veya aksaklıklar çoğu zaman aşılması zor ve maliyetli çözümlere yol açar. Sonuçta, genellikle, “öngörülemeyen veya beklenmedik jeolojik durum” kavramı sığınılan gerektir.

## **KAYNAKLAR**

1. Metro İstanbul., (2022). Raylı Sistemler Haritası, <https://www.metro.istanbul>
2. Barış, C., Mahmutoğlu, Y., (2018). Türkiyede yeni avusturya tünel açma yöntemiyle (NATM) açılan metro tünellerinde tercih edilen kaya sınıflamaları, Yer Mühendisliği, 11, 24-32.
3. Barton, N., Lien, R., Lunde, J., (1974). Engineering classification of masses for the design of tunnel support, Rock Mechanics, 6,4, 189-236.
4. Bieniawski, Z.T., (1989). Engineering Rock Mass Classifications, Wiley, New York.
5. ÖNORM (1994). Underground works. Contracts for material and labour. ÖNORM B 2203. Österreichisches Normungsinstitut, Wien (in German).

## **Tünel – Yapı – Zemin Etkileşiminin Üç Boyutlu Analizi**

### *Three-Dimensional Analysis of Tunnel-Structure-Ground Interaction*

**İbrahim Kuşku**

*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği  
Bölümü*

*Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, Büyükçekmece-İstanbul  
(ibrahim@iuc.edu.tr)*

**Öz:** Kentsel alanlarda kaçınılmaz bir şekilde mevcut tünellerin etki alanı içerisinde inşaat faaliyetleri yürütülmektedir. Tünelin üst yapı projesiyle etkileşiminin belirlenmesi her iki yapının güvenliği için gerekli olup bu doğrultuda etkileşim analizleri sıklıkla 2D, çok sınırlı düzeyde ise 3D modellerle gerçekleştirilmektedir. Her iki analiz türünde de üst yapı projesinin analiz modelinde tanımlanması sırasında yapılan kabullerin sonuçlar üzerinde etkisi önemli bir konudur. Çalışmada, Plaxis 3D yazılımı kullanılarak farklı iki yapı modelleme yaklaşımı kullanılarak, tünel – yapı – zemin etkileşim analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda yapı modelleme tipinin zeminde efektif gerilme değişimi ile tünel kaplamasındaki yük ve deformasyon değişiminde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

*Anahtar Kelimeler:* Tünel yapı etkileşim analizi, sonlu elemanlar yöntemi, zemin

**Abstract:** In urban areas, construction activities are inevitably carried out within the area of influence of existing tunnels. Determining the interaction of the tunnel to the superstructure project is essential for the safety of both structures. Interaction analyses are frequently performed using 2D and to a limited extent in 3D models. In both types of analysis, the impact of the assumptions made during the definition of the superstructure project in the analysis model on the results is an important issue. In the study, tunnel - structure - ground interaction analysis was performed using two different structure modeling approaches in Plaxis 3D software. As a result of the analysis, it is concluded that the type of structure modeling has an effect on the effective stress variation in the ground and the load and deformation variation in the tunnel lining.

*Key Words:* Tunnel structure interaction analysis, finite element method, soil

## **1.GİRİŞ**

Büyükşehirlerdeki artan nüfus ve bulunla birlikte artan ulaşım gereksinimleri, yeraltı ulaşım sistemleri ve yapılaşmayı kaçınılmaz bir şekilde bir arada tutmaktadır. Tünel projelerinin hayata geçirilmesinde, tünelin yapıyla olan etkileşimi birçok araştırmacı tarafından değerlendirilmiştir [1 – 3]. Sınırlı sayıda araştırmacı ise mevcut tünelin yakınındaki inşaat faaliyetlerinin tünele etkisini değerlendirmiştir [4 – 6]. Mevcut tüneller üzerinde inşa edilecek yapıların tünelle olan etkileşiminin belirlenmesi her

iki proje güvenliği için değerlendirilmesi gereken önemli bir konu durumundadır. Bu konuda sol yıllarda kullanımı hızla artan sonlu elemanlar yöntemiyle üç boyutlu (3D) etkileşim analizlerinde kaçınılmaz sadeleştirmeler ve bu sadeleştirmelerin sonuçlara etkisi önem verilmesi gereken konuların başında gelmektedir. Bu çalışmada, mevcut bir tünel ile temeli tünelin 7 m üstünde bulunan bir yapının etkileşimi değerlendirilmiş ve sonuçlarda yapı modelleme tipinin etkisi incelenmiştir. Plaxis 3D yazılımı kullanılarak yapılan analizler sonucunda, yapı düşey taşıyıcı elemanlarının konumlarına dayalı modellenerek, düşey çizgisel elemanlarla temele aktarıldığı modelleme tipinin üniform yapı yükü modeline göre daha başarılı sonuçlar ortaya çıkarttığı belirlenmiştir.

## **2.YAPI ve TÜNEL PROJESİNİN ÖZELLİKLERİ**

Başakşehir – Kayaşehir Metro Hattı, Kirazlı – Başakşehir – Olimpiyatköy Metro Hattı'nın devamı niteliğinde, 6.20 km uzunluğunda, birbirine paralel eksenlerde ikiz tünel hattıdır. Bu hattaki iki tünel, tünel açma makinesi (TBM) kullanılarak, 6.30 m dış çap ve 5.70 m iç çapta dairesel kesit oluşturacak şekilde, 0.30 m kalınlığında prekast beton segmentler kullanılarak inşa edilmiştir (Şekil 1.a). Tünellerin üzerinde inşası planlanan yapı ise 51 m x 85 m ölçülerinde dikdörtgen şekilli 0.80 m kalınlığında radye tipte sığ temel sistemiyle projelendirilmiştir. Yapı, iki adedi bodrum olmak üzere, birbirinden farklı alanlara sahip toplam 7 kattan oluşmaktadır (Şekil 1.b). Yapı taşıyıcı sistemi düşey elemanları, uzun ekseninde 12, kısa ekseninde 8 aksta konumlandırılmış, 60/60 cm kesitli kolonlardan ve 25 cm kalınlığında asansör çevre perdelerinden oluşmaktadır. Başakşehir – Kayaşehir Metro Hattı eksenini, yapının uzun eksenine dik olup sol tünel eksenini yapının uzun ekseninin yaklaşık ortasındadır. İki tünel arası mesafe eksenden eksene 31.80 m, tünellerin tavanı ile yapı temelleri arasındaki mesafe ise 7 m'dir. Bu alanda tünellerin örtü kalınlığı 11 m ile 15 m arasında değişmektedir.

Yapı temellerinin inşa edileceği ve tünellerin inşa edilmiş olduğu zemin kesiti, üstten alta, yapay dolgu, kil, kıltaşı ve şeyl düzeylerinden oluşmaktadır. Yapay dolgu düzeyleri 0.50 m ile 2.50 m arası kalınlıktadır. Yapay dolgu altında, açık kahverengi, çok katı, orta – düşük plastisiteli siltli kil düzeyi, alanın batısında 5 m kalınlıkta olup doğu – kuzeydoğu kesiminde 25 m'den daha kalındır. Kıltaşı düzeyi ise 7.50 m ile 12 m arası kalınlıkta değişmektedir. Alanda, her biri 25 m derinliğinde yapılan 6 adet karotlu zemin araştırma sondajında jeolojik istifin en altında şeyl düzeyi belirlenmiştir. Sondajlarda yapılan periyodik ölçümlerde yer altı suyu düzeyi belirlenmemiştir. Oluşturulan 3D jeoteknik model Şekil 1b'de verilmiştir. Bu modele göre, yapı temeli kil düzeyi üzerinde inşa edilecektir. Alanda, sol tünelin yaklaşık 45 m'lik kesimi, sağ tünelin ise yaklaşık 20 m'lik kesimi kıltaşı içerisinde açılmıştır. Tünellerin diğer kesimleri ise kısmen kil kısmen kıltaşı düzeyleri içerisinde (Şekil 1.c ve Şekil 1.d).

Etkileşim analizinde kullanılmak üzere belirlenen jeoteknik parametreler Tablo 1'de verilmiştir. Doğal birim hacim ağırlığı ( $\gamma_n$ ) ve doygun birim hacim ağırlığı ( $\gamma_d$ ) değerleri; örselenmemiş örneklerle yapılan, birim hacim ağırlık, su içeriği ve özgül



ağırlık deneylerine ait sonuçlar kullanılarak belirlenmiştir. Statik elastik parametreler olan, referans gerilmeye bağlı, sekant elastisite modülü ( $E_{50}^{ref}$ ), ödometrik elastisite modülü ( $E_{oed}^{ref}$ ) ve yeniden yükleme/boşaltma modülü ( $E_{ur}^{ref}$ ) değerleri jeofizik çalışmalar sonucu belirlenen kayma dalgası hızları ( $V_s$ ) kullanılarak hesaplanmıştır. Alanda 5 farklı doğrultuda yapılan jeofizik çalışmalar sonucu, her bir düzey için çok kanallı yüzey dalgası analiz yöntemine (MASW) göre belirlenen kayma dalgası hızları Tablo 1'de verilmiştir. Yapay dolgu ve kil düzeyler için kayma mukavemeti parametrelerinin belirlenmesinde Terzaghi vd. [6] tarafından önerilen plastisite indisi ( $I_p$ ) – efektif kayma mukavemeti açısı ( $\phi'$ ) ilişkisi kullanılmıştır. Kıvam limiti deneyleri sonucu hesaplanan plastisite indisi değerlerinin geometrik ortalamasına göre belirlenen temsilci değerleri, yapay dolgu düzeyler için  $I_{p(ort)}=\%35$ , kil düzeyler için ise  $I_{p(ort)}=\%22$ 'dir.

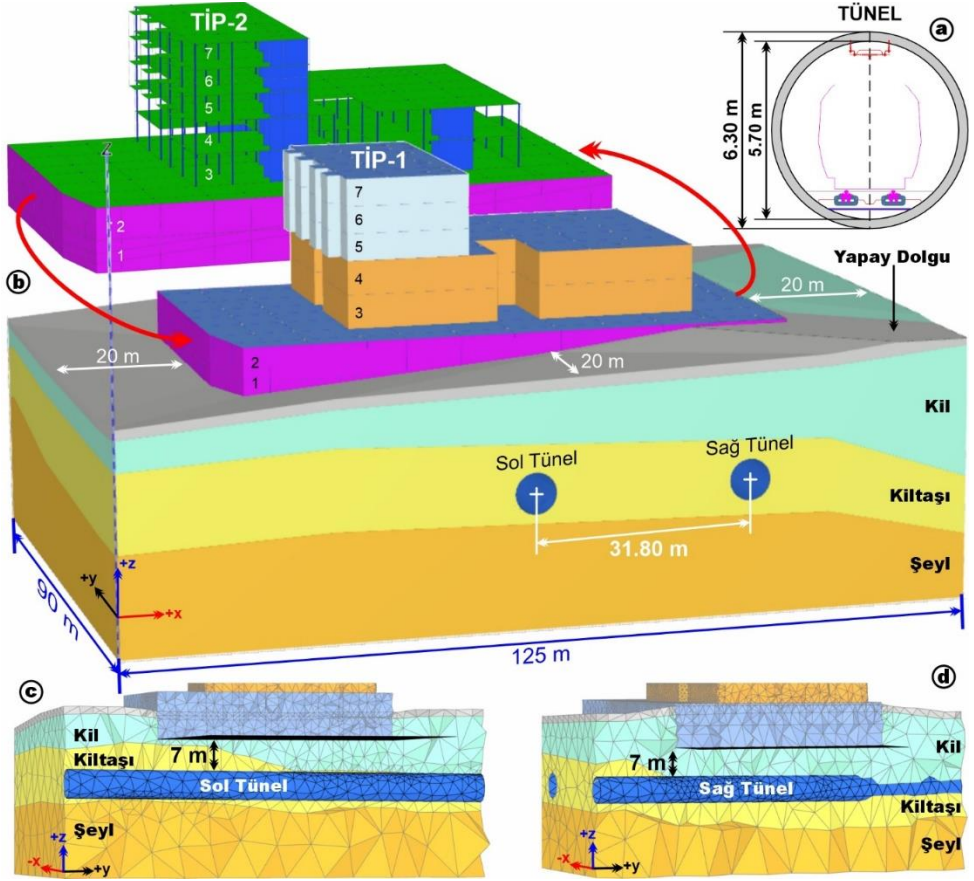
### **3.ÜÇ BOYUTLU SONLU ELEMANLAR ANALİZİ**

Bu çalışmanın temel amacı, tünel – yapı – zemin etkileşiminin analizi ve bu analizlerde yapı yükü modelleme tiplerinin analiz sonuçlarına etkisini değerlendirmektir. Bu doğrultuda, etkileşim analizinde üç boyutta modellemeye ve sonlu elemanlar (FE) yöntemiyle hesaplamalara imkân tanıyan Plaxis 3D yazılımı kullanılmıştır. Etkileşim analizi için FE modelinin sınırları, sınır etkisini önlemek ve analiz sonuçları üzerindeki önemli etkileri en aza indirmek amacıyla, yapı temeli sınırlarından  $\pm x$  ve  $\pm y$  yönünde, tünel alt kotundan  $-z$  yönünde 20 m uzakta seçilmiştir (Şekil 1.b). Analiz modeli  $x$  ve  $y$  eksenindeki toplam boyutu  $x_{mak}=125$  m ve  $y_{mak}=90$  m'dir. Zemin tabakası 10 düğüm noktalı tetrahedral, yapı kolonları 3 düğüm noktalı çizgisel, tünel kaplaması ve yapı kat döşemeleri 6 düğüm noktalı düzlemsel elemanlarla modellenmiştir. Zemin ile yapısal elemanlar arası ise 12 düğüm noktalı ara yüzey elemanı ile modellenmiştir. Tanımlanan ara yüzey elemanı mukavemet azaltma faktörleri ( $R_{inter}$ ) Tablo 1'de verilmiştir. Çalışmada, orta ağ boyutu kullanılmış olup, daha hassas bölgelerde ağ boyutu küçültülmüştür. Ağın yanal sınırları yanal hareketlere karşı sınırlandırılmıştır. Ancak, dikey hareketlere izin verilmiştir. Alt sınır dikey ve yatay hareketlere karşı sabitlenmiştir. Bu koşullar çalışma boyunca tüm sonlu eleman modellerine uygulanmıştır.

Etkileşim analizinde, modeldeki zemin elemanlarının simülasyonu için, 2. Bölümde verilen jeoteknik özellikleri yansıtılmasına imkân tanıyan, gerilmeye bağlı deformasyon ve kayma gerilmesine bağlı hacimsel genleşme özelliklerine sahip, elasto-plastik olduğu varsayılan, Sertleşen Zemin (HS) modeli [8] kullanılmıştır. Yapısal elemanların ise doğrusal elastik malzeme modeli olduğu varsayılmıştır. Analizlerde kullanılan jeoteknik model parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Jeoteknik model parametreleri.

Tabaka	$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$V_s$ (m/s)	$E_{oed}^{ref}$ (MPa)	$E_{50}^{ref}$ (MPa)	$E_{ur}^{ref}$ (MPa)	$\phi'$ (°)	$c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$m$ ( )	$p_{ref}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$R_{inter}$ ( )
Dolgu	18	19	200	12	12	36	25	5	0.8	10	0.7
Kil	20	21	320	76	76	228	30	5	0.8	45	0.8
Kiltası	22	23	500	290	290	870	35	20	0.7	160	0.9
Şeyl	24	25	800	810	810	2430	40	30	0.5	385	0.9



**Şekil 1.** a: Tünel tip kesiti, b: 3D analiz modeli, c: Sol ve d: Sağ Tünel jeoteknik kesiti.

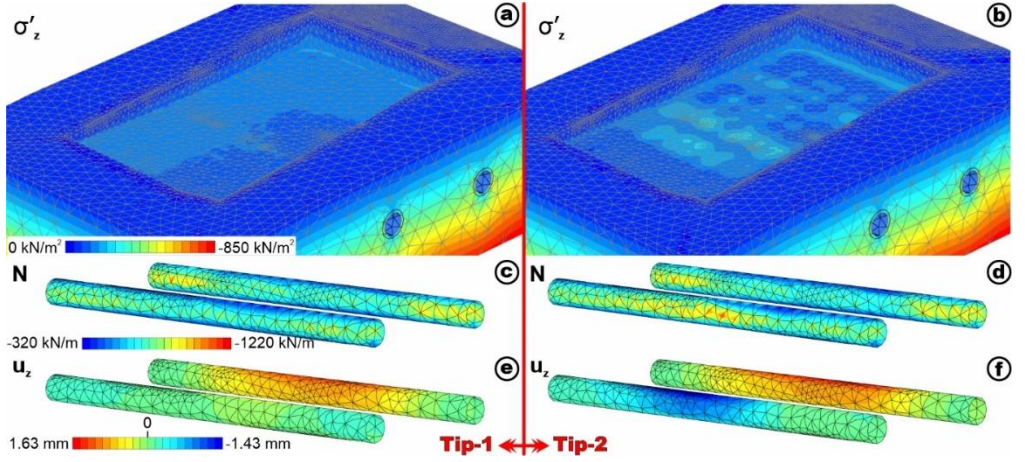
Çalışmada, yapı statik projesi hesap raporu kullanılarak, 1. ve 2. kat için 107875 kN, 3. ve 4. kat için 45250 kN, 5., 6. ve 7. katlar için ise 17875 kN tasarım yükleri belirlenmiştir. Bu yükler ile Tip – 1 ve Tip – 2 yöntemleri kullanılarak oluşturulan yapısal elemanlar, gereği durumda yükleme tipinin seçimine imkân tanıyacak şekilde tek bir analiz modelinde tanımlanmıştır. Bu tanımlama şekliyle, model FE yapısının her iki yükleme koşulu için aynı olması sağlanmıştır.

Etkileşim analizinde, zeminin ve tünel kaplamasının yapı yüklerine vereceği tepkilerin incelenmesine yönelik simülasyon süreci üç aşamaya ayrılmıştır. Bu aşamalardan ilki, yerçekimi yüklemesiyle toplam ve efektif zemin gerilmelerinin belirlendiği 1. adım ve tünel imalat sürecinin tanımlandığı 2. adımdan oluşmaktadır. Simülasyon sürecinin ikinci ve üçüncü aşamaları ise ayrı ayrı 1. aşama analizlerini takip eden Tip – 1 ve Tip – 2 yüklemeleridir.

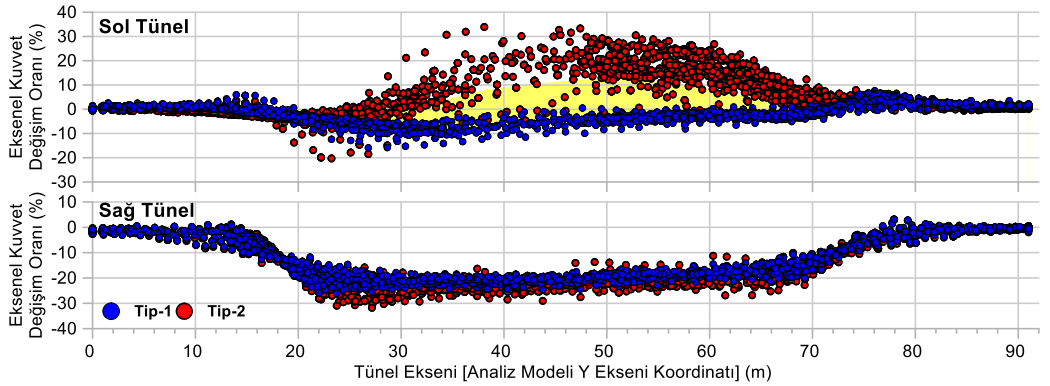
#### **4.ANALİZ SONUÇLARI**

Yapı yükünün modellenen radye temele uygulandığı her iki durum için temel altındaki zeminde hesaplanan efektif gerilme değişimi Şekil 2.a ve Şekil 2.b'de verilmiştir. Tip – 1 yüklemesi durumunda temel seviyesinde efektif gerilme dağılımı hemen hemen homojen (Şekil 2.a) iken, Tip – 2 yüklemesi durumunda, yapı düşey taşıyıcı sistem elemanları izdüşümünde radye temel altındaki zeminde, artan gerilme yoğunlaşmalarının olduğu bir dağılım belirlenmiştir. Şekil 2.b.'de verilen temel altındaki zeminin efektif gerilme dağılımı, bina statik projesi temel taban gerilmesi sonuçlarıyla benzerlik sunmaktadır.

Analiz sonucunda, tünel kaplamasındaki eksenel yükün Tip – 1 yüklemesi için sol ve sağ tünelde hemen hemen benzer şekilde, en düşük 320 kN/m değeriyle tünel tavanında, en büyük 1063 kN/m değeriyle tünel yan duvarlarında yoğunlaştığı hesaplanmıştır (Şekil 2.c). Tip – 2 yüklemesi için ise sol tünel yan duvarlarında bu değer 1220 kN/m değerine çıkarken, sağ tünelde Tip – 1 yüklemesiyle benzer yük dağılımı hesaplanmıştır (Şekil 2.d). Yükleme öncesi duruma göre; Tip – 1 yüklemesiyle sol tünelde %16'ya, sağ tünelde ise %26'ya varan yük azalması hesaplanmıştır (Şekil 3). Tip – 2 yüklemesinde, Tip – 1 yüklemesinin aksine, sol tünelde %33'e varan yük artışı, sağ tünelde ise %31'e varan yük azalması hesaplanmıştır (Şekil 3). Temel kazısıyla gerilme azalımı ve bu azalımdan daha az ilave yüklerin oluşturduğu gerilme koşullarının tünel kaplamasında gerilme azalması şeklinde ortaya çıkması beklenen bir durumdur. Ancak; sol tünelde hesaplandığı şekliyle, yapı modelleme tipine göre gerilme değişiminin %16 azalan ve %33 artan gibi farklı yönlerde olması, zemin düşey efektif gerilme değişiminde ve dolayısıyla bu değişimin tünel kaplamasındaki etkisinde, modelleme tipinin önemini ortaya çıkartmıştır. Ayrıca; yapı modelleme tipine göre tünel kaplamasındaki düşey deformasyonların da yön ve miktar değiştirdiği hesaplanmıştır (Şekil 2.e ve Şekil 2.f). Tip – 1 yüklemesine göre yapılan analizlerde sol tünelin hemen hemen deformasyona uğramadığı ( $u_{z(mak)}=0.3$  mm), sağ tünel kaplaması üst bölümünün ise  $u_{z(mak)}=1.37$  mm kadar yukarı yönlü hareket ettiği hesaplanmıştır. Tip – 2 yüklemesine göre sağ tünelde Tip – 1 yüklemesiyle benzer sonuçlar elde edilirken, etkileşim analizi sol tünel kaplamasının temel izdüşümündeki üst kesiminin, Tip – 1 yüklemesinin aksine,  $u_{z(mak)}=1.43$  mm aşağı yönde hareket ettiğini göstermektedir (Şekil 2.e ve Şekil 2.f).



**Şekil 2.** Etkileşim analizi sonucu belirlenen Tip – 1 ve Tip – 2 yüklemeye koşullarına bağlı, a-b: düşey efektif gerilme, c-d: tünel kaplaması eksenel kuvveti ve d-e: tünel kaplaması düşey deformasyon miktarı değişimi.



**Şekil 3.** Sol ve Sağ Tünel kaplamasında, Tip – 1 ve Tip – 2 yüklemeye koşullarına bağlı, eksenel kuvvet değişimi.

## 5.SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, tünel – yapı – zemin etkileşiminin 3D analizi ve bu etkileşim analizi sonuçlarında yapı modelleme tipinin etkisi incelenmiştir. Çalışmada, Başakşehir – Kayaşehir Metro Hattı'nın 50 m'lik bir kesimi üzerinde inşa edilecek olan 7 katlı bir yapının saha ve laboratuvar verileri ile Plaxis 3D yazılımı kullanılarak sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan 3D etkileşim analizi değerlendirilmiştir.

Analizlerde, hacim elemanlarıyla üniform yük oluşturulan yapı modelleme tipi (Tip – 1) ve kat yüklerinin, yapı düşey taşıyıcı elemanlarının konumlarına dayalı modellenerek, düşey çizgisel elemanlarla temele aktarıldığı modelleme tipi (Tip – 2)

olmak üzere iki farklı yapı yükü modeli kullanılmıştır. Temel tabanında efektif gerilme değişiminin belirlenmesinde, tecrübeyle beklendiği ve üst yapı statik proje hesap raporlarıyla da doğrulandığı şekliyle, Tip – 2 yük modeli kullanımı Tip – 1'e göre daha başarılı sonuçlar vermiştir. Çalışma, etkileşim analizlerinde yapı modelleme tipinin, tünel kaplamasında deformasyonlar ile gerilme ve dolayısıyla bünye kuvvetlerindeki değişimde etkin olduğunu göstermiştir. Sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan 3D etkileşim analizlerinin modelleme aşamasında, kaçınılmaz bir şekilde çeşitli sadeleştirmelere gidilmesi gerekmektedir. Bu sadeleştirme yaklaşımlarıyla yapılan analizlerin performansı ise yerinde yapılan ölçümlerle değerlendirilebilir. Bu nedenle, yapı altında açılan tünellerde yapıldığı gibi tünel üzerinde inşa edilen yapılarda da inşaatın tünele etkisini ve her iki projenin güvenliğini denetim altına alan ölçüm sistemlerinin oluşturulması gerekmektedir.

## **KAYNAKLAR**

1. Mirhabibi, A., ve Soroush, A., (2012). Effects of surface buildings on twin tunnelling-induced ground settlements. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 29, 40-51.
2. Ahmed, K. S., Sharmin, J., ve Ansary, M. A., (2023). Numerical investigation of tunneling induced surface movement: A case study of MRT Line 1, Dhaka. *Underground Space*.
3. Pascariello, M. N., Luciano, A., Bilotta, E., Acikgoz, S., ve Mair, R., (2023). Numerical modelling of the response of two heritage masonry buildings to nearby tunnelling. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 131, 104845.
4. Zakhem, A. M., ve El Naggar, H., (2020). Three-dimensional investigation of how newly constructed buildings supported on raft foundations affect pre-existing tunnels. *Transportation Geotechnics*, 22, 100324.
5. Ye, S., Zhao, Z., ve Wang, D., (2021). Deformation analysis and safety assessment of existing metro tunnels affected by excavation of a foundation pit. *Underground Space*, 6(4), 421-431.
6. Mirhabibi, A., ve Soroush, A., (2013). Effects of building three-dimensional modeling type on twin tunneling-induced ground settlement. *Tunnelling and underground space technology*, 38, 224-234.
7. Terzaghi, K., Peck, R.B. ve Mesri, G., (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley & Sons.
8. Schanz, T., Vermeer, P. A., ve Bonnier, P. G., (1999). The hardening soil model: formulation and verification. *Beyond 2000 in computational geotechnics*, 1, 281-296.

## **Ataköy-İkitelli ve Halkalı-Yeni Havalimanı Metro Hattı TBM Kazılarının Jeolojik ve Jeoteknik İncelemesi**

### *Geological and Geotechnical Investigation of TBM Excavation of Ataköy-İkitelli and Halkalı-New Airport Metro Line*

**Baki Ömer Furat, Süleyman Dalgıç**

*T.C. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği  
Bölümü  
(bamerfu@gmail.com)*

**Öz:** Bu çalışma, İstanbul'un kritik ulaşım projelerinden olan Ataköy-İkitelli ve Halkalı-Yeni Havalimanı metro hatlarının jeolojik ve jeoteknik incelemesini sunmaktadır. Metro projelerinin güvenli ve verimli bir şekilde inşası için zemin koşullarının anlaşılması hayati bir öneme sahiptir. Halkalı-Yeni Havalimanı metro güzergahında Trakya Formasyonu ana bileşeni oluştururken, Ataköy-İkitelli metro hattında ise Ceylan, Gürpınar ve Kırac Formasyonları belirgin şekilde gözlenmektedir. Bu formasyonlar, tünel kazılarında kullanılan pası basınçlı tünel açma makinelerinin zeminle etkileşimini değerlendirmek için önemli bir rol oynamaktadır. İstatistiksel analizler, tünel kazı işlemlerinin zemin üzerindeki etkilerini modellemeyi ve istatistiksel modellerin doğruluğunu değerlendirmeyi sağlamaktadır. Çalışmanın bulguları, metro hatlarının geçtiği farklı jeolojik formasyonların, tünel kazı işlemleri ve stabilite üzerindeki etkilerini derinlemesine anlamayı amaçlamaktadır. Elde edilen veriler, tünel kazılarının planlanması ve gerçekleştirilmesi için önemli parametreler sunmaktadır. Ayrıca, farklı jeolojik formasyonların mühendislik çözümleri açısından farklı yaklaşımlar gerektirebileceğini vurgulamaktadır. Bu analizler, metro projelerinde zemin etkilerini değerlendirmede ve uygun mühendislik çözümlerini belirlemede kritik bir rehberlik sağlamaktadır. Gelecekteki metro projeleri için bu tür incelemelerin ve analizlerin büyük öneme sahip olduğu ve projelerin güvenli inşası ve işletilmesinde önemli bir rol oynadığı vurgulanmaktadır. Bu çalışmanın bulguları, karmaşık zemin koşullarında başarılı metro projeleri yürütülmesi için önemli bakış açısı sunmaktadır.

*Anahtar Kelimeler:* EPB, Jeoteknik, İstatistiksel Analiz, TBM

**Abstract:** This study presents a geological and geotechnical investigation of the Ataköy-İkitelli and Halkalı-New Airport metro lines, which are critical transportation projects of Istanbul. Understanding the ground conditions is vital for the safe and efficient construction of metro projects. While the Trakya Formation is the main component of the Halkalı-New Airport metro route, the Ceylan, Gürpınar and Kırac Formations are prominently observed in the Ataköy-İkitelli metro line. These formations play an important role in evaluating the interaction between the

soil and the pulverized pressure tunneling machines used in tunnel excavations. Statistical analyses allow modeling the effects of tunnel excavation operations on the ground and evaluating the accuracy of statistical models. The findings of the study aim to provide an in-depth understanding of the effects of different geological formations crossed by metro lines on tunnel excavation operations and stability. The obtained data provide important parameters for the planning and realization of tunnel excavations. It also emphasizes that different geological formations may require different approaches in terms of engineering solutions. These analyses provide critical guidance in assessing ground effects and determining appropriate engineering solutions for metro projects. It is emphasized that such investigations and analyses are of great importance for future metro projects and play an important role in the safe construction and operation of the projects. The findings of this study provide important insights for the successful execution of metro projects in complex ground conditions.

*Key Words: EPB, Geotechnical, Statistical Analysis, TBM*

## **1.GİRİŞ**

Bu çalışma, Halkalı-Yeni Havalimanı ve Ataköy-İkitelli metro güzergahlarının jeolojik koşullarının detaylı bir incelemesini sunmaktadır. Metro projelerinin inşası sırasında zemin koşulları, tünel kazılarının güvenliği ve stabilitesi açısından kritik önem taşımaktadır. Halkalı-Yeni Havalimanı ve Ataköy-İkitelli metro hatlarının jeolojik formasyonları, hidrojeolojik yapısı ve jeoteknik özellikleri bu çalışmada vurgulanarak, mühendislik açısından hayati öneme sahip bilgiler sunulmuştur.

Bu çalışma, Halkalı-Yeni Havalimanı ve Ataköy-İkitelli metro hatlarının jeolojik yapılarını ve zemin özelliklerini derinlemesine inceleyerek, mühendislik açısından önemli olan bu parametrelerin belirlenmesini ve mühendislik çözümlerine rehberlik etmeyi amaçlamaktadır. Bu bilgiler, metro tünelinin güvenli inşası ve işletilmesi için kritik bir rol oynamakta ve karmaşık zeminlerde başarılı metro projeleri yürütülmesi için önemli bakış açıları sunmaktadır.

## **2.GENEL BİLGİLER**

### **Çalışma alanının jeolojisi, hidrojeolojisi ve jeoteknik özellikleri**

Halkalı-Yeni Havalimanı Metro güzergahının ana bileşenini Trakya Formasyonu oluşturur. Bu formasyonun altında Karbonifer dönemine ait kumtaşı ve şeyl ardalanmalarından oluşmaktadır. Trakya Formasyonunun üzerinde ise Eosen yaşlı Koyunbaba ve Soğucak Formasyonları bulunmaktadır. Güzergahın güney kısmında ise İstanbul Formasyonu'na ait Kıraç Üyesi sınırlı yerlerde gözlenir. Alüvyon tabakaları ise bütün birimlerin üzerinde bulunur. Ayrıca, bölgedeki yapılaşma nedeniyle özellikle güzergahın güney ucunda ve yüzeyde yapay dolgular birikmiştir.

Ataköy-İkitelli Metro güzergahında ise, Ceylan Formasyonu, Gürpınar Üyesi ve Kıraç Üyesi gibi birimler önemlidir. Alüvyon tabakaları ve yapay dolgular da belirgin olarak gözlemlenmiştir. Ceylan Formasyonu, killi kireçtaşı, marn ve kireçli kiltası tabakalarından oluşurken, Gürpınar Üyesi genellikle killi siltlerden ve kilden oluşan bir yapıya sahiptir. Kıraç Üyesi ise büyük taneli kum ve kuvars çakıllarından meydana gelir.

Halkalı-Yeni Havalimanı Metro hattının hidrojeolojik yapısında, çalışma sahasının kuzeyinde yer alan Trakya Formasyonu, genellikle az geçirimli veya geçirimsiz yapıya sahiptir. Bu formasyonun içerdiği kumtaşı tabakaları genellikle geçirgen, silttaşı ile kiltası tabakaları ise az geçirgen veya geçirimsiz özellikler gösterir. Koyunbaba Formasyonu ise kalkerli kumtaşlarından oluşmuş, gözenekli ve geçirgen yapıya sahiptir. Çalışma alanının güneyinde bulunan Soğucak Formasyonu ise çatlaklı, gözenekli ve karstik özellikte olup, geçirimli ve yüksek derecede geçirimli yapıya sahiptir. Ataköy-İkitelli Metro güzergahında ise Bakırköy Kireçtaşları güney bölümde, çatlaklı ve gözenekli yapısıyla yüksek derecede geçirimli bir yapıya sahiptir.

Halkalı-Yeni Havalimanı Metro ve Ataköy-İkitelli Metro güzergahlarının jeoteknik çalışmaları kapsamında eski çalışmaların gözden geçirilmesi, tünel güzergahlarına ait mühendislik jeolojisi haritalarının hazırlanması ve yerinde testler dâhilinde çok sayıda araştırma sondajı, laboratuvar deneyi ve yerinde testler gerçekleştirilmiştir. Halkalı-Yeni Havalimanı Metro güzergahının çalışma yapılan bölümünde ortalama derinliği 45 metre olan yaklaşık 44 adet araştırma sondajı gerçekleştirilmiş olup ve bu sondajlar güzergahın değişen bölgelerinde, istasyon sahalarında ve karmaşık jeolojik yapının bulunduğu noktalarda yapılmıştır. Sondajlar, tünelin kazı tabanının 5-6 metre altında bilgi almak amacıyla yapılmış olup, tünel geometrisine ve topografik koşullara bağlı olarak derinlikleri 29 metre ile 76 metre arasında değişiklik göstermiştir (Artson Geoteknik, 2018). Ayrıca, Ataköy-İkitelli Metro güzergahında derinliği 20 ile 55 metre arasında değişen toplamda 70 adet zemin sondajı gerçekleştirilmiş. Halkalı-Yeni Havalimanı Metro güzergahının çalışma yapılan bölümünde gerçekleştirilmiş sondajlardan elde edilen 210 tane zemin ve 340 tane kaya numuneleri üzerinde ayrıca Ataköy-İkitelli Metro güzergahı üzerinde yapılan sondajlardan da elde edilen 531 tane zemin numunesi ve 137 tane kaya numunesi üzerinde laboratuvarlarda indeks, mekanik ve fiziksel deneyler için kullanılmıştır. Sondajlar farklı zamanlarda ve farklı bölgelerde gerçekleştirilmiş, bu veriler gruplar halinde değerlendirilmiştir. Standart Penetrasyon Testi (SPT) ve presiyometre (PMT) gibi kuyu içi testleri de bu değerlendirmelerin bir parçası olmuştur (Artson Geoteknik, 2017).

### **3.YAPILAN EBP HESAPLARI VE İSTATİKSEL ANALİZLERİ**

Yapılan çalışma kapsamında, Halkalı-Yeni Havalimanı ve Ataköy-İkitelli metro hatlarının jeolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik verilerinin yanı sıra, kullanılan pasa basınçlı (EPB) tünel açma makinasının kazısını yaptığı zeminin her bir birim kalınlığının, ilerleme adımları için dikkatli bir şekilde hazırlanması gerekmektedir. Her bir ilerleme adımı için ölçülen birim kalınlıkları ve laboratuvar sonuçlarından elde edilen parametreler, ayna (arın) basınçlarının hesaplanmasında kullanılmıştır.



Bunun yanı sıra, istatistiksel analizler için tünel açma makinasına ait her bir ilerleme adımının kilometreleri, kazı işlemleri değerleri, kesici kafa tork değerleri (minimum, maksimum ve ortalama değer), kesici kafa ve helezyonun konveyör devir sayısı, tünel açma makinasının hız değeri, tünel açma makinasının ilerleme piston basıncına ait 4 sensördeki bar değerleri, tünel açma makinasının zemin basıncına ait 6 sensörün (minimum, maksimum ve ortalama) bar değeri ve helezyon konveyörün tork değeri değerlendirilmeye alınmıştır.

Tünel açma makinesi (TBM) ile yapılan çalışmalarda kazı aynasının stabilitesini sağlamak için çeşitli analiz ve hesaplamalara ihtiyaç vardır. Bu hesaplamalarda jeolojik-jeoteknik parametreler, yeraltı suyu seviyesi, tünelin geometrisi ve örtü kalınlığı gibi unsurlar önemli bir rol oynamaktadır. Çalışma kapsamında EPB ayna basıncını hesaplamak için dört ayrı yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler, ayna basıncını güvenli bir şekilde hesaplamak için kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden birincisi, 1996 yılında Yapı Merkezi Ar&Ge bölümü tarafından geliştirilen 'Arın Basıncının Hesap İlkeleri' adlı bir metodu içerir (Arıoğlu, 2009). İkinci hesaplama yöntemi ise 'Urban Tunneling Metot' olarak bilinir ve diğer adıyla Singapur Metodu olarak anılır. Bu metodoloji, Singapur Metrosu'nun inşaatı için geliştirilen bir yönteme dayanmaktadır (Shirlaw ve Doran, 1988; Shirlaw vd., 1987; Shirlaw vd., 2000). Üçüncü yöntem, minimum destek basıncını hesaplamak için kullanılan COB Metodu (Dutch Centre Ondergroun Bowen), bir dizi sayısal ve analitik araştırma sonucunda geliştirilmiştir (Peker ve Zengin, 2023). Dördüncü yöntem, Broere tarafından bildirilen COB Metodu ile uyumlu bir formülasyon da EPB basıncının belirlenmesinde kullanılmıştır (Broere, 2001).

Makinadan elde edilmiş ve hesaplanmış olan EPB basınçları ilişkiyi değerlendirmek amacıyla regresyon ve korelasyon analizleri yapılmıştır. Bu analizler, elde edilen verilerin tünel kazı işlemleri üzerindeki etkilerini modellemeyi ve bu ilişkiyi anlamayı sağlamaktadır. Ayrıca, bu analizler doğrultusunda istatistiksel modelin doğruluğunu değerlendirmek için Mean Squared Error (MSE), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), Mean Percentage Error (MPE) ve Mean Absolute Percentage Error (MAPE) hata fonksiyonları da hesaplanmıştır. Bu hata fonksiyonları, istatistiksel modelin performansını değerlendirmek ve gelecekteki projeler için tahmin doğruluğunu belirlemek adına kullanılmıştır.

#### **4.BULGULAR**

Bu çalışmanın sonuçları, iki metro hattının jeolojik koşullarını detaylı bir şekilde analiz ederek, projenin güvenli inşası ve işletilmesi açısından kritik olan zemin parametrelerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Metro güzergahlarının geçtiği jeolojik formasyonlar ve bu formasyonların mekanik özellikleri, tünel kazıları ve yapısal stabilite üzerinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, elde edilen EPB değerleri ve tünel makinesine ait veriler üzerinde gerçekleştirilen istatistiksel analizler, kazı aynasının stabilitesi ve tünel inşası için önemli bilgiler sunmaktadır. Yapılan analizlerde belirlenen farklı sınıflandırmalar; karşılaşılan her bir formasyon biriminin ayrışma derecelerine göre ayrı ve bütün olarak, granüler sınıflama için ayrı, kohezif sınıflama için ayrı, granüler sınıflamadan kohezif sınıflamaya geçiş olarak ayrı, kaya ve kaya birimleri arasında geçiş zonları için ayrı, zemin ve zemin

birimleri arasında geçiş zonları için ayrı ve kaya ile zemin geçiş zonları için çeşitli sonuçlar içermektedir. Analizlerin sonuçları, projenin her bir formasyon birimi için farklı mühendislik çözümleri gerektirebileceğini göstermektedir. Ayrıca, yapılan istatistiksel analizlerin gelecekteki metro projeleri için önemli rehberlik sağlayacağı ve projelerin güvenli inşası ve işletilmesinde kritik bir rol oynayacağı vurgulanmaktadır. Bu analizlerin projelerin tahmin doğruluğunu belirlemede nasıl kritik bir rol oynayabileceği, analiz sonuçlarının projenin güvenli inşası ve işletilmesi üzerindeki etkileri üzerine daha fazla vurgu yaparak açıklanabilir. Bu bilgiler, karmaşık zemin koşullarında başarılı metro projeleri yürütülmesi için kayda değer bakış açıları sunmaktadır.

## **KAYNAKLAR**

- Arıoğlu E., (2009), “Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Tünel Dersi”, Yapı Merkezi AR & GE Bölümü, 7. Bölüm 22/89, Web://yapimerkezi.com.tr/PdfDosyalari/27c70ed5-680f-48f2-bd99-4f76f9490fda-0a5dc889-8989-41c3-941f-13541e610270.pdf
- Artson Geoteknik Mühendislik ve Müşavirlik (2017). Ataköy-İkitelli Metro Hattı Güzergâhı Kesin Proje Jeolojik – Jeoteknik Etüt Raporu. İstanbul.
- Artson Geoteknik Mühendislik ve Müşavirlik (2018). Km: 57+700 - Km: 62+500 Arası Güzergâh Jeolojik - Jeoteknik Etüt Raporu. İstanbul.
- Boere, W., (2001), “Tunnel Face Stability&New CPT Applications”, Ph D. Thesis, Technisce Universiteit Delft, Delft Universty Press, Netherlands.
- Peker, A.S. ve Zengin, B., 2023, Estimation of face pressure based on empirical and numerical methods in mechanized tunnelling, Proceedings of the ITA-AITES World Tunnel Congress 2023 (WTC 2023), 12-18 May 2023 Athens, London, CRC Press,1404-1412.
- Shirlaw J.N. and Doran S.R. (1988), “Ground Movements and Settlements Caused by Tunnelling for the Singapore Mass Rapid Transit System”, Tunnelling ‘88, Institute of Mining & Metallurgy, London, UK.
- Shirlaw J.N., Doran S.R. and Benjamin B. (1987), “A Case Study of Two Tunnels Driven in the Singapore ‘Boulder Bed’ and in Grouted Coral”, Proceedings of the 23rd Annual Conference of Engineering Group of Geological Society, University of Nottingham.
- Shirlaw J.N., Hencher S., ZHAO J. (2000), Invited issue lecture: “Underground excavations in tropically weathered soils and rocks”. Proc. GeoEng2000 International Conference on Geotechnical, Geological Engineering, Melbourne, Australia.

## **İstanbul- Büyükçekmece-Gürpınar Kıyılarındaki Kütle Hareketlerinin Mekanizması**

### *Mechanism of Mass Movement on Büyükçekmece – Gürpınar Coast in Istanbul*

**Gökhan Şans, Remzi Karagüzel, Yılmaz Mahmutoğlu**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Ayazağa Yerleşkesi, Maslak-İstanbul  
(sansg@itu.edu.tr)*

**Öz:** Yoğun yerleşim baskısı altında bulunan ve zayıf zemin koşullarının geçerli olduğu Büyükçekmece- Küçükçekmece gölleri arasında bulunan bölge yamaç stabilitesi açısından kritik öneme sahiptir. Bölgede mevcut arazi kullanım durumunun anlaşılması açısından önceki çalışmalar derlenip değerlendirilmiştir. Saha gözlemlerinde doğal yapı incelenmiş, jeodinamik süreçlerin kalıcı belirtileri dikkate alınmıştır. Kavramsal mühendislik jeolojisi modelinin oluşturulmasında sahaya özgü gözlem, ölçüm, deney ve izleme verileri birlikte değerlendirilmiş, kritik ve potansiyel alanları temsil eden jeoteknik parametreler titizlikle belirlenmiş, sayısal analizler için veri tabanı hazırlanmıştır. Çalışma amacına uygun olarak 6 adet kritik kesit hattı seçilmiş ve sayısal hesap kesitleri hazırlanmıştır. Çalışmanın son aşamasında, kesme dayanımı azaltma (SSR) yaklaşımından hareketle statik ve dinamik koşullar altında sonlu elemanlar analizleri yapılmış, inceleme alanındaki kütle hareketlerinin tür ve mekanizması açıklanmıştır.

*Anahtar Kelimeler:* Kütle hareketi, Jeoteknik parametre, Sonlu elemanlar analizi, Kesme dayanımı azaltma faktörü, Derin krip.

**Abstract:** It is of critical importance for its slope stability, located between Büyükçekmece and Küçükçekmece lakes, where intense population is under pressure and weak ground conditions prevail. Previous studies were compiled and evaluated in terms of current land use distribution in the investigated area. During field observations, the geological structure was examined and permanent indicators of geodynamical periods were obtained. In the applications of the conceptual engineering geological model, site-specific observation, measurement, experiment and monitoring data were evaluated together, the geotechnical parameters representing critical and potential areas were determined, and a database was created for numerical analysis. In accordance with the purpose of the study, 6 critical cross-section lines were marked and numerical calculation cross-sections were prepared. In the final stage of the study, finite element analyzes under static and dynamic conditions are preserved, starting from the approach of shear strength reduction (SSR), and the types and mechanism of mass movements in the investigated site are stored.

*Key Words:* Mass movement, Geotechnical parameter, Finite element analysis, Shear strength reduction factor, Deep creep.

## **1.GİRİŞ ve ÇALIŞMANIN AMACI**

İstanbul Metropolü' nün batı kesimlerini kapsayan inceleme alanı, özellikle son yirmi yıllık süreçte yoğun yapılaşma planı baskısı altında bulunan, bu anlamda kentsel gelişimin süregeldiği bir bölgedir. Yeni yerleşim alanlarını belirlemek ve mevcut yapılaşmayı sürdürülebilir hale getirmek açısından altyapı ve üstyapı çalışmalarının, yerbilimsel değerlendirmelerin de dahil olduğu sentezler ile, gerçekleştirilmesi önemlidir. Sürdürülebilirlik değerlendirmesinin sağlıklı bir şekilde doğru yapılabilmesi için bölgenin yerbilimsel eşiklerinin ayrıntılı bir şekilde ortaya konması gerekir. Bu kapsamda, Büyükçekmece-Gürpınar arasının Marmara Denizi' ne bakan yamaçlarında görülen jeomorfolojik düzensizliklerin nedeninin ve jeodinamik sürecin sorgulanması öncelikli konu olarak değerlendirilmiş, bölgedeki aktif kütle hareketi türlerinin belirlenmesi ve mekanizmasının ortaya konulması amaçlanmıştır [1]. Karmaşık yapıda ve derinliğin fonksiyonu olarak da gelişimini sürdürdüğü anlaşılan bu hareketlerin mekânsal değerlendirmeleri sırasıyla çalışılan modeller ile çözümlenmiştir. Modelleme, analiz ve elde edilen bulgular aşağıdaki alt başlıklarda sunulmuştur.

Çalışma kapsamında, süregelen kütle hareketlerinin türü, gelişimi ve mekanizmalarının belirlenmesi için bütünlük yerbilimsel veritabanı oluşturulmuş ve sorgulanmıştır. Potansiyel bölgelere karşılık gelen kesitler sayısallaştırılmış, sahaya özgü rezidüel parametreler kullanılarak analiz edilmiştir. İki boyutlu (2D) kavramsal mühendislik jeolojisi modellerinin oluşturulmasında saha gözlemleri ve yerinde deney ve izlemeleri esas alınmıştır.

## **2.YÖNTEM**

Harekete ve zaman içindeki evrimleşmesine anlam kazandırmak amacıyla inceleme alanının morfolojisi incelenmiştir. Bölgedeki jeolojik oluşumların üç boyutta devamlılığının ortaya çıkarılması ve kritik faktörlerin belirlenmesi amacıyla 1/25000 ölçekli saha jeolojisi çalışması yapılmıştır.

İstanbul' un önemli yerleşim alanlarından birisi olan Büyükçekmece-Küçükçekmece Gölleri arasındaki bölgede, Oligosen Gürpınar, Miyosen Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy Formasyonları yüzeyleir. Bu birimler Eosen Kırklareli Formasyonu'nu uyumsuz olarak örtmektedir. Özellikle vadi tabanları ve kıyılarda tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil türü malzemelerden oluşan alüvyonlar yer alır. Eski heyelanların ve güncel ayrılma yüzeylerinin gözlemlendiği bölgede günümüze değin yapı hasarlarının büyüklüklerini ve dağılımlarını önemli oranda denetleyen etmenler; inşaat kalitesi, bölgenin deprenselliği, jeolojik birimlerin jeoteknik özellikleri, yeraltısuyu ve yüzey morfolojisinin etkili olduğu anlaşılmıştır. Bu bağlamda, kütle hareketi mekanizmalarının anlaşılmasına yönelik analizlerde statik durum yanında dinamik yükler altındaki durumun da incelenmesi zorunlu görülmüştür. Araştırma amacına yönelik olarak; arazi gözlemleri ve temel araştırma

sondaj çalışmaları yardımıyla, Büyükçekmece-Gürpınar-Gölyaka-Fener sahil kesiminin 1/5000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası hazırlanmıştır (Şekil 1a). Ayrıca, heyelan bölgesinin yeraltısuyu seviye haritası hazırlanmıştır (Şekil 1b). Çalışma kapsamında, yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak kütle hareketleri (heyelan) duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirmeler önceki envanter çalışmaları ile uyumludur.



**Şekil 1.** İstanbul’ da Büyükçekmece Küçükçekmece Gölleri Arasının; a) Mühendislik Jeolojisi Modeli ve b) Yeraltısuyunun Yüzeiden Derinlik Haritası

### 3.BULGULAR VE TARTIŞMA

İnceleme alanının kütle hareketleri açısından değerlendirilmesi amacı ile temel araştırma sondajlarından elde edilen koordinat bağımlı in-situ ölçüm ve gözlemler ve laboratuvar deneyleri kullanılarak veritabanı oluşturulmuştur. Litolojik birimlerin mühendislik özellikleri açısından benzerlikler göz önünde tutularak karşılaştırmalar yapılmış, jeolojik ortam dayanım ve davranış ayırtlanmıştır. Çalışma alanındaki litolojiler, geçirimsiz veya az geçirimlidir. Bu durum, yağışın büyük oranda yüzey drenajı ile Marmara Denizi’ ne ulaşmasını sağlar. Ancak Gürpınar formasyonunun yüzeyden beslenebildiği tüf seviyeleri ile Çukurçeşme ve Bakırköy formasyonlarında yeraltısuyunun daha hızlı hareket ettiği belirlenmiştir. Ayrıca, yağışlı sezonlarda, alüvyonlarda da yeraltısuyu bulunur. Kütle hareketine duyarlı alanların ve kritik hesap kesiti doğrultularının belirlenmesinde, arazi gözlemleri ve deneysel çalışmaların sonuçlarına dayandırılmıştır.

#### 3.1 Jeoteknik Parametrelerin Seçimi

İnceleme alanındaki kütle hareketlerinin tür ve mekanizmasının açıklanmasına yönelik belirlenen jeomekanik parametreler, her bir hesap kesiti için, doğrultusu

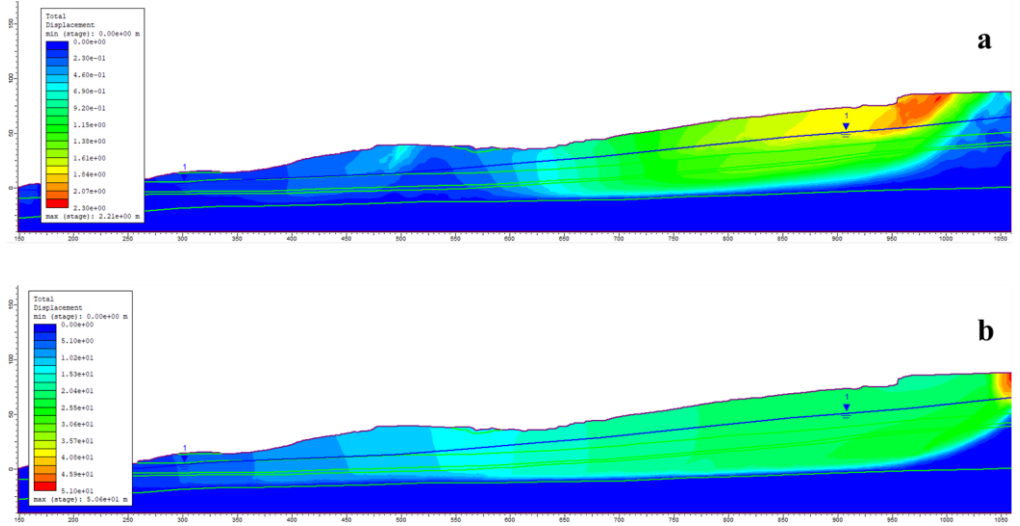
**Tablo 1.** 2D FEM Analizi Yapılan Heyelanlı Bölgelere Ait Jeoteknik Parametreler [1]

Model No	Lokasyon Adı	Model Katmanları	Model Parametreleri							Referans	Kritik SRF	
			$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi_p$ (°)	$\phi_r$ (°)	$c_p$ (kPa)	$c_r$ (kPa)	$E_d$ (kPa)	$\nu$		Statik	Dinamik
1	Kemerdere	Dolgu	17	15	12	15	10	800	0.35	[2]	1.29	0.53
		Çantaköy Tüfü	18	40	35	400	30	30000	0.25			
		Gürpınar Rez.	18.3	13	10	100	50	8000	0.35			
		Gürpınar	20	28	24	400	150	35000	0.27			
2	Çukurlar	Dolgu	17	13	12	100	10	5000	0.35	[2]	0.84	0.55
		Bakırköy	21	35	25	300	75	40000	0.25			
		Güngören	18.1	18.7	9.8	38.3	18.6	8700	0.33			
		Çukurçeşme	18	25	19	150	100	20000	0.3			
		Gürpınar Kum	18	25	19	150	100	20000	0.3			
		Gürpınar Rez.	19	13	10	35	20	8000	0.35			
		Çantaköy Tüfü	18	40	35	400	30	40000	0.25			
3	Pınartepe	Dolgu	17	12	10	30	15	5000	0.35	[3]	1.55	0.55
		Gürpınar Rez.	18.3	13	10	35	20	8000	0.35			
		Çantaköy Tüfü	18	40	35	400	30	40000	0.25			
		Gürpınar	20	22	15	400	200	40000	0.33			
4	Pekmez	Dolgu	17	12	10	30	15	5000	0.35	[3]	1.53	0.34
		Çantaköy Tüfü	18	40	35	400	100	80000	0.25			
		Gürpınar Kmt	24	40	32	500	100	50000	0.26			
5	Gölyaka	Gürpınar	20	22	13	200	100	20000	0.33	[4] [3]	1.21	0.35
		Dolgu	17	12	10	30	15	3000	0.35			
		Güngören	18.1	18.7	9.8	38.3	18.6	8700	0.33			
		Çukurçeşme	18.3	30	23	6	0	16300	0.3			
		Gürpınar Rez.	18.3	13	10	35	20	8000	0.35			
		Çantaköy Tüfü	18	40	35	400	30	30000	0.25			
6	Fener	Gürpınar	18.37	24	12	243	24	20000	0.27	[5]	1.48	0.79
		Dolgu	17	12	10	30	15	4800	0.35			
		Güngören Mam	20.2	32	25	300	100	10200	0.33			
		Çukurçeşme	18.3	35	40	25	15	30000	0.32			
		Gürpınar Rez.	18.3	15	10	35	20	12000	0.35			
		Çantaköy Tüfü	18	30	35	83	30	30000	0.25			
Gürpınar Kıltaşı	20	28	24	400	200	35000	0.27					

üzerinde bulunan, temel araştırma sondajlarından elde edilen deneysel (arazi ve laboratuvar) verilerden özgün olarak seçilmiştir (Tablo 1). Yeraltı suyu seviyeleri model kesitine yakın sondaj kuyularından alınmıştır. Dinamik çözümler için 1999 Gölcük Merkezli Deprem Avcılarda kaydedilen ivmeler ( $a_{maxh}=0.25g$ ,  $a_{maxv}=0.08g$ ) değerleri dikkate alınmıştır.

### 3.2 2D Sayısal Analizler

İnceleme alanındaki kütle hareketlerinin tür ve mekanizmasının belirlenmesine yönelik 2D analizlerinde sonlu elemanlar yönteminden (FEM) yararlanılmıştır [6]. Analizlerde Tablo 1'de verilen hesap parametreleri kullanılmıştır. Bölgenin depremselliği göz önünde tutularak analizler dinamik koşullar için de tekrarlanmıştır (Şekil 2). FEM analizleri sonucunda elde edilen kritik SRF (güvenlik sayısı) [6] değerleri Tablo 1'de sunulmuştur. 2D modeller üzerinde yürütülen analizlerden elde edilen sonuçlar mevcut inklinometre kuyularındaki profil değişimleriyle karşılaştırılarak denetlenmiştir. Sonuçta kütsel yerdeğiştirmelerin genellikle yüzeyden derine doğru giderek azaldığı, belirli derinlikten sonra sönümlendiğı belirlenmiştir. Yerdeğiştirme zonunun derinliğinin yer dönme merkezi 50 metreye ulaşan yamaç hareketine karşılık geldiğı, çoğunlukla eski heyelan malzemesinin akması (deep creep) şeklinde geliştiğı, hareketin hızının ise sahada önlem alınabileceğine işaret ettiğı anlaşılmıştır. Şekil 2'de analizi yapılan toplam 6 adet kesitten kritik SRF değeri hem statik hem de dinamik durum için en düşük olan modellerden Model 5: Gölyaka heyelanı çözümleri örnek olarak verilmiştir.



Şekil 2. 2D FEM analizine örnek olarak Gölyaka (Model 5) Heyelanı çözümleri: (a) statik durum için çözüm, (b) dinamik etki çözümlerine ait toplam deplasman değerleri

#### **4.SONUÇ ve ÖNERİLER**

Büyükçekmece ve Gürpınar sahil kesimi bir paleoheyelan bölgesidir. Kısmen aktif kütle hareketlerinin de izlendiği bu alanlarda, jeoteknik etkileşimlerin duraylılığı olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır. Sayısal analiz sonuçları, yüzeye daha yakın bölgelerde karma kütle hareketlerinin çevre koşullarına bağlı olarak geliştiklerini ve derine doğru süregelen, zamana bağlı, kütle hareketi (derin krip) gelişiminin sürdüğünü göstermektedir. Dayanım azaltma faktörü yöntemine göre yapılan değerlendirmeler ile sırasıyla Fener, Kemerdere ve Gölyaka bölgelerinin kritik denge koşuluna sahip en hassas alanlar olduğu sonucuna varılmıştır. Genelde araziye fazla yüklemekten izleme sürekliliği sağlanıp, önlem alınarak yataya yayımlı mekansal kullanımlar önerilir.

#### **TEŞEKKÜR**

Yazarlar, yardım ve paylaşımlarından dolayı, İBB Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü' ne teşekkürlerini sunarlar.

#### **KAYNAKLAR**

1. Şans, G., (2023). İstanbul Büyükçekmece Küçükçekmece Arasındaki Kütle Hareketlerinin Tür ve Mekanizmasının İncelenmesi, 300, İTÜ LEE Doktora Tezi, İstanbul.
2. TÜBİTAK, (2016). Beylikdüzü ve Büyükçekmece İlçelerindeki Muhtelif Heyelan Sahalarının Araştırılması, İncelenmesi ve İzlenmesi Projesi. 5137701, Gebze, Kocaeli.
3. GEOMEK, (2020). Beylikdüzü Belediyesi Pekmez Heyelan Havzasını İçine Alan Bölgenin İmar Planına Esas Araştırma Raporu, İstanbul: Beylikdüzü Belediye Başkanlığı Plan Proje Müdürlüğü.
4. MGM, (2018). İstanbul, Beylikdüzü Gölyaka Havzası İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu.
5. ESAY, (2019). İstanbul, Beylikdüzü Dereağzı Mahallesi, Fener Havzası İmar Planına Esas Jeol.-Jeoteknik Etüt Raporu.
6. RocScience, (2023). RS2 Geotechnical Finite Element Analysis. Version: 11.020.



## Büyükçekmece Heyelanlarının Zamana Bağlı Değişimlerinin Belirlenmesi

### *Detection of Time-Dependent Changes of Buyukcekmece Landslides*

**Deniz İnan<sup>a</sup>, Tolga Görüm<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği  
Bölümü, 34469 İstanbul*

<sup>b</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Jeodinamik Ana  
Bilim Dalı, 34469, İstanbul  
(inan21@itu.edu.tr)*

**Öz:** Heyelanlar dünyada ve ülkemizde büyük can ve mal kaybına yol açan bir doğal afet olayıdır. Heyelanların genellikle eğimi yüksek yamaçlarda meydana geleceği beklenmektedir ancak İstanbul gibi yıldan yıla morfolojisi değişen bir şehirde eğimi düşük yerlerde de meydana gelebilmektedir. Heyelanlar İstanbul'da büyük alanlar kaplamaktadır hatta bu alanların bazıları yerleşime açılmıştır. Bu çalışmanın temel amacı multidisipliner yöntemler ile bölgede yer alan heyelanların zaman içindeki değişimlerini göstermek, statik ve dinamik durumlarda hangi alanlarda zarara sebebiyet vereceğini tespit etmek ve ileride yapılacak çalışmalar için de bir altlık oluşturmaktır. Çarpık bir kentleşmeye sahip olan ve deprem riskiyle yaşayan İstanbul gibi bir şehirde heyelanların detaylı bir şekilde çalışılması, karakteristik özelliklerinin bilinmesi gelecekte alınacak önlemler için bu bilgilerin kullanılması önem teşkil etmektedir. Çalışma alanında bulunan heyelanların taç bölgelerinde endüstriyel tesisler ve konutların bulunması, Büyükçekmece Mezarlığı yakınında güncel tansiyon çatlaklarının görülmesi, E-5 karayolu ve Büyükçekmece Yolu'nun heyelanlı alanlara çok yakın olması nedeni ile bu bölge çalışma alanı olarak seçilmiş, büyük bir alan içinde öncelikli olarak dikkat edilmesi gerekli alanlar belirlenmiştir. Çalışmada, heyelanların kısa dönemli morfolojik evrimi, tarihsel hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve sayısal yükseklik modelleri kullanılarak incelenmiştir. Farklı dönemleri içeren çoklu veri setleri ile yapılan analizler sonucu günümüzde birçok aktif heyelanın daha önceki paleo-heyelanlar içerisinde genişleyen ve gerileyen bir aktivite dağılımına sahip olduğu ortaya konulmuştur [1]. Geçmiş heyelanlı alanların belirli bir kısmının yüksek yapılaşma hızıyla morfolojik bakımdan izlerinin örtüldüğü ve günümüzde gelişen heyelanların büyük ölçüde antropojenik etmenler ile yeniden aktivite kazanarak yerleşim alanları için risk oluşturabileceği tespit edilmiştir.

*Anahtar Kelimeler: Heyelan, Heyelan Envanteri, Zamansal Değişim.*

**Abstract:** Landslides are a natural disaster that causes loss of life and property in the world and in our country as well. Landslides are generally expected to occur on

steep slopes, however they can also occur in areas with low slope degree in a city like Istanbul, whose morphology changes from year to year. Landslides cover large areas in Istanbul, and some of these areas have even been opened to settlement. The purpose of this study is to show where landslides developed and changed over time in the region with multidisciplinary methods, and to determine in which areas they will cause damage in static and dynamic states for future studies. In this study, the morphological evolution of landslides are examined by using historical aerial photographs, satellite images and digital elevation models. As a result of the analyzes made with multiple data sets covering different periods, it has been revealed that many active landslides today have an expanding occurrence and show regressive distribution within previous paleo-landslides. It has been determined that the morphological traces of a certain part of the old landslide areas have been covered up by the high construction rate, and that the landslides that have developed today may be reactivated largely by anthropogenic factors and pose a risk for residential areas.

*Key Words: Landslide, Landslide Inventory, Change Detection, DEM of Difference*

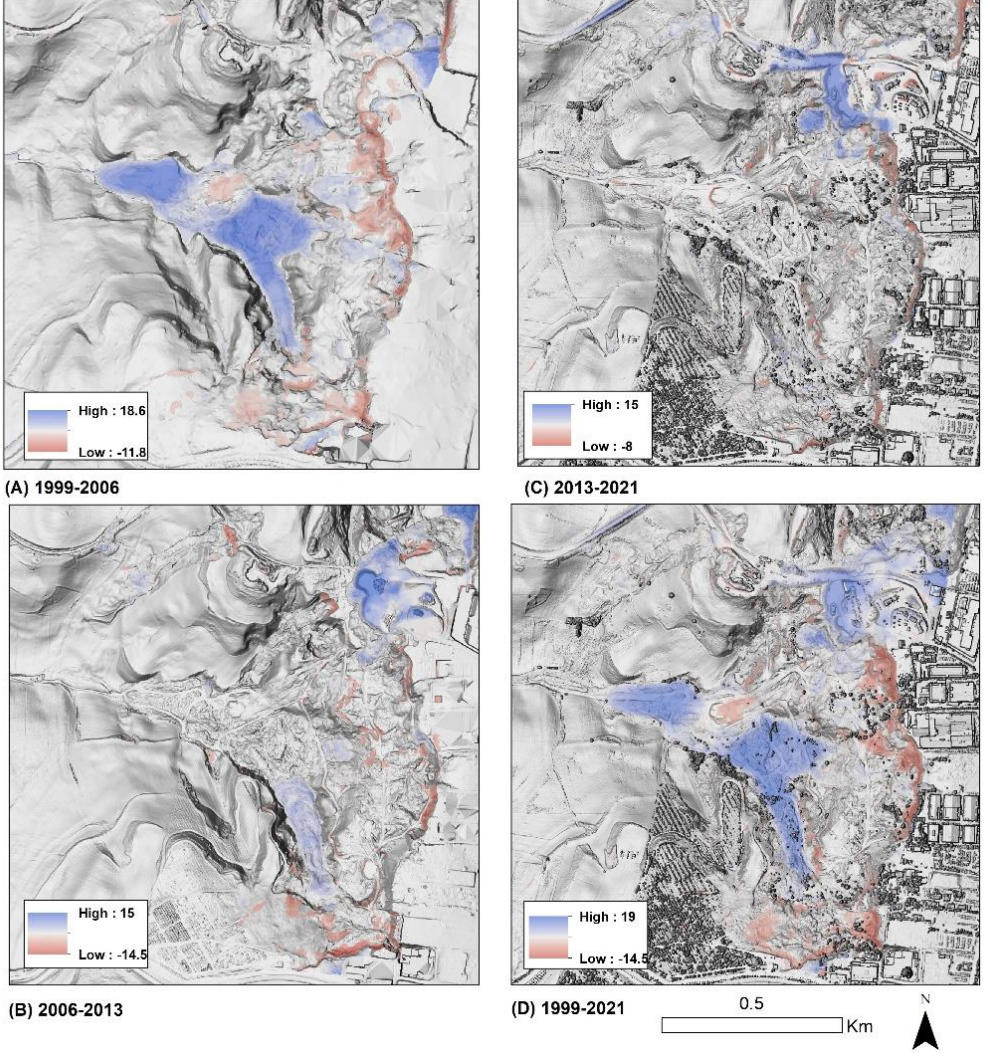
## **1.GİRİŞ**

Çalışma alanı Oligosen, Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner'de çökelmiş farklı litolojik birimlerden oluşmaktadır. Bölgeyi oluşturan Danişmen Formasyonu, İstanbul Formasyonu ve Çekmece Formasyonlarının sahip olduğu jeolojik yapı ve bölgenin jeolomorfolojik evrimi heyelanların oluşmasını sağlamış ve günümüzde devam eden müdahaleler nedeniyle heyelanlar tetiklenmiş ve değişime uğramıştır [1]. Çalışma alanında geçmişten günümüze birçok jeolojik ve jeoteknik çalışma yapılmıştır. Bölgenin heyelanlarının mekanizması anlaşılmaya çalışılmış ve alınması gereken önlemlerden bahsedilmiştir. Ancak geçmişten günümüze hızla artan nüfusla beraber kentleşme süreci plansız bir şekilde ilerlemiş ve mevcut heyelanların zamanla nasıl değişip geliştikleri incelenmeden yeni yapılar inşa edilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı geniş bir alanı incelerken bu alanda meydana gelen değişimleri jeolojik, jeomorfolojik ve uzaktan algılama gibi yöntemlerin entegrasyonu ile, farklı yıllara ait hava fotoğrafları ve sayısal yükseklik modelleri gibi verilerin kullanılmasıyla tespit ederek aktif olan heyelan alanlarını bulmak, lokal olarak meydana gelen bu değişimlerden dolayı oluşan gerilme değişimlerini belirleyip heyelanlı alanlar için nasıl bir problem oluşturacağını hesaplamak ve ileride yapılacak olan yeni yapılar için yer seçimine doğru bir altlık sağlamaktır.

## **2.YÖNTEM**

Bu çalışmada 1999, 2006, 2013 ve 2021 yıllarına ait hava fotoğrafları, ortofotolar ve Sayısal Yükseklik Modelleri kullanılmıştır. 1999 ve 2006 yılı Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM)'leri eşyüksekti haritalarından üretilirken, 2013 yılı verisi LiDAR yöntemi ile toplanan nokta bulutu verisinden, 2021 yılı verisi ise hava fotoğrafından üretilen nokta bulutu verisi ile üretilmiştir. Tüm SYM'ler 1 m çözünürlükte

üretlmıştır. İlk aşamada her bir yıl için Kırmızı Rölyef Haritaları[2] üretlmş olup dört farklı yıl için heyelan envanter haritaları üretlmıştır. Bu sayede bölgedeki heyelanların iki



**Şekil 1:** Büyükçekmece Mezarlığı Bölgesine Ait Heyelan Alanı Yükseklik Değişimi: (A) 1999-2006, (B) 2006-2013 (C) 2013-2021, (D) 1999-2021 .

boyutlu değişimleri belirlenmiştir. İkinci aşama olarak ise üretilen SYM'ler kullanılarak bölgedeki heyelanlı alanların "1999-2006", "2006-2013", "2013-2021"

ve “1999-2021” arası zamanlar için değişimleri hesaplanmıştır. Her bir heyelan alanı için birikim alanları mavi ve aşınım bölgeleri kırmızı renkle gösterilmiş ve değişim gösteren alanlar belirlenmiştir. Alandaki alansal ve hacimsel değişimle birlikte bölgenin üç boyutlu değişimi yıllara göre hesaplanmış ve aktif olan heyelan alanları belirlenmiştir. Son aşama olarak, üç boyutlu değişim sonuçlarına göre belirlenen alanlardan seçilen heyelanlar için stabilite analizleri yapılarak depremli ve depremsiz durumda heyelanlı bölgelerin nasıl etkileneceği tespit edilmiştir.

### **3.SONUÇ**

Yapılan çalışmalar sonucunda, geniş bir alan içinde en çok probleme neden olacak alanlar belirlenmiştir. Belirlenen bölgelerin ortak özelliğinin insan müdahalesiyle yapılan yol çalışmaları, moloz döküm alanları ya da kazı yapılarak stabilitesi değişen alanlarda olduğu görülmüştür. Bu alanların statik ve dinamik koşullardaki stabilite analizleri yapılarak olası bir depremde hasar alabilecek alanlar tespit edilmiştir.

### **KAYNAKLAR**

1. Arpat, E., (1999). Büyükçekmece ile Küçükçekmece (İstanbul) Heyelanlarının Genel Özellikleri ve Yarattıkları Başlıca Sorunlar, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 10-12 Mayıs, S.17-23, Ankara.
2. Chiba, T., Kaneta, S. I., & Suzuki, Y. (2008). Red relief image map: new visualization method for three dimensional data. The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, 37(B2), 1071-1076.

## **İstanbul'un Tarihsel ve Güncel Heyelan Dinamikleri**

### *Historical and recent landslide dynamics of Istanbul*

**Abdüssamet Yılmaz<sup>a</sup>, Tolga Görüm<sup>a</sup>, M. Lütfi Süzen<sup>b</sup>, Tarık Talay<sup>c</sup>,  
İsra Bostancıoğlu<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye*

<sup>b</sup>*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye*

<sup>c</sup>*İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme  
Dairesi Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü  
(yilmazabd19@itu.edu.tr)*

**Öz:** Antropojenik faktörlere bağlı olarak İstanbul gibi büyük şehirler, yüksek kentleşme ve yapılaşma hızlarına sahip olmaları nedeniyle yoğun nüfus bakısına maruz kalmaktadırlar. Yakın gelecekte büyük bir depremle karşı karşıya kalması beklenen İstanbul için diğer bir tehlike ise kentteki doğal ve antropojenik faktörlere bağlı oluşan heyelanlardır. Çalışma kapsamında İstanbul'daki heyelanların dağılışı ve özellikleri, bu dağılışı üzerinde etkili olan antropojenik faktörler ve yüzey süreçleri arasındaki ilişkiye odaklanılmıştır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 2022 yılında başlatılan farklı yerbilimleri projeleri ile olası bir deprem sonrasında, yoğun nüfuslu bu kenti bekleyen ikincil tehlikeler araştırılmaya başlandı. Bu kapsamda LiDAR verisinden üretilen Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) ve çok zamanlı optik hava fotoğrafları kullanılarak İstanbul için detaylı bir heyelan değerlendirmesi yaptık. Bu değerlendirmenin sonucunda farklı büyüklük ve tiplerde 17764 heyelan haritaladık. Heyelanların spesifik litolojilerde, özellikle de Geç Oligosen ve Miyosen birimlerinde yoğunlaştığını tespit ettik. Bunun yanında eski heyelan komplekslerinin miras etkisine bağlı olarak, birçok derin heyelanın yeniden aktif hale gelmesinde önemli bir rol oynadığını ortaya çıkardık. Haritaladığımız heyelanların birçoğunun inşaat ve altyapı çalışmaları nedeniyle yeniden aktif hale getirildiğini tespit ettik.

İstanbul ili için hazırlanan bu yeni ve kapsamlı heyelan envanterinin, mevcut yerleşim ve altyapı açısından riskli alanların belirlenmesine bağlı olarak zarar görülebilirliği düşük, dirençliliği yüksek yeni kentsel alanların planlanmasında karar vericilere katkıda bulunması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** jeomorfoloji, heyelan, heyelan envanteri, LiDAR

**Abstract:** Anthropogenic factors cause large cities such as Istanbul to be subjected to high population density due to their high urbanization and construction rates. Another hazard for Istanbul, which is expected to face a major earthquake in the near future, is landslides triggered by natural and anthropogenic factors in the city. This study focuses on the distribution and characteristics of landslides in Istanbul, the anthropogenic factors affecting this distribution and the interaction between surface processes.

Istanbul Metropolitan Municipality started to investigate the secondary hazards that await this densely populated city after a possible earthquake with different geoscience projects initiated in 2022. In this context, we conducted a detailed landslide assessment for Istanbul using Digital Elevation Models (DEMs) generated from LiDAR data and multi-temporal optical aerial photographs. As a result of this assessment, we mapped 17764 landslides of different sizes and types. We found that landslides are located in specific lithologies, especially in Late Oligocene and Miocene units. In addition, we found that paleo landslide complexes play an important role in the reactivation of many deep landslides due to the legacy effect. We found that many of the landslides we mapped were reactivated due to construction and infrastructure works.

This new and detailed landslide inventory prepared for the city of Istanbul is intended to contribute to decision makers in the planning of new urban areas with low vulnerability and high resilience based on the identification of risky areas in terms of existing settlement and infrastructure.

*Key Words:* geomorphology, landslide, landslide inventory, LiDAR

## **Khasab-Tibat (Umman) Sahil Yolu Şevlerinde Kaya Düşmesi Riski Azaltma Yöntemlerinin Araştırılması**

### *Investigation of Rockfall Risk Mitigation Methods along the Khasab Tibat Coastal Road Slopes*

**Zuhal Soylu, Yılmaz Mahmutoğlu**

*İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
(yesilkaya@itu.edu.tr)*

**Öz:** Bu çalışmada, Umman Ulaştırma ve İletişim Bakanlığı adına, 2014 yılı içerisinde STFA Oman LLC. tarafından 'Khasab - Tibat Sahil Yolu İyileştirme Projesi' kapsamında, mevcut karayoluna kaya düşme riskinin azaltılması için yapılan çalışmaların metodolojisine yer verilmiştir. Projenin hedefleri doğrultusunda yürütülen aşamalı çalışmalar başlıca 3 ana bölümden oluşmaktadır. Veri toplama aşaması, sahada gözlem, ölçüm, haritalama çalışmaları, sondaj verileri, yerinde deneyler ve alınan örnekler üzerinde uygulanan laboratuvar deneyi sonuçlarına dayanılarak kaya ve zeminlerin karakterizasyonu ve sınıflandırılmasını kapsamaktadır. Analiz ve risk değerlendirmesi aşamasında, Oregon Kaya Düşmesi Tehlike Derecelendirme Sistemi (RHRS), proje kapsamındaki 15 km.'lik bölümünde, 1'den 82'ye kadar numaralandırılan yol kesimlerinin her birindeki kaya düşmesi riskini sayısal olarak belirlemek için kullanılmıştır. RHRS analizi ile ayrıca her bir yol kesiminin diğerine göre kaya düşme risk seviyesi göreceli sıralanmış ve koruma, iyileştirme ve güçlendirme çalışmaları açısından kritik özellikler taşıyan şev ve yamaçlar ortaya çıkarılmıştır. Tasarım ve öneriler aşaması, mevcut yol üzerinde kaya düşmelerini önlemek için alınabilecek koruyucu önlemlerin ve tasarım özelliklerinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu çalışmada, sahil yolunda kaya düşmesi riskini azaltma yöntemlerinin uygulamalarına dair örnekler sunulmaktadır. Proje kapsamındaki özel uygulamaların ülkemizde de benzer sorunların yaşandığı ulaşım hatlarında yaşanan tehlike ve riskleri aza indirmede önemli olduğu değerlendirilmektedir.

*Anahtar Kelimeler:* Khasab-Tibat Sahil Yolu, Kaya düşmesi, Risk değerlendirmesi, Kaya şevi iyileştirmesi

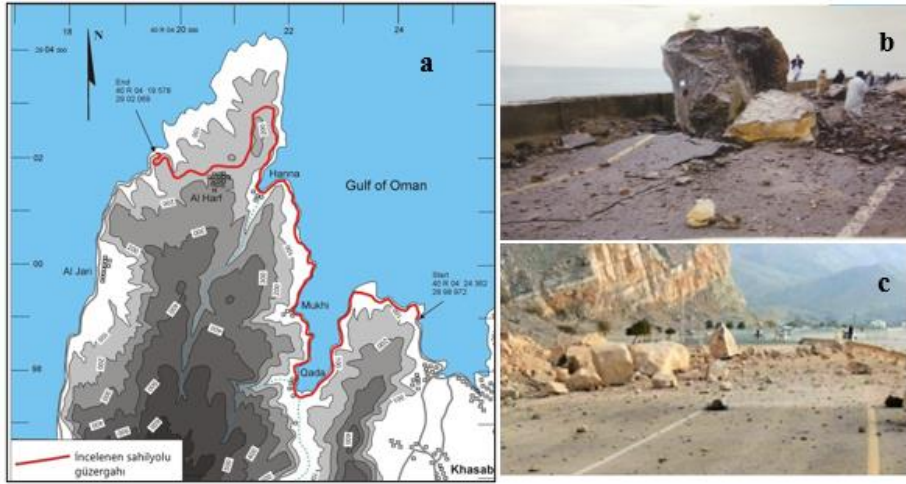
**Abstract:** In this study, the methodology of the work undertaken in 2014 by STFA Oman LLC. on behalf of the Ministry of Transport and Communications of Oman within the scope of the 'Khasab-Tibat Coastal Road Improvement Project' to mitigate the risk of rockfall on the existing highway is presented. The work conducted in line with the objectives of the project consists primarily of three main phases. The data collection phase includes field observations, measurements, mapping studies, drilling data, on-site experiments, and laboratory tests applied to collected samples, enabling the characterization and classification of rocks and soils. In the analysis and risk assessment phase, the Oregon Rockfall Hazard Rating System (RHRS) was used to quantitatively determine the rockfall risk for each road section numbered from 1 to 82 within the 15 km section involved by the project. Additionally, RHRS analysis

ranked the rockfall risk level of each road section relative to the others and identified slopes and cliffs with critical features for protection, improvement, and reinforcement efforts. The design and recommendations phase aims to identify protective measures and design specifications that can be implemented to prevent rockfalls on the existing road. This study provides examples of the application of methods to reduce the risk of rockfalls along the coastal road. The special applications within the scope of the project are considered important for reducing the dangers and risks on transportation routes in our country where similar problems are encountered.

**Key Words:** Khasab-Tibat Coastal Road, Rockfall, Risk assessment, Rock slope improvement

## 1.GİRİŞ

Khasab - Tibat Sahil Yolu, Umman'ın Musandam Yarımadası'nın ucunda, Hürmüz Boğazı'nın hemen ağzında ve Birleşik Arap Emirlikleri sınırına yakın bir konumda bulunması nedeniyle jeopolitik bir öneme sahiptir. Khasab - Tibat Sahil Yolu, kıyı şeridini Hanna yerleşimine kadar takip eder, daha sonra Al Harf yerleşiminden geçerek dağlık kısmın zirvesine tırmanır ve sahile inmeden önce ikinci bir tırmanış gerektirir (Şekil 1). Bölge, tektonik ve sismik açıdan aktiftir. Bildiride, Khasab-Tibat Sahil Yolu'nun iyileştirilmesi çalışmaları sırasında, mevcut yolda kaya düşmesi riskini azaltmayı amaçlayan çalışmaların sistematığı açıklanmış ve koruma ve güçlendirme uygulamalarından örnekler sunulmuştur.



**Şekil 2.** a) Khasab- Tibat Sahil Yolu'nun güzergâhı, b ve c) Mevcut karayolu güvenliğini tehdit eden kaya düşmesi olaylarına ait görüntüler.



## 2.DURUM BELİRLEMESİ İÇİN VERİ TOPLAMA

Çalışma alanında başlıca 3 ayrı jeolojik birim gözlemlenmiştir. Bunlar, ana kayayı oluşturan kireçtaşı, alüvyon ve yamaç molozu birimleridir. Kireçtaşında tabaklanma, kuzey ve kuzeybatıya eğimli ve yer yer yataya yakın konumdaki süreksizlik düzlemlerini oluşturur. Kireçtaşı tabakaları, dik ve açık çatlaklar veya seyrek sayıdaki normal faylarla kesilmişlerdir. Çalışma alanında, kaya düşmeleri süreksizlikler ve bu süreksizlikler boyunca dönemsel hareket eden su tarafından kontrol edilmektedir. Bu nedenle, süreksizliklerin karşılıklı iki yüzeyi arasını dolduran dolgu malzemesinin, fiziksel ve mekanik özellikleri önemsenmiştir. Süreksizlik açıklıklarından alınan bazı dolgu malzemesi örnekleri üzerine yapılan elek analizi ve kıvam limitleri analizlerinin sonucunda dolgu malzemesi zemin sınıfı belirlenmiş, USCS'e göre, bazı örneklerin yüksek plastisiteli kil (CH) oldukları saptanmıştır. Dolgu malzemesi içindeki kil bileşeninin likit limit değeri (LL) 78%, plastik limit değeri (PL) 34% ve plastisite indisi (PI) 44% olarak tespit edilmiştir. Kil ve silt yüzdesi 90 %'dan fazla, kum yüzdesi ise 10%'dan azdır. Doğrudan makaslama deneyi sonuçlarına göre, kil numunesinin içsel sürtünme açısı 31° ve kohezyon değeri 21 kPa olarak bulunmuştur. Dolgu malzemesinin özellikleri, bazı niceliksel ölçümlerle birlikte, yaygın zemin parametreleriyle korelasyon kurularak ampirik yöntemlerle de değerlendirilmiştir. Böylece, malzemenin sıkışabilirliği Sowers (1970)'a göre 'orta sıkışabilir', şişme potansiyeli O'Neill (1980)'a göre 'düşük-orta' olarak belirlenmiştir. Kuru dayanımı 'yüksek-çok yüksek', genleşmeye karşı tepkisi 'yavaş', katılığı 'yüksek' olarak tanımlanmıştır (Ulusay, 2007). Değişen nem koşullarında zeminin su alma ve verme kabiliyetini (aktivite) belirlemek için yapılan deneyler sonucunda, elde edilen aktivite değerinin 0.667-1.25 arasında değiştiği görülmüştür. Kil oranı yüksek zeminler fazla su içeriği tutabilir, bu da dayanımı azaltır ve geçirgenliği düşürür. Van Der Merwe (1964)'e göre, aktivite değeri 0.75'ten büyükse 'yüksek' olarak kabul edilir. Süreksizlik yüzeylerinden alınan Schmidt ölçümlerine göre süreksizlik yüzeylerinin az bozunmuş olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kireçtaşının özelliklerinin düşeyde değişimini belirlemek ve sınıflandırmak amacıyla 12 adet, her biri 25 metre derinliğinde olan sondaj çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu birimin toplam karot verimi (TCR) ortalama 74,11%, kaya kalite göstergesi (RQD) 28% ve sağlam karot verimi (SCR) 36% olarak bulunmuştur. Karot örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinin sonuçlarına göre; anakayaya ait numunelerin ortalama doğal su içerikleri 12%, ortalama doğal birim hacim ağırlığı ( $\gamma_n$ ) 2,70 kN/m<sup>3</sup>, tek eksenli basınç dayanımı ( $q_u$ ) ise en az 13.19 MPa ve en çok 78.90 MPa olarak bulunmuştur. Üç eksenli basınç deneyi sonucunda, kireçtaşı biriminin içsel sürtünme açısı 33.7° ve kohezyon değeri 13.44 MPa olarak bulunmuştur. Anakayanın özellikleri, bazı niceliksel ölçümlerle birlikte, yaygın olarak kullanılan korelasyon yöntemiyle ampirik olarak da değerlendirilmiştir. Buna göre kireçtaşı birimi, RQD kaya kütle kalitesine göre (Deere, 1968) 'zayıf' olarak nitelendirilmiştir. Sağlam kayanın deformasyon modülü ( $E_i$ ), 50 GPa olarak bulunmuş, çatlaklı kaya kütlelerinin deformasyon modülü ( $E_{m}$ ) 26 GPa, çekme dayanımı ise 2.672 MPa olarak hesaplanmıştır (Hoek, 2002).

Şevlerin doğal şeklinin bilgisayara aktarılma işlemi, insansız hava aracı (*DJI Phantom 4 Pro*) ile çekilen yüksek çözünürlüklü fotoğrafların *Agisoft Photoscan Professional 1.4.3* programında işlenerek koordinatlı Ortofoto haritasının oluşturulmasıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, aynı program kullanılarak elde edilen şevin bulunduğu bölgenin kontur haritası üzerinden *Autodesk Autocad* aracılığıyla belirli aralıklarla yüzeyden kesitler alınmış ve analizlerde bu kesitler kullanılmıştır.

### 3.STABİLİTE ANALİZLERİ VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Khasab-Tibat Sahil Yolu'ndaki kaya düşmesi riski değerlendirmesi hem gözleme dayalı hem de sayısal verilere dayalı iki yöntemle gerçekleştirilmiştir. Gözleme dayalı yöntemde, Khasab-Tibat Sahil Yolu'nun proje kapsamındaki 15 km'lik kesimi, risksiz, düşük-orta riskli ve yüksek riskli olarak belirli bölgelere ayrılmıştır. Bu risk değerlendirmesinde, yol ve trafiğe gelebilecek potansiyel hasarların büyüklüğü dikkate alınmış, şevin yüksekliği ve eğimi, yol kenarı ile şev topuğu arasındaki mesafe ve şev yüzeyindeki kayanın durumu gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Özellikle şevin yüksekliği ve eğimi, kaya düşmesini belirlemede temel etken olarak değerlendirilmiştir. Ancak, burada asıl odak noktası yol ve trafiğe gelebilecek zararı değerlendirmektir. Bu nedenle riski kontrol eden en önemli diğer bir parametre ise, yol ile şev topuğu arasındaki mesafedir. Alçak şevlerde, bu mesafenin geniş olduğu durumlarda (>10 m), kaya düşmesinin yolu etkilemeyeceği varsayılmıştır. Sahada yerinde alınan kararlar doğrultusunda, risksiz, düşük-orta riskli ve yüksek riskli bölgeler kategorize edilerek ayrılmıştır.

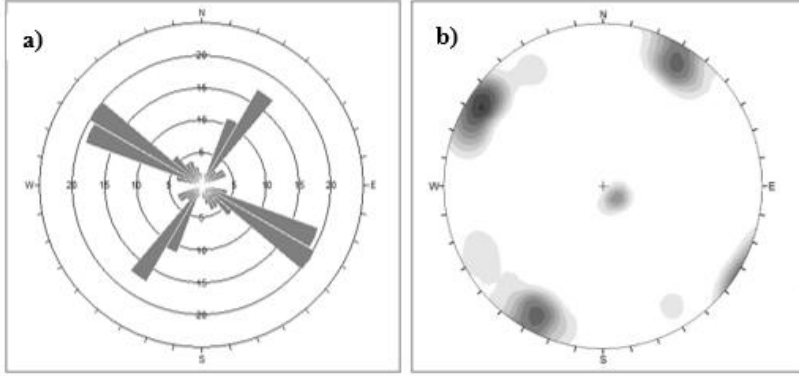
Ayrıca, gözleme dayalı değerlendirmeyi desteklemek amacıyla, sayısal yöntemle dayalı risk değerlendirmesi yapılmıştır. Sayısal yöntemle dayalı değerlendirmeyi gerçekleştirmek için Wyllie (1987) tarafından ortaya konan ve daha sonra Pierson (1990) tarafından geliştirilen kaya düşmesi derecelendirme sistemi (RHRS) kullanılmıştır. RHRS'de, şev yüksekliği (a), hendek etkinliği (b), ortalama araç riski (AVR) (c), karar görüş mesafesi yüzdesi (d), yol genişliği (e), jeolojik karakter (f), blok boyutu (g), iklim ve yamaçta su varlığı (h), kaya düşmesi geçmişi (i) gibi çok sayıda faktör puanlayarak toplanmaktadır. RHRS çerçevesinde, değerlendirmeler 0 ile 100 arasında değişen değerler için üstel bir fonksiyon ( $y = 3^x$ ) ile ifade edilmiştir. Burada y, RHRS çizelgesindeki karşılık gelen puanı temsil eder. Üstel katsayısı olan x için Tablo 1'de belirtilen her bir parametre için farklı eşitlikler kullanılır. Bu işlemler sırasında yükseklik ve genişlik değerlerinin birimi fit cinsindedir.

**Tablo 1:** Oregon Kaya Düşmesi Tehlike Derecelendirme Sistemi (RHRS)'ne göre Khasab-Al Jari sahil yolu şevi segmentlerinden en riskli olanların toplam puanları.

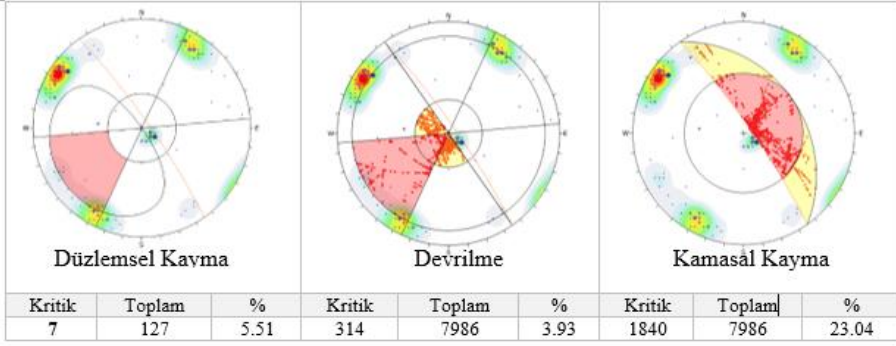
Kısm No	Başlangıç (ftm)	Bitiş (ftm)	a (m)	a için Puan	b (m)	b için Puan	c (%)	c için Puan	d	d için Puan	e (m)	e için Puan	g (m)	g için Puan	h için Puan	f için Puan	Toplam RHRS Puanı
68	9+965	11+227	110	100	2.1	81	426.6	100	40	81	10.1	13	1.8	100	3	27	505
38	5+372	5+407	38	100	2.8	81	11.8	1.7	40	81	10.3	11.9	3.3	100	3	81	460
44	5+843	5+916	45	100	2.9	81	24.7	3	40	81	10.7	9.9	3.2	100	3	81	459
20	2+312	2+616	33	100	8.6	27	102.8	91.4	100	3	10	13.6	3.3	100	3	81	419
9	0+856	1+142	286	100	10	3	96.7	70	50	47	10.3	11.9	2.8	100	3	81	416

#### 4.RİSK AZALTMAYA YÖNELİK UYGULAMA ÖNERİLERİ

Amaca yönelik yazılım programları kullanılarak, şevde meydana gelebilecek farklı yenilme türleri incelenmiş, şevin mevcut durumuna ve parametrelerdeki değişikliklere karşı güvenlik faktörü hassasiyeti araştırılmış ve son olarak şevde herhangi bir yenilme durumunda hareket edecek kütlelerin yola isabet etme olasılığı değerlendirilmiştir. Kaya şevlerinde süreksizlik kontrollü duraysızlıkları analiz etmek için, 82 bölümün her birinde gözlemlenen süreksizlikler pusula kullanılarak konumları belirlenmiştir. Bu süreksizlikler daha sonra gül diyagramı üzerinde gösterilmiş ve etkin süreksizlik takımları belirlenmiştir (Şekil 2).



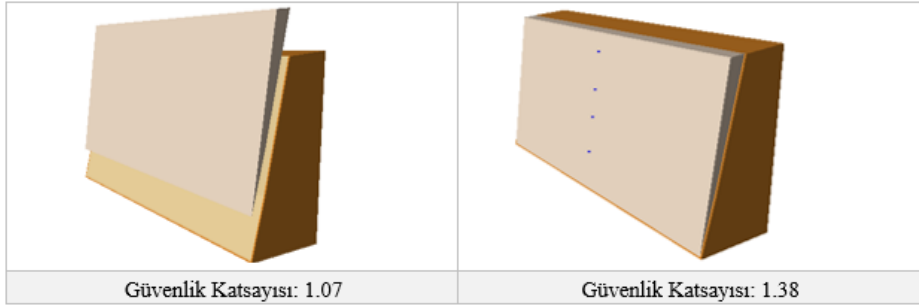
Şekil 2. a) Şev 42 için ölçülen süreksizliklere ait gül diyagramı, b) Şev 42 için süreksizliklerin eş açı projeksiyonu



Şekil 3. Şev 42 için kinematik analiz sonuçları

Bu noktadan sonra, kaya şevlerinde oluşabilecek yenilme türleri, her bir bölüm için kinematik analizler gerçekleştirilerek araştırılmıştır (Şekil 3). Rock Science (1998-2002) yazılımları kullanılarak düzlemsel kama devrilme gibi göçme modları için şev geometrisi ve malzeme özelliklerindeki değişikliklere karşı güvenlik katsayısı hesaplanmıştır (Şekil 4). Uygulamada, şev güvenlik faktörünün 1.3 ve üstü olması

öngörülmüştür. Son olarak herhangi bir yenilme durumunda, serbest kalan malzemenin yola gelip gelmemesi durumu araştırılmıştır. Bu analizler sonucunda, kaya düşmesine sebebiyet verebilecek geometriye sahip şevlerde, kritik girdi parametreleri kullanılarak yapılan güvenlik katsayısı hassasiyet analizlerinde, güvenlik katsayısının 1.3 değerinin altına düştüğü bölgelerde, herhangi bir yenilme durumunda yola gelebilecek bir kütle olması durumunda, şevde iyileştirme yönteminin araştırılması amacıyla SMR (Şev kütle derecelendirme sistemi) yöntemi kullanılmıştır. SMR sınıflaması, dünyada yaygın olarak kullanılan ve uygulamada kabullenilen sistematik bir araç olarak görülen Bieniawski (1989) kaya kütlesi puanlaması RMR'ın geliştirilmiş halidir. İncelenen bölgedeki kaya kütlesinin SMR puanına göre Romana (1993) tarafından belirlenen; şev temizliği, topuk hendekleri, topuk veya şev bariyerleri, ankrajlama, püskürtme, topuk duvarları, yüzey drenajı, derin drenaj, destek duvarları ve şevde palye inşası, kazı ile şevin kontrollü şekillendirilmesi gibi yöntemlerden biri veya birkaçının birlikte uygulanmasına karar verilmiştir. Bunun yanı sıra, uygun olan yerlerde kıyı dolgusu yapılarak yol hattının şevden uzaklaştırılması sağlanmıştır.



**Şekil 4.** 'Rock Plane' yazılımı ile yapılan analiz sonuçları a) Doğal koşullarda bulunan ve potansiyel düzlemsel kayma yenilmesi gösterebilecek Blok 3, b) Statik yükler altında stabilize olmuş Blok 3.

## 5.SONUÇLAR

Çalışma alanında, kaya düşmeleri süreksizlikler ve bu süreksizliklerde meydana gelen su hareketleri tarafından kontrol edilmektedir. Tektonik ve sismik hareketler ile hidrolojik etmenler, süreksizlik açıklarında artmaya, yeni süreksizliklerin oluşmasına ve ikincil örselenme-gevşemelere neden olabilmektedir. Güzergâh boyunca 200 metre yüksekliğini aşan yamaç eteği şevlerinin bulunmasından dolayı koruma ve iyileştirme çalışmaları kısmen, RHRS puanı en yüksek olarak belirlenen bölgelerde yapılması önerilmiş ve gerçekleştirilmiştir. 2015 yılında yapılan uygulamalar sonucunda çalışmaya konu sahil yolunda trafiğin akışı önemli bir kayıp ve hasar oluşmayacak şekilde sağlanmış ve mevcut hattın kesiksiz işlemesi sağlanmıştır. Ancak yapılan uygulamaların geçici çözüm olduğu, dolayısıyla da mevcut yol hattının şevden olabildiğince uzaklaştırmanın kalıcı çözüm oluşturacağı açıktır.

## **KAYNAKLAR**

1. Sowers, GB., Sowers, GF., (1979). Introductory Soil Mechanics and Foundations, Mc Millan.
2. O'Neil, MW., Poormoayed, N. (1980). Methodology for foundations on expansive, clays., Journal of Geotechnical Engineering, Division, American Society of Civil Engineers» Vol. 106, No. GT12, p. 1345-1367.
3. Ulusay, R., Sönmez, H., (2007). Kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri: Güncellenmiş genişletilmiş 2. Baskı, TMMOB Jeoloji mühendisleri odası yayınları, No:60, Ankara.
4. Van der Merwe, DH., (1964). The Prediction of Heave from the Plasticity Index and the Percentage Clay Fraction of Soils. The South African Institution of Civil Engineering, 6, 103-107.
5. Deere, D.u. (1968), Geological Considerations Rock Mechanics in Engineering Practice, ed.R.G. Stage and D.C. Zienkiewicz, Wiley. Newyork.
6. Hoek, E., Carranza-Torres, C., Corkum, B., (2002). Hoek-Brown Failure Criterion – 2002 Edition. 5th North American Rock Mechanics Symposium and 17th Tunneling Association of Canada Conference: NARMS-TAC, 2002, pp. 267-271.
7. Wyllie, D., (1987). Rock Slope Inventory System. Proceeding of the federal Highway Administration Rockfall Mitigation Seminary. FHWA Region 10, Portland Oregon.
8. Pierson, LA., Davis, SA., Vickie, RV., (1990). The Rockfall Hazard Rating System Implementation Manual. FHWA Report FHWA-OR-EG-90-01. FHWA. U.S. Department of Transportation.
9. Bieniawski, Z.T., (1989). Engineering Rock Mass Classification. Wiley, Chichester.
10. Romana, M., (1993). A Geomechanics Classification for Slopes: Slope Mass Rating. (In Comprehensive Rock Engineering. Ed. I. Hudson). Pergamon, 3, 575-600.

## **İstanbul Havalimanı “Ne olacaktı, Jeolojik Veriler Gözardı Edilince, Ne oldu?” “Neye Niyet, Neye Kismet”**

*Istanbul Airport “What was Supposed to be; What is The Outcome as The Geological Data Being Ignored? “What Intention, What Destiny”*

**Esen Arpat**

**Geomar Mühendislik**

*(esenarpat@gmail.com)*

**Öz:** Havalimanları bir ülke için özel önemi olan yapılardır. İstanbul'un ana havalimanı niteliğindeki bir yapının bu kapsamda ayrıca özel bir yeri vardır. İşte bu çok özel yapı İstanbul'un sağlıklı ve çağdaş bir kent olarak gelişebilmesi için gerekli olan arazi kullanım ilkelerinin pek çoğu hiçe sayılarak tasarlanmış, konumlandırılmış ve sonuçta ortaya, ülkeyi iyi anlamda temsil etme bakımından, kusurlu bir yapı çıkmıştır. Başarısızlığın temelinde yer seçiminde zemin koşullarının bilimsel ölçülerde hesaba katılmamış olması yatmaktadır. Projelendirme aşamasında bu sorunu dile getiren bilimsel uyarılar tepki ile karşılanmış, küçümsenmeye çalışılmış, ancak bu tutumun topluma bedeli çok ağır olmuş, sonuçta ortaya ihaleye esas olan kesin proje ile ilgisi olmayan yarım-yamalak bir yapı çıkmıştır. Havalimanı için seçilen büyük alan kuraldışı yaklaşımlarla işletilmiş eski bir kömür üretim bölgesidir. Kalınlıkları 70m yi bulan pasa yığınlarından oluşan tepeler ve bunlar arasında oluşmuş irili ufaklı, kimisi 30m ye yaklaşan derinlikte 66 gölden oluşan bir bölgede 6 tane pist ve 3 tane terminal binasının yapımı ihale dosyasının bel kemiğini oluşturmuştur. 2018 yılında tümü ile bitince dünyanın en büyük havalimanı olması tasarlanmış olan tesis şu sırada iki buçuk pisti ve tek terminal binası ile, onlar da kesin projede yer alan konumları ile yakın uzak ilgisi olamayan konumları ile, hizmet vermektedir. Bu projede ön görülmeyen bir bölgeye sıkıştırılma çabası, doğrudan doğruya, o bölgenin kömür ocakları işletmelerinin büyük ölçüde dışında kalmış olmasından kaynaklanmıştır. Sorunlu alanda ise ciddi bir çalışmanın olmadığı görülmektedir. Bu talihsiz olay İstanbul'un zemin özelliklerini ciddiye almayan büyük projelerin karşı karşıya oldukları büyük tehlikeyi unutmamak için topluma bedeli çok yüksek olan bir uyarı olmalıdır. Pusuda bekleyen kanal projesinde aynı bilim dışı yaklaşımın uygulanması

durumunda sonucun yıkıcı bir başarısızlık olacağını kavramak için havalimanı örneğini çok yönlü olarak ve ayrıntıları ile incelemek yararlı olacaktır.

*Anahtar Sözcükler: zemin koşulları, İstanbul Havalimanı, Kanal İstanbul*

**Abstract:** Airports are structures of special importance for a country. Furthermore, a structure that is the main airport of İstanbul has a special place in this context. This very special building was designed and located in disregard of many of the land use principles required for İstanbul to develop as a healthy and contemporary city, and as a result, a flawed structure emerged that did not represent the country positively. The basis of the failure lies in the fact that ground conditions were not taken into account scientifically in site selection. Scientific warnings expressing this problem during the project design phase were met with reaction and attempts were made to belittle them. But the cost of this attitude to society was very heavy, and the result is a sketchy structure that has nothing to do with the definitive project on which the bidding was based.. The wast area chosen for the airport is a former coal production area operated with illegal approaches. The backbone of the tender dossier was the construction of 6 runways and 3 terminal buildings in a region consisting of hills made of wastepiles with a thickness of up to 70 m and 66 lakes, large and small, some with a depth of up to 30 m. The system, which is designed to be the largest airport in the world when it is completed in 2018, currently serves with two and a half runways and a single terminal building, and their locations are not even remotely related to the locations shown in the final project.. The effort to squeeze into an unplanned region in this project was directly caused by the fact that that region was largely excluded from coal mining operations. No serious operations seem to be underway, presently in the problematic area. This unfortunate incident should be a very costly warning to society not to forget the great danger faced by large projects that do not take İstanbul's soil characteristics seriously. It would be useful to examine the airport example from multiple perspectives and in detail to understand that if the same unscientific approach is applied to the pending (lying in wait) canal project, the result will be a catastrophic failure.

*Key Words: soil conditions, İstanbul Airport, Canal İstanbul*

## **İstanbul Kayaçlarının Mühendislik Jeolojisi Yönünden Değerlendirilmesi**

### *Evaluation of Rocks of İstanbul from an Engineering Geological Perspective*

**Ömer Ündül<sup>a</sup>, Atiye Tuğrul<sup>b</sup>**

*<sup>a</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak*

*<sup>b</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Hadımköy  
(undul@itu.edu.tr)*

**Öz:** Nüfus yoğunluğu ve tarihsel geçmişi bakımından dünyanın gözde şehirlerinden olan İstanbul'da binlerce yıldır mühendislik tasarım projeleri yapılmakta jeolojik malzemeler çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Jeolojik ortam ve koşullar, yüzeyde, yüzey altında ve çeşitli derinliklerde yapılan çalışmaların yanı sıra yapı gereci olarak kullanılan doğal malzemenin özelliklerini de belirlemektedir. Kaya kütleleri ve kayaç malzemelerinin özellikleri uzun yıllardır çalışılsa da hala farklı bakış açıları ile yeni değerlendirmelere ihtiyaç duyulduğu tecrübe edilmektedir.

Çalışma kapsamında, İstanbul'un özellikle Paleozoyik istifinde yer alan kayaçlara öncelik verilmiştir. Önceki yıllara göre daha derin ve daha büyük boyutlarda mühendislik tasarım faaliyetlerine konu olan kayaç gruplarına ait malzeme özellikleri, jeomekanik parametreler ve mühendislik jeolojisi değerlendirmeleri tartışılmıştır. Bunun için taş ocakları, tüneller, sondajlar ve derin kazılardan elde edilen kayaç örnekleri ile saha verileri birlikte değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerde, ayrışma profillerinden temsili örnek alınımında hatalar yapıldığı örneklerin çoklukla temsili olmayan çekirdek taşlarından derlendiği gözlenmiştir. Süreksizliklerin kökenlerinin tespitinde hataların yapıldığı bu da özellikle süreksizlik devamlılığında eksik değerlendirmelere neden olduğu anlaşılmıştır.

Mühendislik tasarımlarında kaya ortamın ayrışmaya bağlı değişimlerinin ve süreksizlik özelliklerinin proje tür ve boyutlarına göre daha detaylı incelenmesinin önemi bir kez daha vurgulanmıştır. Aynı durumun farklı jeomekanik davranış özelliği sunan kaya türlerinin birlikte bulunduğu ortamlar için de geçerli olduğu tartışmasızdır.

*Anahtar Kelimeler: Ayrışma, İstanbul'un kayaçları, jeomekanik, mühendislik jeolojisi, süreksizlik*

**Abstract:** In İstanbul, one of the most popular cities in the world in terms of population density and historical history engineering design projects have been constructed and geological materials have been used for different purposes since thousands of years. Geological conditions and environments not only influence the studies conducted on the surface, subsurface, and at various depths but also



determine the properties of natural materials used in construction. While the properties of rock masses and rock materials have been studied for many years, there is still a need for new assessments from different perspectives.

Within the scope of this study, priority has been given to the rocks found in the Paleozoic sequence of Istanbul. Material properties, geomechanical parameters, and engineering geological evaluations of rock groups subject to engineering design activities of deeper and larger scale compared to previous years have been discussed. To achieve this, rock samples obtained from quarries, tunnels, boreholes, and deep excavations, along with field data, have been evaluated together. In these evaluations, it has been observed that errors were made in selecting representative samples from the weathering profiles, with many examples being compiled from non-representative core stones. It has been understood that errors were made in identifying the origins of discontinuities, which particularly led to incomplete assessments in discontinuity persistence.

The importance of a more detailed examination of the changes in rock properties due to weathering and discontinuity characteristics in the engineering design process, depending on the type and scale of the project, has been emphasized once again.

*Key Words: Weathering, rocks of İstanbul, geomechanic, engineering geology, discontinuity*

## **Kanal-İstanbul İnadına Açılmaya Çalışılırsa D-100 Karayolu Kanal Engelini Nasıl Aşar?**

*If The Canal is Attempted to Construct Despite The Common Sense How The D-100 Highway Will Cross It?*

**Esen Arpat**

*Geomar Mühendislik  
(esenarpat@gmail.com)*

**Öz:** Kanal-İstanbul adı altında tasarlanan kanal projesinin nihai Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) raporunda pek çok önemli diğer konular gibi D-100 karayolunun kanalı geçiş konusu da son derece yüzeysel olarak ele alınmaktadır. Proje bu karayolunun kanalı 750m orta açıklıklı, 12 trafik şeritli bir asma köprü ile geçmeyi öncelikli seçenek olarak kabul etmektedir. Bu köprüyü taşıyacak olan ayaklar -100 düzeyine kadar incek şekilde tasarlanmışsa da -50m nin altında elde sağlıklı veri yoktur ve rapor tümüyle yanlış bir değerlendirme ile -50m altındaki zemini örselenmemiş sağlam bir çökel istifi olarak kabul etmektedir. Oysa en az -120m düzeyine kadar zeminin çok örselenmiş ve geoteknik uygulamalar için çok sorunlu olduğu yöre hakkındaki jeolojik değerlendirmelerden bilinmektedir. Köprü güzergahını içerecek bir bant boyunca -150m düzeyine kadar ayrıntılı bir zemin araştırılması yapılmadan D-100 karayolunun kanalı geçişi hakkında çözüm üretmeye kalkışmak sözcüğün tam anlamı ile sorumsuzluktur.

*Anahtar Kelimeler:* D-100 karayolu, Kanal-İstanbul ÇED raporu, Küçükçekmece Gölü

**Abstract:** In the final EIA report of the canal project designed under the name Canal-Istanbul, the canal crossing issue of the D-100 highway, like many other important issues, is handled extremely superficially. The project considers crossing the canal of this highway with a suspension bridge with a 750m mid-span and 12 traffic lanes as a priority option. Although the piers that will carry this bridge are designed to go down to -100 level, there is no reliable data available below -50 m and the report, with a completely wrong assessment, accepts the ground below -50 m as a solid, undisturbed sediment pile. However, it is known from geological evaluations about the region that the ground is very disturbed up to at least -120m level and is very problematic for geotechnical applications. It is literally irresponsible to attempt to find a solution for the canal passage of the D-100 highway without a detailed ground investigation down to the -150m level along a band that will include the bridge route.  
*Key Words:* Highway D-100, Canal-İstanbul EIA. Küçükçekmece Lake

## **1. GİRİŞ**

Eğer, “Kanal-İstanbul” adı ile pazarlanmaya çalışılan kanal inadına yapılmaya çalışılırsa, D-100 karayolunun kanalı geçişi kanal boyunca karşılaşılabilecek çok sayıda büyük sorunlar listesinin başına yerleşecektir. Kentin önemli bir bölümünün şekillenmesi bu yolun çevresinde gelişmiştir. Bu nedenle, ayrıntılı bir plana dayalı olan ve çok uzun bir zaman dilimine yayılmış bir uygulamayı gerçekleştirmeden D-100 karayolunun konumunda önemli bir değişiklik yapma şansı da yoktur. Zaten Kanal-İstanbul ÇED raporundan[1] da anlaşıldığı üzere kanal projesinde D-100 karayolunda önemli bir güzergah değişikliği ön görülmemektedir. Projeye göre, çok ufak yer değişiklikleri ile, Küçükçekmece bölgesinde de günümüzdeki yerini koruyacak olan bu karayolu kanalı bir asma köprü veya tünel ile geçecektir. Can alıcı sorunun işte bu aşamada sorulması gerekecektir: kabul edilebilir zaman ve bütçe koşullarına “geçebilecek midir?”. Bu sorunun yanıtını ararken kullanılacak veriler ÇED raporunda yer almamaktadır. Raporunda var olan sınırlı sayıda veri de rapor kapsamında değerlendirilmemiştir. ÇED raporunda D-100 karayolunun kanalı geçişi sıradan bir konu gibi gösterilmeye çalışılmıştır. Bu yazı D-100 karayolunun kanalı geçiş sorununu çok yönlü, ancak öz olarak tanıtmayı amaçlamaktadır.

## **2. YÖNTEM**

ÇED raporunun D-100 karayolunun kanalı geçiş konusunda yaklaşımını anlatmak için rapordan bazı alıntılar yapmanın da yararlı olacağını düşünülmektedir. Raporun bu önemli soruna yaklaşımının, bölgenin jeolojisi hakkında sahip olduğumuz bilgiler ışığında tartışılması sorunun öneminin anlaşılmasına önemli katkı sağlayacaktır.

## **3. BULGULAR VE TARTIŞMA**

“Nihai” olarak nitelendirilmiş ÇED raporu Ocak, 2020 tarihini taşımaktadır. Bu raporda yer alan, D-100 karayolu geçişini yakından ilgilendiren veriler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

-D-100 geçişi günümüzde olduğu gibi gidiş/geliş toplam 12 şerit olarak planlanmıştır.

-D-100 geçişi için günümüzdeki güzergahını çok yakından izleyen bir asma köprü seçeneği yeğlenmiştir. Diğer seçenek olan ikişer katlı üç tünel ile geçiş tasarımından tünel giriş ve çıkış aralarındaki uzaklığın çok uzun olacağı, dolayısıyla var olan diğer yollar ile bağlantılar kurmanın çok zor olacağı değerlendirilmiştir.

-Tasarlanan köprü'nün orta açıklığı 750m olacak, viyadük özelliğinde yapılacak yaklaşım yolları arasında kalan 1350m'lik kesim iki ayağa asılarak taşıtılacaktır.

-Tüm yükü taşıyacak olan bu ayaklar -100m düzeyine kadar inen kesonlar kullanılarak oluşturulacak, bu ayakların -50m'nin üstündeki kesimleri gevşek alüvyon içinde yer alacağı için o kesimlerde zemin iyileştirmesine gidilecektir.

-Gerek göl alanında, gerekse ağızda ve tasarlanan köprü geçişi bölgesinde varlığı ortaya konmuş olan bu alüvyon raporda “*gri-koyu gri, yeşilimsi gri renkli, nemli yumuşak, yer yer katı, yüksek plastisiteli, ince iri taneli, yarı yuvarlak, muhtelif kökenli çakıllı kum birimlerden meydana gelmektedir*” şeklinde tanımlanmaktadır.

-ÇED raporunda “*söz konusu alüvyon birime ait kalınlığın Marmara ve Küçükçekmece Gölü içinde 18m ile 47m arasında değiştiği belirlenmiştir*” denilmektedir.

Öte yandan, bölge için geçerli olan, kanal geçişindeki değerlendirmeleri yönlendirecek nitelikte, ancak ÇED raporunda tümüyle göz ardı edilmiş jeolojik veriler vardır. Bunlar şöyle özetlenebilir:

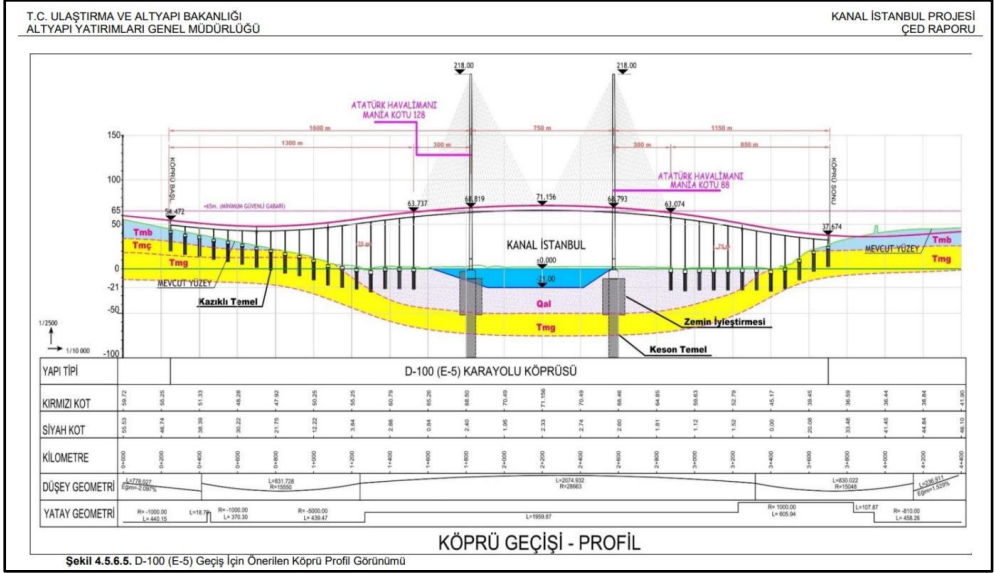
-Gerek Büyükçekmece, gerekse Küçükçekmece koyları ve gölleri heyelanlar ile genişlemiş daha sonra deniz basmasına uğramış dere yataklarıdır. Kuvaterner’de buzul dönemleri ile ilişkili olarak denizlerin düzeyinde 120m’ye varan alçalmalardan Marmara denizi de etkilenmiş, bu denize dökülen akarsular düşük deniz düzeyi dönemlerinde yataklarını hızla derine kazmaya, gömülmeye başlamışlardır. Bu şekilde dikleşen vadi yamaçları eğer dik eğimlerde duraylı olmayan kayaç türlerinden oluşuyorsa, bu yamaçlarda heyelanlar gelişmeye başlamıştır. Heyelanlı ile giderek genişleyen vadiler deniz düzeyinin yükselmesi ile koylar özelliği kazanmışlardır. Heyelanlar yapmaya yatkın Gürpınar Formasyonu içinde açılmış olan Büyükçekmece ve benzer özelliklerdeki Güngören Formasyonu içinde açılmış olan geniş Küçükçekmece vadileri deniz basması ve dalga etkin yüksekliği ile belirlenen bir derinlikte kıyı oku gelişmesi sonucunda lagünleri de olan koy niteliği kazanmışlardır.

-Kıyı oklarının altı da dahil olmak üzere bu vadiler tipik haliç çökelleri ile dolmuşlardır. Sonuçta o bölgelerde oluşan tipik kesit -120m derine kadar inen heyelanla aktarılmış Güngören Formasyonuna ait plastik kil ağırlıklı bir yığın ve üste doğru genişleyerek yaygın bir alana ve büyük kalınlığa erişmiş haliç çökellerinden oluşan bir istif. Anlaşılabacağı üzere jeoteknik uygulamalar açısından son derece sorunlu 120m kalınlıkta bir prizma.

-ÇED raporunda yanlış olarak alüvyon olarak adlandırılmış olan çökel içinde açılmış deney kuyularında yapılan SPT deneylerinde SPT düzeneği, çakma yapılmadan kendi ağırlığı ile çökel içine gömülmektedir (Şekil 2).

-ÇED kapsamında ele alınmış kuyulardan hiç birisi 50m den derin olmamasına ve kuyuların tabanında haliç çökellerinin yer almasına karşın, asma köprü ayaklarının planlaması da dahil olmak üzere, gevşek çökel alt sınırı -50m olarak kabul edilmiştir. Oysa, ÇED raporunda kullanılan jeofizik araştırmada bile bu derinlik -70m olarak görülmektedir.

Öte yandan, bir çözüm olarak D-100 geçişi için tünel seçeneğinin gündeme getirilmesi de akılcı gözükmemektedir. -120m derine kadar inen çok sorunlu kütleli altından geçecek bir tünelde trafik akışı açısından kabul edilebilir bir eğim uygulanması durumunda tünelin ağızlarının doğuda günümüzdeki D100 üzerindeki Atatürk havalimanı kavşağında, batıda ise Haramidere’de yer alması gerekecektir. Bu da başlı başına bir trafik kargaşası kaynağı anlamına gelmektedir.



**Şekil 1.** ÇED raporunda yer alan D100 köprüsü kesiti [ 1 ]. Sarı renk ve Tmg simgesi ile gösterilen birim Güngören Formasyonu olarak bilinen ve kum ve kilin egemen olduğu bir jeolojik birimdir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

D-100 karayolunun, yapılması durumunda kanalı geçişinin çok sorunlu bir konu olmasına karşın bu sorun ÇED raporunda çok yüzeysel bir şekilde ele alınmıştır. Öne çıkan seçenek olarak belirtilen asma köprü'nün taşıyıcı ayaklarının yerleştirileceği zemin hakkında çok eksik ve yanlış veriler ile değerlendirmeler yapılmaktadır. -50m'nin altı hakkında elde sondaj verisi bile yok iken taşıyıcı güce sahip olmayan halic çökellerinin, kökeni belirsiz bir kabul ile -50m'de sonlandığı kabul edilmiştir. Oysa bu değer'in tümüyle yanlış olması bir yana, halic çökellerinin altında yer alan, heyelanlarla aktarılmış, dolayısıyla aşırı derecede örselenmiş birim, yine dayanaksız olarak ve gerçeklerden çok uzak bir yaklaşım ile yerli Güngören Formasyonu olarak kabul edilmiştir.

Asma köprü'nün ayaklarının ve uzun ve yüksek yaklaşım viyadüklerinin taşıtılacağı kazıkların yer alacağı zemin bölgesinin en az -150m düzeyine kadar ayrıntılı olarak araştırılacağı çalışmalar yapılmadan adına ÇED denilecek bir belgenin düzenlenmesi ve kabul görmesi söz konusu bile olmamalıdır.

YUKSEL PROJE										YP-9110-FRM-0081								
YUKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş. Nispetiye Mahallesi 450. Sokak No:13 80610 Çarşıbaşı - Beşiktaş Tel: (312) 408 70 00 Faks: (312) 408 70 24 yukseleproje.com.tr										Sondaj Logu								
SONDAJ LOGU / BORING LOG										SONDAJ Borehole No: KÇKI-15								
										SAYFA Page No: 5 / 5								
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRAYA BOYU Run	YERİNDE DENEYİ In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm <sup>2</sup> )		STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCRT CoreR)	ROD %	POINT LOAD / IS <sub>60</sub> (MPa)	
				NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	DARBE SAYISI Numb. Of Blows			GRAFIK Graph									
						0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N									
36		36.40																
36.75										36.75 m								
37.85										37.85 m								
40	SPT-8	39.85				0	0	0	0									
41	SPT-9	40.90				0	0	0	0									
41.35	SPT-9	41.35				0	0	0	0									
42	SPT-10	42.40				0	0	0	0									
42.85	SPT-10	42.85				0	0	0	0									
43																		
KUYU SONU: 42.95 m																		

**Şekil 2.** Lagün alanı içinde kanal güzergahı üzerinde açılmış olan sondaj logu [1]. Lagün bölgesinin en derin kuyusunda delgi 42,95m de balçık içinde sona erdirilmiştir. Bu kuyunun ÇED raporunda yer alan yukarıdaki kütüğünde görüldüğü üzere söz konusu balçık kütlelerinde delgi borusu, hiçbir baskı uygulanmadan kendi ağırlığı ile zemine gömülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Çınar Mühendislik, Müşavirlik AŞ, (2020). Kanal İstanbul Projesi Çevresel Etki Değerlendirmesi Nihai Raporu, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Alt Yapı Yatırımları Genel Müdürlüğü, 1623 s.

# **Tarihi Yapılarda Zemin İyileştirme Yöntemlerinin Kıyaslanmasında Haydarpaşa Gar Binası Örneği**

## *Haydarpaşa Station Building Example in Comparing Ground Improvement Methods in Historical Buildings*

**Seyfettin Atmaca, Onur Yılmaz**

*Asyapit İnşaat A.Ş.  
Jeoloji Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi  
(seyfettinatmaca@asyapit.com)*

**Öz:** Toplumlar mutlaka ve mutlaka gelecek kuşaklara tecrübelerini, kültürlerini ve ritüellerini aktarma ihtiyacı duymuşlardır. Bunların başında ise şüphesiz mimari eserler gelmektedir. Ancak hızlıca artan nüfus beraberinde bir barınma sorununu da doğurmuştur. Artan kentleşme, insan girişimleri, çevre kirliliği, kontrolsüz kentleşme, doğa ve insan kaynaklı afetler tarihi yapılarının korunmasını güçleştirmiş adeta yok olmasına da zemin hazırlamıştır. Bu çalışmada da özellikle tarihi yapılarda zemin güçlendirme yapılırken uygun yöntemin iyi analiz edilerek seçilmesi, tarihi yapılara zarar vermeden, doğru, akılcı, bilimsel metotlar eşliğinde güvenilir ve sürdürülebilir bir mühendislik işlemi nasıl yapılabilir sorusuna ergonomik bir yanıt bulmak adına Haydarpaşa Gar binasında kullanılan yöntemlerle anlatılmaya çalışılmıştır.

**Abstract** Societies have definitely felt the need to transfer their experiences, cultures and rituals to future generations. The most important of these are undoubtedly architectural works. However, the rapidly increasing population has also created a housing problem. Increasing urbanization, human enterprises, environmental pollution, uncontrolled urbanization, natural and human-induced disasters have made it difficult to preserve historical structures and have paved the way for their destruction. In this study, the methods used in the Haydarpaşa Station building have been tried to be explained in order to find an ergonomic answer to the question of how to carefully analyze and select the appropriate method when strengthening the ground, especially in historical buildings, and how to carry out a reliable and sustainable engineering process with correct, rational and scientific methods, without damaging historical buildings.

*Anahtar Kelimeler:* zemin, Haydarpaşa, mühendislik, tarihi yapılar.

## **1.GİRİŞ**

Tarihi yapılarda oluşan en büyük sorunların başında jeolojik, geoteknik ve doğa kaynaklı afetlerin yarattığı zemin problemleri olduğu aşikardır. Mevcut tarihi

yapıların korunması için, teknik ve teknolojik her türlü imkan ve makine gücü ile önlemler alınması son derece önemlidir. Bu nedenle modern yönetmelik ve yöntemler ile alternatif zemin iyileştirme projelerinin uygulanması için uzman tasarımcıların optimum, sürdürülebilir ve en önemlisi de uygulanabilir projeler tasarlaması önem arz etmektedir. Bu çalışma içerisinde de Haydarpaşa Gar binasının zemin güçlendirilmesi sırasında kullanılan alternatif metotlar ve sürecin işleyişine göre yapının zemini, uygulanan mühendislik yöntemleri ve elde edilen sonuçlar etkin bir şekilde ifade edilmeye ve karşılaştırılmaya çalışılmıştır.

Tarihi yapılarda en sık karşılaşılan zemin kaynaklı problemler genellikle oturmalar, ayrışma, kabarma ve şişme, parça kopması, çatlaklar ve kaymalardır. Oturmalar, yeterli zemin kırılması güvenliği altındaki tabakalara çeşitli büyüklükte ve yönde etkiyen kuvvetlerin etkisi sonucu oluşur. Yatay kuvvetlerin de oturmalara etkisi olmaktadır [1]. Genel olarak temel sorunları; Yer altı suyunun alçalıp yükselmesi, yapıdaki yük sisteminin değişmesi veya yapıda yapılacak değişiklikler, kazıkların deformasyonu, hava ile teması veya çevre faktörleri sonucu çürütmesi , yapı çevresinde yapılan kazılar, etrafında bırakılan çukurlar, dinamik etkiler ve titreşimler olarak belirtmemiz mümkündür [1].

## **2.YÖNTEM**

Bu etkilere karşı yapılacak en etkin mühendislik girişimleri ise; Zayıf bir zeminin taşıma kapasitesini arttırmak, toplam oturmaya azaltmak ve konsolidasyonu hızlandırmak. dolgu ve yarmaların stabilitesini arttırmak, zemini iksa duvarı gibi çalıştırmak, iksa duvarlarını desteklemek, zeminin sıvılaşma potansiyelini azaltmak ve geçirimsizliği azaltmak olarak sıralayabiliriz.

Belirlenen hedefte güçlendirme yapmak için zeminde uygulanan yöntemler ; taş kolon, derin karıştırma-DSM, jet-grout, donatılı zemin uygulamaları , mini kazık uygulamaları ve fore kazık uygulamaları temel iyileştirme yöntemleridir. Zemin ve şev destek uygulamalarında ise; zemin ankrajları, zemin çivileri, diyafram duvar uygulamaları, kaya bulon uygulamaları ve perde – istinat duvarı uygulamaları başlıca yöntemlerdir [1].

Çalışma alanında yapılan zemin etüdü raporu sonuçlarına göre elde edilen veriler ışığında yapılan hesaplamalar sonucu belirlenen mikro kazık yöntemine göre elde edilen veriler; (BS8004 ve TSE'nin, TS-3168 EN 1536-Kasım 2001' e göre yapılan kazık yükleme deneyi standartlarında yapılan ölçümlerde ) Teknik şartname prosedürüne göre yük kademeleri %25 artırılarak, tasarım yükü 20 ton olarak belirlenen kazıklar için 30 tona (tasarım yükünün %150'si ) kadar yükleme yapılmıştır. Yerinde dökme betonarme kazıklarda genel olarak toplam oturması, çakma kazıklarda 20 mm ye kadar sınır değer olarak kabul edilir. Testi yapılan yerinde dökme betonarme kazıkta, statik yükleme deneyinde elde edilen maksimum deformasyon 1,93 mm, kalıcı deformasyon ise 0,99 mm olduğundan kabul sınırları içinde kalmaktadır [1].

Bu çalışma kapsamında farklı bir yaklaşım olarak elde edilen bu veriler ışığında ise en uygun zemin iyileştirme metodunun DSM (deepsoilmix) olduğu kanatine varılmıştır. Hem ekonomik, hem sürdürülebilir hem de doğru bir teknik olması



nedeniyle mikro kazı yöntemi ile de karşılaştırma yapma olanağı sağlanmış ve gerekli iyileştirmeler yapılmıştır. Setaf 2018 programında mevcut zemin verileri girilmiş, taşıma gücü ve oturma analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlara ait program çıktıları tablo 1'de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur [1].

**Tablo 1. Zemin Parametrelerine Göre Alternatif Uygulama Yöntemleri Mukayese Tablosu**

Sıra No	İmalat Yöntemi	Mikro kazık	DSM (Deepmix)
1	Bina oturma alanı m <sup>2</sup>	697,5 m <sup>2</sup>	697,5 m <sup>2</sup>
2	Hesaplanan Taş. Gücü kg/cm <sup>2</sup>	18,81	18,81
3	Hesaplanan Oturma miktarı cm	11 cm	11 cm
4	Zemin Sınıfı	ZE	ZE
5	BKS (Bina Kullanım Sınıfı)	BKS-1	BKS-1
6	Bina Önem Katsayısı	1,5	1,5
7	BYS (Bina Yük. Sınıfı)	BYS-6	BYS-6
8	Kazık-Kolon çapı cm	18 cm	65 cm
9	Kazık-Kolon Boyu m	15,35 m	13,85 m
10	Kazık miktarı adet	310 ad	300 ad
11	Toplam metraj m	4758,50 m	4155 m
12	Tasarlanan taşıma gücü kN	192,16 kN	219,93 kN
13	Tasarlanan Oturma miktarı cm	0,36	1,49 cm

### 3.SONUÇ

Haydarpaşa Gar Binası özelinde uygulanan mikro kazık projesime ait hesap raporu , kesitler, uygulama yöntemi ve kazık yükleme test değerlendirme verileri irdelenmiş, değerlendirilmiş ve bu hususta mikro kazık yöntemine alternatif uygulama ve çözüm önerisi sunmak adına verilerin geri analizleri yapılarak projeye farklı açıdan yaklaşılması istenmiştir. Bu anlamda DSM (deepsoilmix) uygulamasının aynı zemin şartlarında , aynı yükler altında, mevcut bina özelinde elde edilen veriler ışığında incelenmiş, temel taşıma gücü analizleri , oturma analizleri ve imalat masrafları açısından bu iki yöntem kıyaslanarak sonuçlar elde edilmiştir. Bu anlamda DSM metodunun daha ergonomik olduğu tarafımızca gözlenmiştir. Tarihi yapıların gelecekte de varlığını koruması adına yapı- zemin ilişkisi iyi irdelenmeli, sürdürülebilir ve doğru uygulamalar ile ekonomik ve güvenli bir mühendislik yaklaşımı sergilemesi son derece önemlidir.

### KAYNAKLAR

1. Atmaca, S., (2023) Tarihi Yapıların Restorasyonunda Alternatif Zemin İyileştirme ve İslah Yöntemlerinin Geliştirilmesi, Analizleri ile Birlikte Örnek Bir Uygulama. İstanbul Rumeli Üniversitesi Fenbilimleri Enst. Tezsiz Yüksek Lisans, İstanbul



## DESTEKLEYEN KURULUŐLAR



A.R. İNŞAAT GIDA MÜHENDİSLİK MÜTEAHHİTLİK SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

AG YERBİLİMLERİ MÜHENDİSLİK

AK İNŞAAT MÜHENDİSLİK

AKSU MÜHENDİSLİK İNŞAAT ELEKTRİK DOĞALGAZ SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

AKSU YER MÜHENDİSLİK SONDAJ İNŞ. TİC. LTD. ŞTİ.

ANADOLU MÜHENDİSLİK

ANALİZ MÜHENDİSLİK İNŞAAT SONDAJCILIK MADENCİLİK SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

ARTÇI MÜHENDİSLİK BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ YAPI SANAYİ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

ARTSON GEOTEKNİK MÜHENDİSLİK-MÜŞAVİRLİK

ASYAPIT İNŞAAT MÜHENDİSLİK MİMARLIK TASARIM SAN. VE TİC. A.Ş.

AVRASYA DERİNKUYU ZEMİN İNŞAAT ÇEVRE MADENCİLİK MÜHENDİSLİK VE MÜŞAVİRLİK SAN. VE TİC. LMT. ŞİR

AVRASYA YER BİLİMLERİ MÜHENDİSLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

BA-HA ZEMİN ETÜD SONDAJ VE MÜHENDİSLİK

BARIŞ MÜHENDİSLİK SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

BEDİRHANOĞLU ZEMİN YAPI MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ İNŞAAT TURİZM SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

BEKA YER BİLİMLERİ MÜHENDİSLİK DANIŞMANLIK LİMİTED ŞİRKETİ

BEKRAN MÜHENDİSLİK MADEN TAAHHÜT İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

BERİL ZEMİN MÜHENDİSLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

BURKUT YER MÜHENDİSLİK SANAYİ TİCARET ANONİM ŞİRKETİ

CEM KAYA MÜHENDİSLİK BÜROSU

DİMAR ŞAH MÜHENDİSLİK

DS MERSA PROJE ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK VE MÜŞAVİRLİK LİMİTED ŞİRKETİ

DÜNYAM ZEMİN YAPI JEOLJİ JEOFİZİK FAALİYETLER JEOTERMAL İNŞAAT TEKSTİL SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

EKİN MÜHENDİSLİK

ELFA MÜHENDİSLİK DANIŞMANLIK VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

ENİ MÜHENDİSLİK

EON SONDAJ MADENCİLİK MÜHENDİSLİK İNŞAAT TAAHHÜT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

ESTA ZEMİN SONDAJ İNŞAAT MÜHENDİSLİK MİMARLIK SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

GENÇ FATİH İNŞAAT VE TAAHHÜT MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

GEOSAN DOĞAL KAYNAKLAR HAMMADDE ANONİM ŞİRKETİ

GEOTAŞ YERALTI ARAŞTIRMA VE İNŞAAT SANAYİ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

GEO-TEK ZEMİN MÜHENDİSLİK MÜŞAVİRLİK

GÜNERLER MADENCİLİK İNŞAAT TURİZM SAN. VE TIC. LTD. ŞTİ.

İSTANBUL MÜHENDİSLİK TİC.LTD.ŞTİ.

İSTANBUL ZEMİN SONDAJ MÜHENDİSLİK İNŞAAT SANAYİ İÇ VE DIŞ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

JEO-BİL MÜHENDİSLİK MİMARLIK SONDAJ İNŞAAT PROJE DANIŞMANLIK VE TAAHHÜT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

JEOLAB ZEMİN ETÜT VE LABORATUVAR HİZMETLERİ MAKİNA MÜHENDİSLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

JEOTEK YERALTI ARAŞTIRMA İNŞAAT MADEN SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

KADIOĞLU MÜHENDİSLİK İNŞAAT LİMİTED ŞİRKETİ

KAYA ZEMİN

KAYRA ZEMİN

LEJANT ZEMİN MÜHENDİSLİK YENİLENEBİLİR ENERJİ VE MADENCİLİK LİMİTED ŞİRKETİ

LEVENT ZEMİN SONDAJ MÜHENDİSLİK

LİNA ALTINTEL YAPI SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

LOKASYON MÜHENDİSLİK SONDAJ VE POMPA SİSTEMLERİ-HALİT DEMİRKAN

MEDİTHERMAL ENERJİ A.Ş.

MİDOR MİMARLIK MÜHENDİSLİK İNŞAAT TESİSAT TAAHHÜT YER VE MADEN  
ARAŞTIRMALARI LİMİTED ŞİRKETİ

NZS MÜHENDİSLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

ÖN-SAL SONDAJ SANAYİ TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

ÖZDE ZEMİN ARAŞTIRMA DANIŞMANLIK İNŞAAT TAAHHÜT TİCARET LİMİTED  
ŞİRKETİ

SAFİR JEOLJİ MİM. MÜH İNŞ TAAH VE MALZEMELERİ SAN TİC LTD ŞT

SAYGIN MÜŞAVİRLİK MİMARLIK MÜHENDİSLİK DANIŞMANLIK VE İNŞAAT  
KONTROL HİZMETLERİ LİMİTED ŞİRKETİ

SETRA TEKNİK SONDAJ VE PROJE MÜŞAVİRLİK LİMİTED ŞİRKETİ

SÜMER MÜHENDİSLİK İNŞAAT TİCARET VE SANAYİ ANONİM ŞİRKETİ

TEKİRDAĞ ZEMİN VE KAYA LAB. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.

TEMAR SONDAJ İNŞAAT VE MÜHENDİSLİK İTHALAT İHRACAT TİCARET  
SANAYİ LİMİTED ŞİRKETİ

TETKİK ZEMİN İNŞAAT MADENCİLİK TURİZM VE TAŞIMACILIK DIŞ TİCARET  
LİMİTED ŞİRKETİ

TRAKYA JEOETÜT

TUNA YER BİLİMLERİ MÜHENDİSLİK İNŞAAT ELEKTRİK TAAHHÜT SANAYİ VE  
TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

VALENA İNŞAAT A.Ş.

ZEMİN ETÜT VE TASARIM A.Ş.

ZEMİN54 MÜHENDİSLİK





## TEKİRDAĞ ZEMİN VE KAYA LABORATUVARI



Şehsinan Mahallesi, Ruşenler Sokak, No:1/1A Çorlu-TEKİRDAĞ  
İletişim: 0282 502 59 11

TRAKYA  
JEOETÜT

TRAKYA JEOETÜT  
MÜHENDİSLİK MÜŞAVİRLİK BÜROSU  
Kadriye ÖZALP  
İstanbul, Şişli, Şişli Çarşısı, Mikatlı Erkek Meslekî Türkân Okulu  
No:104, Kat:1, Daire:10, Şişli, İstanbul - 080900  
Tel: 0212 241 20 20 - 0212 241 20 20



CEM KAYA  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİK SONDAJCIKLIK BÜROSU





# ZEMİNCİLER DERNEĞİ

2022

Halkalı Merkez Mah. Dereboyu Cad.  
No:4 Ant Plato Kat:4 D:36  
Küçükçekmece / İstanbul

*[zemincilerdernegi@gmail.com](mailto:zemincilerdernegi@gmail.com)*





## FAALİYET ALANLARI



### A) İNŞAAT TAAHHÜT HİZMETLERİ

- Endüstriyel tesisler
- Kıyı ve liman yapıları
- Fabrika yapıları
- Konut projeleri
- Ulaştırma projeleri
- Enerji tesisleri
- Altyapı tesisleri
- Boru ve isale hatları



### B) MÜHENDİSLİK-MİMARLIK HİZMETLERİ

- Proje geliştirme
- Mühendislik Jeolojisi uygulamaları
- Baraj, tünel, yol projeleri
- Bina güçlendirme uygulamaları
- Tadilat ve onarım uygulamaları
- Heyelan önleme projeleri
- Kentsel dönüşüm hizmetleri
- Mevcut yapı restorasyon uygulamaları



### C) JEOLOJİ-GEOTEKNİK HİZMETLERİ

- Jeolojik-jeoteknik araştırmalar
- Geoteknik çözüm ve uygulamaları
- Zemin etüd ve araştırmaları
- Mühendislik Jeolojisi uygulamaları
- Zemin iyileştirme uygulamaları
- Zemin islahı uygulamaları
- Depremselik
- Malzeme etüdü ve temin işleri

### D) PROJE-TASARIM HİZMETLERİ

- Mimari projeler
- Statik projeler
- Jeolojik hidrojeolojik modellemeler
- Geoteknik projeler
- Restorasyon projeleri
- Güçlendirme projeleri
- Endüstriyel projeler



