

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ GÜNCEL ÇALIŞMA ALANLARIHüseyin SENDİR^{1*}, Didem YASİN², Volkan KARABACAK³¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Eskişehir
ORCID No : <http://orcid.org/0000-0001-7252-7117>²Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Eskişehir
ORCID No : <http://orcid.org/0000-0003-3063-9916>³Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Eskişehir
ORCID No : <http://orcid.org/0000-0003-2581-7984>

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Jeoloji, Jeoloji Mühendisliği, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü</i>	<i>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi özel sayısı kapsamında Cumhuriyetimizin kuruluşunun 100. Yıl Dönümü nedeni ile hazırlanan bu derleme makalesinde, Jeoloji Mühendisliği'nin geçmişten günümüze gelişimi, çalışma alanları ve geleceği ile ilgili bilgiler derlenmiştir.</i>

CURRENT RESEARCH INTERESTS IN GEOLOGICAL ENGINEERING

Keywords	Abstract
<i>Geology, Geological Engineering, Eskişehir Osmangazi University Department of Geological Engineering</i>	<i>In this review article, information about the development of Geological Engineering from past to present, its research interests and its future has been compiled for the special issue of Eskişehir Osmangazi University Faculty of Engineering and Architecture Journal, within the scope of the 100th Anniversary of the founding of our Republic.</i>

Derleme Makale	Review Article
Başvuru Tarihi : 04.12.2023	Submission Date : 04.12.2023
Kabul Tarihi : 07.12.2023	Accepted Date : 07.12.2023

* Sorumlu yazar: hsendir@ogu.edu.tr
<https://doi.org/10.31796/ogummf.1399848>

1.Giriş: Jeoloji Bilimine Genel Bir Bakış

“Çekiç, pusula ve harita ile arazi üzerinde dolaşan jeolog, ferah ve sevinçli bir ömür sürer. Onun gözlem kuvveti kendisini her an tazeler, doğa sevgisini gittikçe kökleştirir ve çeşitli buluşları, keşifleri onun heyecan dolu yüreğinde daima bir alev gibi yanar” ifadesi ile anlatır Jeoloji tutkusunu Arthur Holmes (1890-1965 yıllarında yaşayan ünlü İngiliz Jeolog). Jeoloji, yerküreyi anlamaya çabalayan bir bilimdir. Jeolojik çalışmaların büyük bir bölümü arazide yürütülen ölçümler, gözlemler ve deneylere dayanmaktadır (Şekil 1a-1e). Odak noktasında yerkürenin gelişimi olmakla birlikte, evrendeki bir mineral tanesinden gezegenlere kadar değişik ölçeklerdeki bileşenlerin özelliklerini, gelişimini ve dinamizmini inceler. Buradan elde ettiği verileri göz önünde bulundurarak, yeryüzündeki hayatın gelişimini keşfetmeyi hedefler.

James Hutton 1700'lü yılların sonlarında yayınladığı “Dünya'nın Teorisi” adlı eserinde, günümüzde jeolojinin

temel dayanağı olan üniformitarianizm (tek örneklilik) ilkesini ortaya koymuştur. Modern jeolojinin en ünlü ve temel ilkelerinden biri olan “bugün, geçmişin anahtarıdır” ilkesi, jeolojik geçmişteki olayların modern olaylarla aynı etkiye sahip olduğu kabulü ile yola çıkar ve birkaç milyar yıllık geçmişe yanıt sağlamaya çalışır.

Jeologlar çok uzun zaman aralıkları ile ilgilenirler. 100 milyon yıl önce meydana gelen bir olay, Dünya'nın 4,6 milyar yıllık geçmişi göz önüne alındığında, bir jeolog tarafından “yakın tarihli” olarak tanımlanabilir, jeolojik süreçlerin çoğunda önemli değişikliklerin oluşmasında uzun zamana ihtiyaç olduğundan, jeoloji eğitiminde jeolojik zamanın büyüklüğünün farkında olmak çok önemlidir (Güngör, 2014). Radyoaktivitenin keşfi ile Dünya'nın yaşını doğru olarak saptamaya yarayacak yöntemler ancak 1826 yılında başlamış ve ilk kez 1905 yılında radyoaktivite yaş analizlerinde kullanılmıştır (Güngör, 2014). 19. yüzyıl boyunca, güvenilir sayısal yaş verilerinin saptanmasına olanak veren radyoaktivitenin keşfinden uzun süre önce, göreceli yaş tayini ile jeolojik



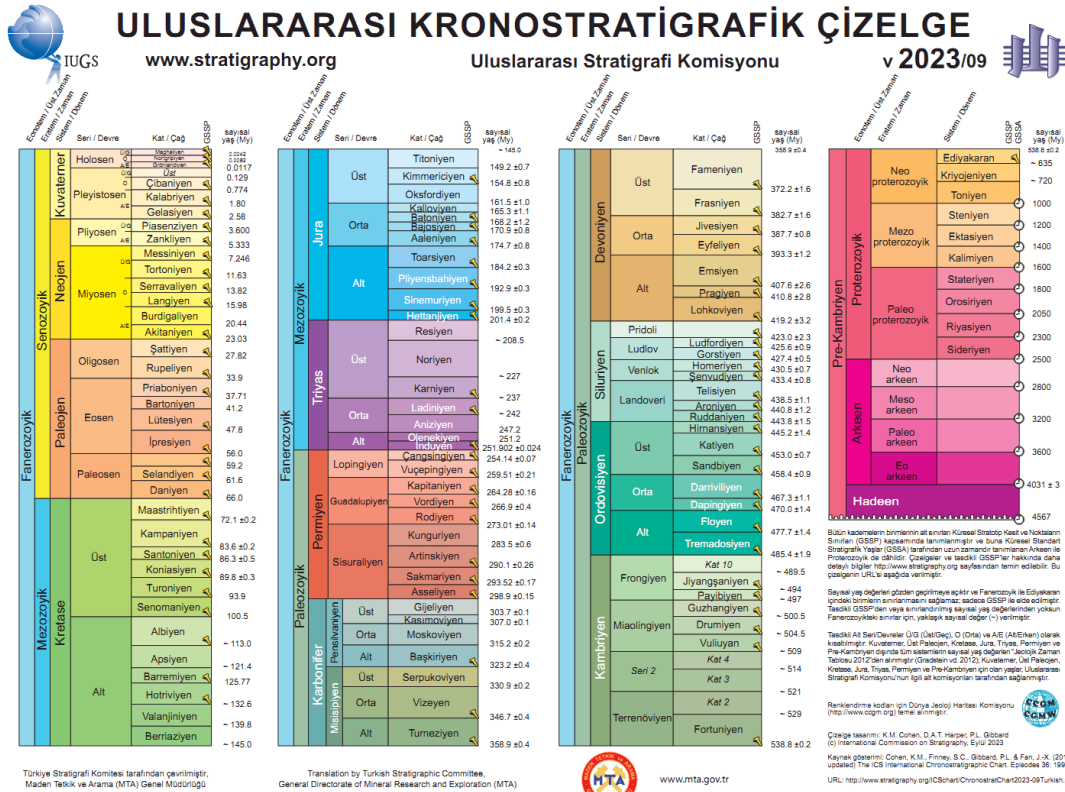
Bu eser, Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hükümlerine göre açık erişimli bir makaledir.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

zaman çizelgesi geliştirilmiştir (Şekil 2). Göreceli yaş, olayların doğru sırada ve düzende belirlenmesi prensibine dayanarak yaşların yıl olarak bilinmeden tespitidir. Bu prensip basitçe en genç katmanın üstte ve en yaşlı katmanın en altta olduğunu belirtmektedir. Bu dizilimde herhangi bir zaman dilimi fosil içeriği ile tanımlanabilmektedir. Jeolojik zaman çizelgesi sayısız kaya katmanlarından fosiller toplanarak oluşturulmuştur.



Şekil 1. Jeolojik Saha Çalışmalarına Örnekler. Bir Antiklinoryum Yapısı Üzerinde (a) ve Tabakalı Kayaçalarda Konum Ölçümleri (b). Mikrotopografik Haritalama Çalışmaları (c). Göl Tabanında Paleoklim Kayıtları İçin Karot Alımı (Ocakoglu, Tunoğlu, Dönmez ve Açıklın, 2011) (d).



Şekil 2. Jeolojik Zaman Çizelgesi (www.stratigrafi.org.)

2. Mühendislik Dalı Olarak Jeoloji

Genel olarak ifade etmek gerektiğinde, Jeoloji Mühendisliği ise, jeolojik verileri toplumsal hizmete sunmayı amaçlayan mühendislik dalıdır. Yerkürenin başlangıcından günümüze kadar geçirdiği yapısal değişimleri, yerkabuğunun yüzeyini ve altının bugünkü durumunu inceleyen, yerleşim alanları ve her türlü mühendislik yapılarının yer seçimi, yer altı zenginliklerinin kazanılması ve doğal afet tehlike ve risk çalışmalarının yürütülmesi ile ilgilenmektedir. Tüm bu alanlarda eğitim uygulanırken ihtiyaçlar doğrultusunda birçok alt uzmanlık dalları oluşmuştur. Bu dallar, Genel Jeoloji, Maden Yatakları ve Jeokimya, Mineraloji-Petrografi ve Uygulamalı Jeoloji olarak sınıflandırılabilir.

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile Jeoloji Mühendisliği çalışma konuları oldukça genişlemiştir. Doğal kaynaklar, endüstriyel hammaddeler, çevre ve afet yönetimi, metalik madenler, enerji hammaddeleri, soğuk ve sıcak su kaynaklarının aranması, kaya düşmesi, sivilaşma, heyelan, deprem, arazi kullanım planlarının hazırlanması, su baskını afet tehlike ve risk değerlendirmeleri, jeolojik - jeoteknik etütler, kütle hareketleri analizleri, yer seçimi kararları, tıbbi jeoloji çalışmaları, baraj, demiryolu, tünel, kara yolu, boru hattı, enerji santrallerinde Jeoloji Mühendisleri aktif görevler almaktadır.

3. Türkiye’de Jeoloji Eğitimi ve Özelinde ESOĞÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Ülkemizdeki jeolojik bilgileri içeren yayınlar 19. Yüzyıla dayanmaktadır. 4 ciltlik Mecmua-yı Ulum-ı Rizaziye (1834) adlı “Hoca İshak Efendi”nin eserinde jeolojik değerlendirmeler yer almıştır. İlk jeoloji dersleri Mekteb-i Tıbbiye-i Şahane’de verilmeye başlanmıştır. Darülfünunu Şahane içinde Ulum-ı Tabiiye ve Riyaziye (Doğa ve Matematik Bilimleri) bölümünün kurulması ile üniversitede jeoloji eğitime ilk adımlar atılmış, İlm-i Arz ve Maadin (Yer ve Maden Bilimi) dersi okutulmaya başlanmıştır (Erguvanlı, 1978). Bir süre Balkan Savaşı nedeni ile ara verilen eğitim, İstanbul Darülfununu (1933’ten sonra İstanbul Üniversitesi) Fen Fakültesi bünyesindeki Jeoloji Enstitüsü’nde ve İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesinde jeoloji eğitime devam edilmiştir. Bugün yaklaşık 28 farklı ilde 32 fakültede Jeoloji Mühendisliği Bölümü eğitimi sürdürmektedir.

18 Ekim 2006 tarihli 26323 sayılı Resmî Gazete de yayımlanan Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) serbest jeoloji mühendislik ve müşavirlik hizmetleri uygulama, büro tescil ve mesleki denetim yönetmeliğine göre Jeoloji mühendisleri aktif görev aldığı çalışma alanları şu şekilde belirtilmektedir: Genel jeoloji ve saha jeolojisi, jeolojik harita alımı, jeotermal kaynak jeolojisi,

paleontoloji, sedimantoloji-stratigrafi, tektonik, jeolojik kesit hazırlanması, mineraloji-petrografi, jeokimya, amaca yönelik olarak jeolojik modelleme, endüstriyel hammaddeler, değişik ölçeklerde jeolojik harita üretimi, maden jeolojisi, kömür jeolojisi, petrol ve doğalgaz jeolojisi, hidrojeoloji, mühendislik jeolojisi, jeoteknik çalışmalar kapsamındaki jeoloji mühendisliği hizmetleri, kıyı ve deniz jeolojisi, çevre jeolojisi, tıbbi jeoloji, doğal afetler/doğal tehlikeler, süs taşları jeolojisi, jeo-sit, jeolojik miras, jeoarkeoloji, sondaj uygulamalarında jeoloji mühendisliği hizmetleri, jeoloji eğitimi, laboratuvar hizmetleri, iş riski, güvenliği ve yönetimi, eğitim, araştırma-geliştirme ve müşavirliktir (<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/10/20/061018.htm>).

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 1994-1995 eğitim-öğretim yılında kurulmuş ve aynı yıl Yüksek Lisans öğretimine başlamıştır. 1997-1998 öğretim yılında 1 Profesör, 1 Doçent ve 2 Yardımcı Doçent kadrosu ile ilk lisans öğrencilerini kabul etmiştir. Bölümün, 2023 yılı sonu itibarıyla, 700'e ulaşan mezunu bulunmaktadır. ESOGÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nün akademik performansı ve eğitim seviyesi oldukça yüksektir. En dikkat çekici yanı, butik yapısına rağmen bilimsel araştırma performansı yönünden bölüm öğretim elemanlarının başarılı bir grafik çizmesidir. 2023 yılı sonu itibarıyla öğretim elemanı kadrosu 5 Profesör, 1 Doçent, 2 Doktor Öğretim Üyesi ve 4 Araştırma Görevlisinden oluşmaktadır. Ülkemizdeki Jeoloji Mühendisliği Bölümleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Bölüm, ana bina ve laboratuvar binasından oluşmaktadır.

4. Geleceğe Yönelik Yaklaşımlar ve Öneriler

Gelecek perspektifinde bir öngörü yapıldığı takdirde Jeoloji Mühendisliği mesleğinin evrileceği alanlar giderek artmaktadır. Bu alanlardan birkaçı şöyle özetlenebilir:

4.1. Dijital Dönüşüm ve Yapay Zekâ

Modern Jeoloji Mühendisliği uygulamalarında yapay zekâ aktif olarak kullanmaya başlanmıştır. Bu durum, yeraltı kaynaklarının daha etkili bir şekilde keşfedilmesi, zemin özelliklerinin daha hızlı analiz edilmesi ve risk değerlendirmelerinin daha doğru yapılabilmesi için kullanılmaktadır (Zhang, Feng, Long, Karagiannidis ve Nallanathan (2019)). Yapay zekâ analizleri ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) yazılımları kullanarak farklı jeolojik problemlere çözüm bulunmaktadır (Süner, 2020).

4.2. Jeotermal Enerji Araştırmaları

Jeotermal enerji yenilenebilir enerji kaynaklarının önem kazanması ile birlikte önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Özellikle, ısının etkili bir şekilde yenilebilir enerji kaynağı olarak kullanılması için

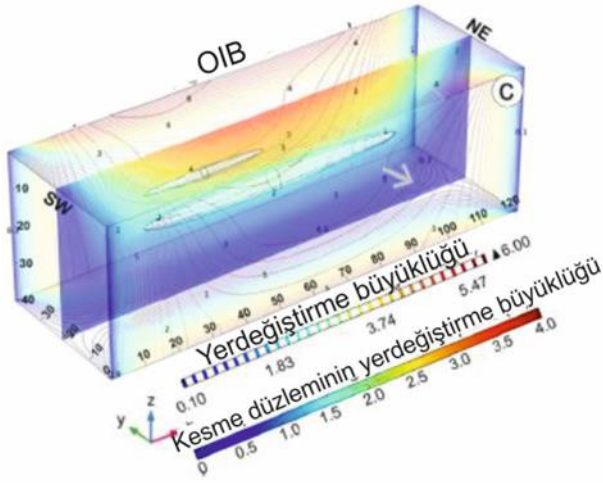
günümüz teknolojileri ile yeni teknikler ve yöntemler geliştirilmiştir. Jeotermal kaynak aramalarında toprak gazı ölçümleri (Şekil 3), termal uydu görüntülerinin kullanılması bu tekniklere örnek olarak verilebilir.



Şekil 3. Toprak Gazı Ölçümleri

4.3. Sayısal Modelleme Çalışmaları

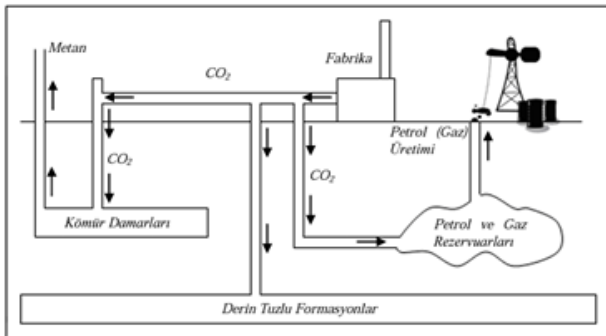
Sayısal modelleme çalışmaları son 50 yıl içerisinde mühendislik tabanlı çalışmalarda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmaların günümüzde jeolojide önemi giderek artmaktadır. Fay mekaniği, metamorfizma, magmatizma, sığ ve derin yer yapılarının statik ve dinamik kuvvetler altındaki davranışlarının incelenmesi, güncel ve zamana bağlı olarak tanımlanması, mühendislik çalışmalarında aktif biçimde kullanılmaktadır (Türkiye Jeoloji Bülteni, Yerbilimlerinde Sayısal Modelleme Özel Sayısı (<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/page/15084>)). Jeoloji, jeofizik ve mühendislik çalışmalarına ilaveten sayısal modelleme yaklaşımları yer bilimlere problemlerine anlamlı ve kapsamlı çözümler sağlamaktadır. Örneğin son teknolojik ilerlemelerle birlikte 3D yeraltı modellemesi daha doğru ve detaylı bilgiler sağlamaktadır ki bu durum mühendislik projelerini daha güvenilir ve etkili hale getirmektedir (Berg, Olivier ve Hâvard (2017)). Jeoloji mühendisleri için doğal kaynakların keşfedilmesi, yeraltı sularının yönetimi, madencilik faaliyetleri gibi alanlarda çalışırken genellikle üç boyutlu yeraltı modellemesi önem kazanmıştır. Bu modelleme, bir bölgenin jeolojik yapısını, kayaç tiplerini, katmanların derinliklerini, su kaynaklarını ve diğer yeraltı bileşenlerinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olan bir tekniktir. Bunlara ek olarak, modelleme çalışmaları, doğrudan gözlemeleme imkânı bulunmayan ve jeolojik zamanda uzun dönemlerle ifade edilen jeodinamik ortam ve olayların yorumlanmasında da önemli bir yöntem niteliği kazanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Volkanik Bölgelerde, Kabuk İçerisinde Yerleşmiş Magma Odalarının Modellenmesi (Karaoğlu, Erkül, Erkül ve Lustrino 2022)

4.4. Karbondioksit Depolama (CCS)

Karbondioksit depolama, iklim değişikliği ile mücadele etmek ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, sanayi tesislerinden salınan karbondioksit gazı yeraltına enjekte edilmekte ve jeolojik formasyonlarda kalıcı olarak depolanmaktadır. Jeoloji Mühendisleri, bu işlemi gerçekleştirmek için uygun formasyonları belirlemekte, jeolojik ve hidrolik özelliklerini analiz etmekte ve enjeksiyonun güvenli bir şekilde gerçekleştirilebileceği yöntemleri geliştirmektedir. Küresel ısınmanın etkilerini azaltma çabaları doğrultusunda, karbondioksitin yeraltına depolanmasına yönelik çalışmalar artmıştır. Bu teknoloji, atmosfere salınan CO₂ miktarını azaltmayı amaçlamaktadır (Benson ve Cole, 2008). CO₂, yerin derinliklerinde yer alan tuz içeriği yüksek olan formasyonlar, işletilemeyen kömür damarları, petrol ve doğal gaz rezervuarları gibi jeolojik yapılarda depolanabilmektedir (Şekil 5) (Karakurt, Aydın ve Aydın, 2009).



Şekil 5. CO₂ Depolama Seçenekleri (Karakurt ve diğ., 2009)

4.5. Uzaktan Algılama Teknolojileri

Yeni uzaktan algılama teknolojileri (jeodezik, fotogrametrik ve jeofizik), jeoloji mühendisliğindeki araştırmalarda sıklıkla başvurulan teknolojik yöntemlerden birini oluşturmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde, yer yüzeyi ve yeraltı yapıları hakkında daha detaylı bilgilere ulaşılabilmektedir (Mushore, 2018). Örneğin jeolojik yapı kontrolünde gelişen yüzey özelliklerinin kantitatif olarak belirlenmesi, ilgili yapının karakteristik özelliklerine ait veriler sağlanmaktadır. Bu amaçla, sahada yersel ölçme yöntemleri ve hava fotogrametrisi gibi geleneksel yöntemler kullanılarak jeoloji kontrolünde gelişen fizyografik özellikler ortaya konulmaktadır. Gelişen teknoloji ile aktif uzaktan algılama sistemleri ise (RADAR, LİDAR, SONAR gibi) genellikle daha karmaşık alanlardan, geleneksel yöntemlere göre çok daha yüksek hız ve çözünürlükte veri üretilmesini sağlamaktadır. Böylece, dijital ortamda sayısal yüzey görüntüsü oluşturulabilmekte ve noktaların sınıflandırılması yolu ile sayısal yüzey modelinden (DSM) sayısal arazi modeline (DTM) geçiş sağlanabilmektedir (Gümüş ve Erkaya, 2007; Petrie ve Toth, 2009). Topografik haritalar, yönlü kesitler, temel yerdeğiştirme ölçümleri, üç boyutlu yüzey modelleri gibi veriler elde edilen nokta bulutundan sağlanmaktadır.

4.6. Derin Deniz Madenciliği

Okyanusların derinliklerindeki madencilik potansiyeli üzerine çalışmalar hızlanmıştır (Hein, Mizell, Koschinsky ve Conrad, 2013). Derin deniz madenciliği, okyanus tabanında yer alan minerallerin çıkarılması için yapılan işlemleri kapsamaktadır. Jeoloji Mühendisleri, derin deniz madenciliği projelerinde minerallerin araştırılması, depolama alanlarının seçimi, çevresel etkilerin değerlendirilmesi, deprem, heyelan veya diğer jeolojik olaylara karşı çalışmalar yaparak, jeolojik risklerin değerlendirilmesinde görev almaktadır.

4.7. Uzay Madenciliği ve Araştırmaları

Uzay madenciliği çalışmaları, uzayda bulunan asteroidlerin, Ay'ın veya diğer gezegenlerin kaynak potansiyellerini incelemeyi kapsamaktadır. Asteroidlerden ve diğer gök cisimlerinden değerli minerallerin çıkarılması konusunda çalışmalar hızlanmaya başlamıştır (Lewis, 1996)

4.8. Doğal Afetler ve Kentsel Dirençlilik

Birleşmiş Milletler tarafından "afetlere karşı kentsel dirençlilik", yerleşimlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması ve iklim değişikliği gibi küresel olaylar karşısında uyum sağlanması yönünde tedbirler alınması ile tanımlanmaktadır (<https://www.jmo.org.tr>).

Heyelan, taşkın, deprem, yangın, kuraklık gibi doğa olayları sonucunda meydana gelen afetler, ülkemizde ve

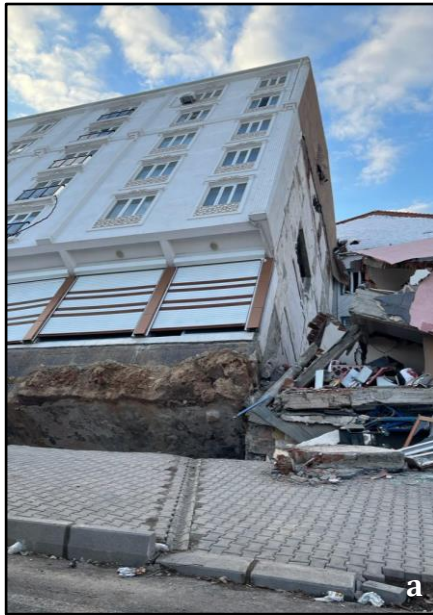
Dünya'da son yıllarda önemli ekonomik, sosyal ve çevresel zararlara sebep olmaktadır. Örneğin; 18. yüzyılın ortalarından günümüze hızla artmakta olan CO₂ emisyonunun temel kaynağını oluşturduğu küresel iklim değişikliği artan sıcaklık, yağış miktarı ve deniz seviyesi değişimi gibi faktörler ile doğal afetlerin sıklığı ve şiddeti üzerinde etkili olmaktadır. Jeoloji mühendisleri, bu değişikliklerin nedenlerini ve sonuçlarını inceleyerek, insan yaşamına etkileri anlamında ilgili riskleri belirlemeye çalışmaktadır (IPCC, 2018).

Ulusal ve uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından, bilimsel ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak risk değerlendirme, afet yönetimi ve afet zararlarının azaltılmasına dayalı çalışmalar hız kazanmıştır. Buna rağmen gelişmişlik seviyelerine bağlı olarak, mevcut uygulamalar eşit şekilde paylaşılamamakta ve afet zararları istenilen düzeyde azaltılamamaktadır. 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri bunun somut örneklerindedir (Şekil 6). 2023 yılı içerisinde Türkiye'nin güneydoğusunda ve Suriye'nin kuzeybatısında meydana gelen yıkıcı bir deprem dizisi ile karşı karşıya kalınmıştır. Bölgedeki Neotektonik yapılar son yüzyılda kıtasal kabukta meydana gelen en

yıkıcı depremlerden birini de içeren bir dizi yüzey kırığını oluşturmuştur. Doğu Akdeniz Coğrafyasının bir kez daha karşı karşıya kaldığı bu katastrofik yıkım, gelecek nesillerimize güvenli yaşam alanları bırakabilmek adına öncelikli olarak afete dirençli kentler oluşturmamız gerekliliğinin önemini göstermiştir. Bu nedenlerden dolayı jeoloji tabanlı çalışmaların önemi bir kez daha gündeme gelmiştir.

4.9. Sürdürülebilirlik ve Çevre Bilinci

Jeoloji mühendislerinin çevresel etkileri azaltma ve sürdürülebilir yöntemlerle doğal kaynakların kullanımı konusunda daha bilinçli ve etkili olmaları beklenmektedir (Banga, Klingelhöfer ve Wolkersdorfer 2018). Jeoloji mühendisleri, yeraltı ve yerüstü kaynaklarının korunması, yeraltı suyu ve yüzey suyu kaynaklarındaki kirlilik, atık yönetimi ve yenilenebilir enerji kaynakları gibi konularda da çalışmalar yapmaktadır. Sürdürülebilir bir çevre için, jeolojik risklerin analiz edilmesi ve bu risklere karşı önlemlerin alınması büyük önem taşımaktadır.



Şekil 6. 06 Şubat 2023 Depremlerinde Oluşan Afetin Boyutları ve Kentsel Etkilerine Örnekler. Adıyaman Gölbaşı İlçesinden Zemin Sıvılaşmasına Bağlı Bir Yapı Hasarı (a). Kahramanmaraş Şekeroba Tren Yolunun Fay Tarafından Ötelenmesi (b). Gaziantep Nurdağı İlçesinde Deprem Sırasında Çöken Bir Otoyol Üst Geçiti (c). Hatay Döver Köyünde Kaya Düşmeleri (d).

5. Sonuç ve Öneriler

İnsanoğlunun eski çağlarda çevresi ile olan merakıyla başlayan jeoloji bilimi binlerce yıldan beri önemini korumuş ve beş temel bilim arasında yer almıştır. Jeoloji bilimi sanayileşme, kentleşme ve modernleşme süreçlerinde uygulamaya aktarılması anlamında sonrasında mühendislik nosyonu kazanmıştır. Jeoloji Mühendisliği, gelecek perspektifinde doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı, doğal afetlerin yönetimi ve çevre koruma gibi önemli alanlarda tüm dünyada artan bir öneme sahiptir. Teknolojiye dayalı yeniliklerle birlikte sürekli olarak gelişen bir alandır. Bu anlamda ülkemiz, gelişmiş dünyada söz sahibi olmak için Jeoloji Mühendisliği eğitimini stratejik olarak ön planında tutmalıdır.

Teşekkür

Makale incelemesindeki değerli yorum ve yönlendirmelerinden dolayı Prof. Dr. Azad Sağlam Selçuk, Doç. Dr. Ökmen Sümer ve Doç. Dr. Taylan Sançar'a teşekkürü borç biliriz.

Araştırmacıların Katkısı

Araştırmacılar makale hazırlanmasındaki tüm aşamalarda ortak katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Banga, C. M., Klingelhöfer, H. E. & Wolkersdorfer, C. (2018). Sustainability Management Accounting Techniques for Acid Rock Drainage Management. *A Literature Review*.
- Benson, S. M., Cole, D.R. (2008). CO₂ sequestration in deep sedimentary formations. *Elements* 4.5, 325-331.
- Berg, C. F., Olivier L, & Håvard, B. (2017). Industrial applications of digital rock technology. *Journal of Petroleum Science and Engineering* 157: 131-147.
- Erguvanlı, K. (1978). Türkiye de Jeoloji Konusunda İlk Yayınlar. *Yeryuvarı ve İnsan Dergisi*, Cilt 3 ve 4.
- Gümüş, K., Erkaya, H., (2007). TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Güngör, T. (2014). Jeolojiye Giriş. *Genel Jeoloji Temel Kavramlar*, Ed: Cahit Helvacı, s:1-35.
- Hein, J. R., Mizell, K., Koschinsky, A. & Conrad, T. A. (2013). Deep-ocean mineral deposits as a source of

critical metals for high-and green-technology applications: Comparison with land-based resources. *Ore Geology Reviews*, 51, 1-14.

<http://www.dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/page/15084>

<http://www.stratigrafi.org>

<http://www.jmo.org.tr>

<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/10/20061018.htm>

IPCC, (2018). Special Report: Global Warming of 1.5 °C. 2018.

Karakurt, İ., Aydın, G. & Aydın, K. (2009). Yeraltı Jeolojik Rezervuarlarında Karbondioksitin Depolanması. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 2(2), 175-184.

Karaoğlu, Ö., Erkül, F., Erkül, S.T. & Lustrino M. (2022). 3-D numerical constraints for the Triassic mafic igneous system of Antalya (SW Turkey): Magma generation associated with southern Neotethyan slow seafloor spreading. *Tectonophysics*, 826.

Lewis, J. S. (1996). Mining the sky: untold riches from the asteroids, comets, and planets. Reading, Mass.

Mushore, T. D., Mutanga, O., Odindi, J. & Dube, T. (2018). Determining extreme heat vulnerability of Harare Metropolitan City using multispectral remote sensing and socio-economic data. *Journal of Spatial Science*, 63(1), 173-191.

Ocaoğlu, F., Tunoğlu, C., Dönmez, O.E. & Açıkalin, S. (2011). Çubuk Gölünün (Bolu, KB Anadolu) Sedimentolojik, Jeokimyasal ve Paleokolojik Araçlarla Paleoklimsel İncelemesi. TUBİTAK 109Y353 nolu proje sonuç raporu.

Petrie G., Toth C. (2009). Airborne and Space borne Laser Scanners. Topographic Laser Ranging and Scanning Principles and processing. *Taylor & Francis Group*, 2985.

Süner, E. (2020). Jeoloji Uygulamalarında Büyük Veri, Yapay Zekâ, Makine Öğrenimi ve Derin Öğrenme Uluslararası Katılımlı 73. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara.

Zhang, H., Feng, M., Long, K., Karagiannidis, G. K., & Nallanathan, A. (2019). Artificial intelligence-based resource allocation in ultradense networks: Applying event-triggered Q-learning algorithms. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 14(4), 56-63.