

Antarktika’da yerbilimleri

Alper GÜRBÜZ¹

Öz

Neredeyse tamamen buzla kaplı Antarktika kıtası ve onu çevreleyen Güney Okyanusu 1820’lerde bu kıtaya yapılan ilk keşif yolculuklarından bu yana yerbilimcilerin hep ilgisini çekmiştir. Bölge, levha tektoniği açısından taşıdığı önemin yanı sıra, yerkürenin geçmişine dair barındırdığı nice saklı özellikleri ile de halen heyecan verici keşiflerin yapılabilmesinde önemli bir motivasyon kaynağıdır. Özellikle, son yıllarda artan bilimsel ve kamusal farkındalık ile Antarktika bölgesi küresel iklim değişikliği konusunda özel ilgi görmektedir. Bu çerçevede oldukça zor koşullarda ve sınırlı yerlerinden derlenebilen jeolojik malzemeler üzerinden yürütülen araştırmaların sonuçları yalnızca Antarktika’nın değil, yerkürenin tarihçesine de ışık tutmaktadır. Günümüzde Antarktika artık dünyanın sonundaki uzak bir kıta değil, 21. yüzyıldaki küresel yapbozun önemli bir parçası, gelecekteki olası iklimimizin anlaşılması için kilit bir çalışma sahası, uluslararası işbirliğinin birçok bakımdan zorunlu olduğu ve herkes için önemli bir bölgedir. Kimseye ait olmayan bu coğrafyada, son yıllarda düzenli yapılan bilim seferleriyle Türkiye’nin de içinde bulunduğu bu çalışmalar yerbilimcilerimize yeni araştırma sahaları kazandırmış ve küresel anlamda değerlendirilebilecek veri derlemelerine katkı sağlamıştır. Elde edilen bulguların analizleri aşamasında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü laboratuvarları da ülkemiz araştırmalarına sağlayabileceği teknik alt yapısıyla önemli imkânlar sunmaktadır.

1. Giriş

Kutup bölgeleri, yerkürenin en soğuk, ıssız ve yaşam için en elverişsiz yerleri olarak kabul edilmektedir. Yazların kısa, kışların ise uzun olduğu bu bölgelerde, ışık ve sıcaklık miktarları sıra dışı değerlerde ve yıl boyunca oldukça değişkendir. Kuzey Kutup çevresi tundra, buzullar ve geniş permafrost (donmuş toprak) alanlarının üstünde kalan nehir sistemlerinden oluşan, olağanüstü mesafelerle ayrılmış büyük dağ sıralarından oluşmaktadır. Antarktika ise, neredeyse tamamen çorak ve buzullar ile kaplıdır. Bu özellikleri itibariyle kutup bölgeleri birçok insan için oldukça tehlikeli donmuş arazileri ifade ederken, diğerleri için ise bu donmuş araziler sakin, büyüleyici ve hayranlık uyandırıcı yerlerdir

(Hund, 2014). Hâlbuki eşsiz jeolojik, jeofizik ve jeodinamik ortamları ile kutup bölgeleri, litosfer, kriyosfer, hidrosfer ve atmosfer arasında yakın etkileşimlerle karakterize edilirler ve küresel iklim sistemiyle doğrudan bağlantılıdır (Capra ve Dietrich, 2008). Bu bölgelerin içerisinde, sahip olduğu daha fazla bilinmezlikle ve bazı özellikleriyle ayrı bir gezegen olarak nitelendirilen Antarktika ise yerbilimleri araştırmaları bakımından oldukça kıskırtıcıdır.

Antarktika’nın jeolojisi ile ilgili veriler, 1820’lerde bu kıtaya yapılan ilk keşif yolculuklarında toplanmaya başlanmış, aynı yüzyıl boyunca bu tür veriler dağınık ve kesin olmayan bir nitelikte kalmıştır (Anderson, 1965). Yirminci yüzyıl süresince kıtaya ilişkin birçok anahtar bilgi elde edilebilmiş ve levha tektoniği kuramının gelişmesine dönük önemli veriler sağlanmıştır. Antarktika’nın yerbilimleri bakımından sistematik şekilde çalışılması, 1957-1958 Uluslararası Jeofizik Yılı’ndan (IGY) önce büyük bir aşama kaydedememiş ve toplanan sınırlı veriler gemilerle, köpekli kızaklarla veya kar aracı geçişleriyle yapılan az sayıdaki geziler kapsamında derlenebilmiştir (Ford, 2006). 1950’li yılların sonu ve 1960’lı yıllar yerbilimcilerin, kıtanın ziyaret edilmemiş kesimleri üzerine araştırma yapabilmeleri için araştırma fonları almaları bakımından oldukça verimli zamanlar olmuştur. Çünkü 1959 yılında imzalanan ancak 1961’de yürürlüğe giren Antarktika Antlaşması, kıtanın potansiyel maden kaynaklarının araştırılması konusunda herhangi bir kısıtlama içermemekteydi. Buna göre, ABD ve Sovyetler Birliği başta olmak üzere diğer birçok ülke de jeolojik araştırmaları desteklemek için oldukça cömert davranmışlardır (Ford, 2006). Bahsi geçen antlaşmanın ardından, bölgenin daha iyi anlaşılabilmesi için kıta üzerinde kurulan araştırma üsleri ve kalıcı gözlem cihazları tarafından uzun süreli veriler kaydedilebilmiştir. Yapılan jeolojik ve glasiyolojik örneklemeler, jeofizik araştırmalar ve uydu gözlemleri (örn. uydu gravimetrisi) gibi hem saha hem de uzaktan algılama tabanlı araştırmalarla daha detaylı veriler sağlanabilmiştir (Carpa ve Dietrich, 2008).

Antarktika’nın son 60 yıl boyunca ileri düzeyde uluslararası araştırmaların konusu olması, buranın insanlık açısından dramatik bir değer taşıdığına ve hızla değiştiğine işaret etmektedir. Bu süre zarfında kıtada çalışan bilim insanlarının sayısı hızla artmış, uluslararası yasal düzenlemeler çeşitlenmiş ve sadece

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

kıtanın değil burayı çevreleyen Güney Okyanusu'nun yönetilmesi tartışılmaya başlanmıştır. Kıta üzerinde yürütülen çalışmaların kapsamı, iklim değişikliği ile ilgili olarak kıtadaki değişimin küresel deniz seviyesi ve biyoçeşitliliği üzerindeki etkileri ve dünya ikliminin tarihçesinin ortaya konulması gibi küresel sorunların ele alınmasına kadar genişlemiştir. Atmosferimizin fiziki dâhilindeki rolü ve güney yarımküre kıtalarının kökenleri arasındaki ilişkiler açısından taşıdığı önemi gibi konular küresel anlamda gezegenimizin nasıl işlediğine dair anlayışımızı (Dünya Sistem Bilimi olarak adlandırılan bütünsel çalışma yaklaşımı) geliştirmektedir (Walton, 2013). Dahası, Antarktika meteorit bulmak için dünyanın en uygun bölgesini temsil etmekte ve bu sebeple de sadece Yerküre'nin jeolojik geçmişi açısından değil, aynı zamanda güneş sisteminin jeolojisine dönük de önemli bilgiler barındırmaktadır.

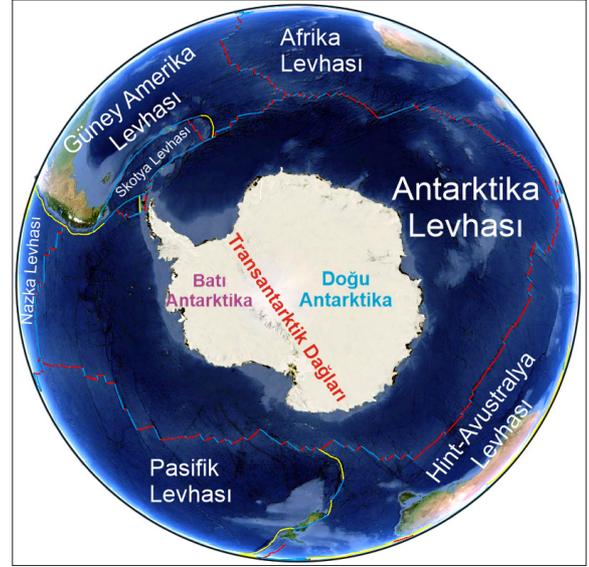
2. Antarktika'nın Jeolojik Yapısı

Antarktika'nın büyüklüğü ve jeolojik zaman içinde geçirdiği çeşitli tektonik süreçler, jeolojik ortamlar ve iklimler göz önüne alındığında buzla kaplı alanlarının altında yoğun bir jeolojik çeşitlilik barındırdığını tahmin etmek zor değildir. Bununla birlikte, %99'undan fazlası buzla kaplı olduğu için jeolojisine dair bulguların büyük çoğunluğu kıtanın kabaca %0,4'üne tekabül eden ve oldukça sınırlı alan kaplayan buzsuz bölgelerinden derlenmiştir (Web-1). Ayrıca buzla kaplı alanları hakkındaki bilgimizin çoğu jeofizik ve uzaktan algılama teknolojileri sayesinde elde edilebilmiştir. Bu çerçevede ne kadar sınırlı olursa olsun Antarktika'nın jeolojisine dönük incelenen her bir çakıl tanesi bile, kıtanın ve dolayısıyla yerkürenin anlaşılmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Bunların arasında en bilinen husus ise Gondvana'nın ne zaman ve nasıl parçalandığının anlaşılmasına yapmış olduğu önemli katkılardır.

Antarktika kıtası, Transantartik Dağları'nın ayırdığı Doğu ve Batı Antarktika olmak üzere iki jeolojik bölgeden oluşmaktadır (Şekil 1). Bu bölgelerin jeolojileri birbirinden oldukça farklıdır. Doğu Antarktika Batı Antarktika'ya göre yüzölçümü bakımından daha büyük olup, 3 milyar yaşını aşan magmatik ve metamorfik kayalardan oluşan bir kıta kalkanı (veya "kraton") özelliği gösterirken, Batı Antarktika ise Pasifik levhasının güneydoğu sınırı boyunca bir araya gelen nispeten küçük bloklardan oluşmaktadır (Siddoway, 2008; Granot, 2013).

Gondvana'nın parçalanması sırasında güney kıtaları ayrılırken, riftleşmeyle ilişkili volkanik aktivite geniş alanlar kaplayan taşkın bazaltlarına sebep olmuştur. Çeşitli dönemlerde çatlak

püskürmelerinden büyük miktarlarda lav ortaya çıkmış ve bazalt istiflerini oluşturmak üzere kara alanlara yayılmıştır. Doğu Antarktika kıta kalkanının kenarlarında bu taşkın bazaltları vardır. Yerbilimciler bu bölgeleri inceleyerek geçmişte en aktif riftleşme alanlarını tanımlayabilmiş ve farklı kıta alanları arasındaki ayrılma zamanlarını hesaplayabilmişlerdir. Örneğin, Doğu Antarktika'daki taşkın bazaltları ile Güney Afrika'daki bazaltlar korele edilebilmekte ve ayrılmış bir volkanik provensi göstermektedir. Volkanik kayaların radyometrik tarihlenmesi bahsi geçen provensin yaklaşık 180 milyon yıl önce oluşmaya başladığını ve bu iki kıtanın Jura'da birbirinden ayrılmaya başladığını göstermektedir (Web-2).



Şekil 1- Antarktika levhasının konumu ve kıta alanı oluşturan başlıca tektonik bölgeler.

Batı Antarktika jeolojisi ise And Dağları'nın jeolojisine benzerlik gösterir (Stonehouse, 2002). Antarktika'nın bu kesimi, kökenini Güney Amerika'nın batı tarafını yükselten aynı dağ oluşum süreçlerine borçludur. Jura'da okyanusal kabuk Gondvana'nın Pasifik sınırının altına yitilmeye başlamıştır. Ortaya çıkan yitim zonu, Güney Amerika ve Batı Antarktika'nın günümüzdeki sınırı boyunca uzanmaktaydı. Yitim zonu üzerindeki volkanizma ise sonunda Antarktika Yarımadası'nı oluşturmuştur. Bu bölgede meydana gelen yitim süreci ile ilişkili volkanizma ve yükselme yaklaşık 35 milyon yıl öncesine kadar devam etmiş ve Antarktika Yarımadası ve Güney Amerika nihayet Güney Okyanusu oluşturmak üzere ayrıldığında son bulmuştur. Doğu Antarktika'dan farklı olarak, Batı Antarktika, Pasifik levhasının güneydoğu sınırı boyunca bir araya gelen nispeten küçük levha parçalarından oluşmaktadır.

Bölgede gerçekleşen sıkışma rejimi ile mevcut jeolojik birimler kıvrımlanarak yükselmiştir (Web-2).

Transantarktik Dağları oluşumunu kökensele olarak sıkışma ve kıtasal çarpışmadan ziyade riftleşmeye borçludurlar. Geç Kretase döneminden itibaren, Batı Antarktika Rifti olarak bilinen kesimde Batı ve Doğu Antarktika arasında yükselme ve ötelenme olmuştur. Bazı yerlerde, bu rift sistemi günümüzde halen aktiftir ve Antarktika'daki aktif volkanik faaliyetin esas nedenlerinden birini oluşturmaktadır (Web-2).

3. Türkiye'nin Antarktika Seferleri

Antarktika kıtası, yaklaşık 14 milyon km²'lik bir yüzey alanına sahiptir. Bu yüzölçümüyle Dünya'nın beşinci büyük kıtasını temsil etmektedir. 1959 yılında imzalanan ve 53 ülkenin taraf olduğu Antarktika Antlaşması ve ek protokolleri ile yönetilmekte olan kıta hiçbir ülkeye ait değildir. Bahsi geçen Antarktika Antlaşması'na taraf devletler "danışman ülke" ve "gözlemci ülke" olarak iki kapsamda gruplandırılmaktadır. Bunlardan 29 tanesi danışman ülke kategorisinde bulunup sahip oldukları oy haklarıyla kıta hakkında alınan kararlarda söz sahibidir. Türkiye'nin de şu an için dâhil olduğu 25 ülke ise gözlemci ülke statüsündedir. Ülkemiz, son yıllarda sistematik şekilde sürdürülen ve bu yıl dördüncüsü gerçekleştirilen Antarktik Bilim Seferleri, İkili Anlaşmalar ile diğer ülkelere ait araştırma üslerinde ortak yürütülen projeleri, 2018 yılında yayımlanmış olduğu Ulusal Antarktik Bilim Programı (Şekil 2) ve Antarktika'da kurulma sürecinde olan araştırma üssü ile danışman ülke statüsü kazanmak için uzun dönemli ve etkin bir bilim programı izlemeye başlamıştır. Bu kapsamda ülkemiz bilim insanlarına ve araştırmacılarına yeni çalışma sahaları kazandırılması amaçlanmaktadır. Ayrıca küresel iklim değişikliğinin takibi gibi konularda çeşitli bilim dallarına uluslararası anlamda katkı sağlanabilmesiyle Türkiye'nin bilimsel konumunun kuvvetlenmesi hedeflenmektedir.

Ülkemizde, bilim politikaları kapsamında "Kutup Araştırmaları" konusu öncelikli alanlardan biri olarak kabul edilmektedir. Antarktik ve Arktik bölgelerde yapılacak bilimsel çalışmaların uluslararası kabul gören "Yer Bilimleri", "Fiziki Bilimler", "Canlı Bilimleri" ve "Beşeri Bilimler" olmak üzere dört ana başlık altında yürütülmesi sağlanmaktadır. Ülkemizde de 2018-2022 yılları arası dönemi kapsayan ilk Ulusal Kutup Bilim Programı bu dört ana başlık ve her bir ana başlığın alt başlıkları çerçevesinde hazırlanarak oluşturulmuştur. Ayrıca 2019-2023 yılları arası kapsayan 11. Kalkınma Planı'nda bu bölgelerdeki araştırmalara "Kutup araştırmalarına yönelik kurumsal

kapasite geliştirilecek ve Antarktika'da üs kurulmasına ilişkin hazırlık çalışmaları tamamlanacaktır." şeklinde yer verilerek, kutup bölgelerindeki araştırmaların sürdürülmesinin ülkemiz kalkınma hedefleri arasında bulunduğu vurgulanmaktadır.



Şekil 2- 2018 yılında yayımlanan ve 2018-2022 yılları arası ülkemiz kutup araştırma çerçeve ve stratejilerinin yer aldığı Ulusal Kutup Bilim Programı kitapçığı.

Mevcut Ulusal Kutup Bilim Programı'nda yer alan "Yer Bilimleri" ana başlığı ile ilk etapta aşağıda belirtilen alanlarda bilimsel çalışmalar yapılması hedeflenmektedir (BTSB, 2018):

- Jeodezik Çalışmalar
- Jeomorfoloji
- Volkanoloji
- Magmatizma-Jeodinamik
- Deniz/Göl Jeolojisi ve Jeofiziği
- Buzul Çalışmaları
- Yapısal Jeoloji
- Jeodinamik Modelleme
- Sismoloji

Bu alanların haricinde bilim programında Fiziki Bilimler kapsamında yer alan Atmosfer ve İklim Araştırmaları da yine yer bilimcilerin ilgi alanları kapsamında değerlendirilebilmektedir.

2017'de ki TAE-I (Turkish Antarctic Expedition-TAE), 2018'de ki TAE-II ve 2019'da ki TAE-

III seferleri kapsamında gerçekleştirilen Ulusal Antarktik Bilim Seferleri T.C. Cumhurbaşkanlığı himayelerinde, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı uhdesinde, İstanbul Teknik Üniversitesi Kutup Araştırmaları Uyg-Ar Merkezi (İTÜ-PolRec) tarafından koordine edilmiş, 2020 yılından itibaren ise 2019 yılında kurulan TÜBİTAK-MAM bünyesindeki Kutup Araştırmaları Enstitüsü (KARE) koordinatörlüğünde düzenlenmektedir. Mart 2020’de tamamlanan 4. Ulusal Antarktik Bilim Seferi (TAE-IV) ile birlikte düzenlenen toplam dört bilim seferinde yerbilimleri kapsamında çok sayıda proje yürütülmüştür. Ulusal Kutup Bilim Programı kapsamında yukarıda sunulan çalışma alanları özelinde yürütülen bu projeler ile uluslararası bilim camiası ile sonuçları paylaşılan birçok çalışma yayımlanmış ve yayımlanma aşamasındadır.

4. TAE-III Kapsamında Karot İncelemeleri

2019 yılı Antarktik yaz döneminde gerçekleştirilen üçüncü Ulusal Antarktik Bilim Seferi (TAE-III) İkili İşbirliği Anlaşmaları kapsamında, Batı Antarktika’da yer alan Güney Shetland Adaları arasında bulunan King Sejong Adası üzerinde tarafımızca jeolojik amaçlı saha ve sondaj çalışmaları yürütülmüştür. Proje kapsamında, Antarktika’nın geç Holosen dönemi iklimsel ve ortamsal değişimlerinin tarihçesinin

sediman, toprak ve permafrost örnekleri üzerinden incelenmesi için adanın farklı kısımlarından Kuvaterner Araştırma Grubu (KAG)’na ait karot alma makinesi ile 9 adet kısa karot derlenmiştir (Şekil 3).

Her milimetresinin gerek kıta için gerekse de küresel anlamda değerli kayıtlar taşıdığı bilinen bu kısa karotların planlanan tüm analiz ve incelemelerinin en hassas şekilde yürütülmesi büyük önem taşımaktadır. Proje öneri aşamasında karot örnekleri üzerinden yapılması hedeflenen analizlerin, aralarında proje ekibinin de bağlı olduğu ülkemiz kurumlarının teknik imkânlarıyla gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu çerçevede karot örneklerinin çeşitli analiz aşamalarında MTA Genel Müdürlüğü, TÜBİTAK-MAM, Ankara Üniversitesi, Gebze Teknik Üniversitesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi ve Aksaray Üniversitesi’nin laboratuvarlarından faydalanılmıştır. Kutup koşullarında sınırlı örnekleme yapılabildiği saha çalışmalarıyla elde edilen karotların en yüksek çözünürlükte analiz edilmeleri ve mikron düzeyinde kayıt edilmiş verilerin en hassas şekilde yakalanabilmeleri özellikle büyük önem taşımaktadır. MTA Genel Müdürlüğü Deniz Araştırmaları Laboratuvarı’nda yer alan ITRAX ve MSCL-S cihazlarıyla (Şekil 4) jeokimyasal ve fiziksel analizlerin bir arada ve mikron düzeyinde yüksek çözünürlükte yapılabilmesi, yürütülen araştırmanın



Şekil 3- TAE-III kapsamında tarafımızca sahada yapılan karot alma işlemi.



Şekil 4- MTA Deniz Araştırmaları Laboratuvarı'nda bulunan karot hazırlama, MSCL ve ITRAX cihazlarında karotların hazırlanma ve analiz süreçleri.

en önemli aşamalarından birinin ülkemiz içerisinde hızlı ve detaylı bir şekilde yapılabilmesine katkı sağlamıştır.

Katkı Belirtme

Bu çalışmada bahsi geçen karotların sahadan alınması süreci, T.C. Cumhurbaşkanlığı himayesinde, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı uhdesinde ve İTÜ Kutup Araştırmaları Uyg-Ar Merkezi koordinasyonunca gerçekleştirilen TAE-III-İkili İş Birliği Projeleri kapsamında desteklenmiştir. Yazar, yazıyı okuyarak değerli görüşlerini paylaşan Doç. Dr. Burcu Özsoy'a, yazının hazırlanması davetinde bulunan Doç. Dr. Şule Gürboğa'ya, yazıda bahsi geçen karot analiz çalışmalarının MTA Genel Müdürlüğü Deniz Bilimleri Araştırmaları Laboratuvarı'nda yapılması sürecindeki katkılarından dolayı Ahmet Başaran'a ve yazının redaksiyon ve inceleme aşamalarında önerileriyle katkı sağlayan Doç. Dr. Huriye Demircan ve Dr. Dilek Gülnur Demiray'a teşekkür eder.

Değinilen Belgeler

- Anderson, J. J. 1965. Bedrock geology of Antarctica: A summary of exploration, 1831-1962. *Geology and Paleontology of the Antarctic*, 6, 1-70.
- BTSB, 2018. Ulusal Kutup Bilim Programı, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ankara, 17 s.
- Capra, A., Dietrich, R. (Eds.). 2008. *Geodetic and geophysical observations in Antarctica: an overview in the IPY perspective*. Springer Science & Business Media.
- Ford, A. B. 2006. The Road to Gondwana via the Early SCAR Symposia. In *Antarctica* (pp. 3-6). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Granot, R. 2013. Revised Eocene-Oligocene kinematics for the West Antarctic rift system. *Geophysical Research Letters* 40. 279–284.
- Hund, A. J. (Ed.). 2014. *Antarctica and the Arctic Circle: A Geographic Encyclopedia of the Earth's Polar Regions* [2 volumes]. ABC-CLIO.
- Siddoway, C. 2008. Tectonics of the West Antarctic rift system: New light on the history and dynamics of

- distributed intracontinental extension. Antarctica: A Keystone in a Changing World, Proceedings of the 10th International Symposium on Antarctic Earth Sciences, 91–114. National Academy of Sciences, USA.
- Stonehouse, B. (Ed.). 2002. Encyclopedia of Antarctica and the Southern Oceans. John Wiley and Sons. ISBN:978-0-471-98665-2.
- Walton, D. W. (Ed.). 2013. Antarctica: global science from a frozen continent. Cambridge University Press.
- Web-1;<https://discoveringantarctica.org.uk/oceans-atmosphere-landscape/ice-land-and-sea/antarcticas-geology/>
- Web-2;https://en.wikipedia.org/wiki/Geology_of_Antarctica