



Antropojen ve Antroposen Kavramlarının Tarihsel Gelişimine Yerbilimsel Bir Bakış
A Geological Overview of Historical Development of the Anthropogene and Anthropocene Concepts

Ökmen Sümer^{1*}, Akın Alak², Arman Tekin³

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35390 İzmir

²23 Nisan Mh. Köşebaşı Sk. No: 15, 06390 Ankara

³Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Bölümü, 06800 Ankara

Geliş/Received : 12.08.2019

• Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 11.09.2019

• Kabul/Accepted : 15.10.2019

• Çevrimiçi Yayın/Available online : 15.01.2020

• Baskı/Printed : 31.01.2020

Derleme Makale/Review Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: İnsanın doğa içerisinde var olma çabası, kendisini ekosistemin bir parçası olmaktan çıkarıp doğayı kendi ihtiyacına uygun bir hâle getirme noktasına sürüklemiştir. İnsanın doğa ile olan bu mücadelesi şüphesiz doğada farklı ölçeklerde tahribatlara sebep olmaktadır. Ortaya çıkan bu tahribatın izleri ise jeolojik süreçler içerisinde kayıt altına alınmaktadır. İnsanın doğaya etkileri ile ortaya çıkan çevresel değişiklikler ise günümüzde “antropojenik kirlilik” olarak isimlendirilmektedir. İnsanın doğa üzerindeki kalıcı izlerini tanımlamak amacıyla yapılan en ciddi çalışmaların başlangıcı 19. yüzyılın ortalarına dayanmakta olsa da özellikle antik Yunan ve Romalı yazarların ve filozofların günümüze ulaşan eserlerinden de bu farkındalığın çok daha eskiye dayandığı bilinmektedir. Bu etkilerin yapılan gözlemler ve bilimsel metotlarla araştırılmaya başlanarak evrildiği son döneme doğru birçok araştırmacı, içinde bulunduğumuz jeolojik seri olan Holosen’in zamansal olarak ayrılması ve Holosen’den sonra yeni bir jeolojik seri olarak Antroposen’e girilmesi gerektiğini savunmaktadır. Aslında bu görüş 19. yüzyılda defaatle dile getirilmiş olsa da sonradan unutulmuş ve 2000’li yılların başından itibaren tekrar gündeme getirilerek popülaritesi artırılmıştır. Bu zamansal ayrımın tekrar önerilmesinin ardından, Antroposen’in varlığı ve başlangıcı ile ilgili çalışmalar nispeten yoğunlaşmış ve birçok araştırmacı tarafından tartışılan ve multidisipliner bir kapsamda irdelenen bilimsel bir konu hâline gelmiştir. Gelecekte Antropojen ve Antroposen kavramlarının netleştirilmesi ve detaylandırılması adına ele alınması gereken 2 ana unsur bulunmaktadır. Bunlar; (1) antropojenik etki/katkının ölçülmesindeki standartların belirlenmesindeki özellikle jeojenik problemler ve çözümü için uygulanması gereken adımlar ve (2) Antroposen’in zamansal olarak ayrılmasının artık kavramsal olarak tartışmasından çok, mutlak yaş verileri ile desteklenebilecek çalışmaların üretilmesinin gerekliliğidir. Bu unsurların dikkate alınarak yapıldığı farklı bölgelerdeki çalışmalar hiç şüphesiz antropojenik etkinin boyutunu ve Antroposen sınırının zamansal ayrımını daha net bir biçimde ortaya koyacaktır.

Anahtar Kelimeler: Antropojenik kirlilik, Antroposen, jeojenik, jeolojik zaman.

Abstract: Humanities efforts to exist in nature have brought man from being a part of the ecosystem to the point of shaping nature. This struggle of humanity undoubtedly causes destruction at different scales in nature. Traces of this destruction are recorded by geological processes. Negative environmental changes caused by human effects on nature are called anthropogenic pollution today. The beginning of the most serious scientific studies to describe the permanent traces of man on nature dates back to the mid-19th century. However, this awareness is known to be much older, especially in the works of ancient Greek and Roman philosophers and writers. Many researchers argue that with the introduction of scientific methods to investigate these effects, the Holocene should be separated from the Anthropocene with a time boundary as a new geological series. Although this theory was mentioned many times in the 19th century, it was later forgotten. It returned to the agenda since the early 2000s and its popularity

*Yazışma / Correspondence: okmen.sumer@deu.edu.tr

© 2020 JMO Her hakkı saklıdır/All rights reserved

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

<http://dergipark.gov.tr/tjb>

has increased. After the suggestion of this time-boundary separation, scientific studies about the existence and the beginning of the Anthropocene have considerably increased, and it has become a multidisciplinary issue discussed by many researchers. There are two main factors that need to be addressed in order to clarify and elaborate the concepts of anthropogene and Anthropocene in the future. These are; (1) problems in setting standards for measuring anthropogenic effects especially geogenic and the steps to be taken to solve this, and (2) the necessity to produce studies that can be supported by absolute age data rather than conceptual discussion of the temporal separation of the Anthropocene. Scientific studies in different regions where these elements are taken into consideration will undoubtedly reveal the extent of the anthropogenic effect and the temporal separation of the Anthropocene boundary in a much more realistic manner.

Keywords: Anthropogenic pollution, Anthropocene, geogenic, geological time.

ANTROPOJEN VE ANTROPOSEN KAVRAMLARININ ORTAYA ÇIKIŞI VE KRONOLOJİK GELİŞİMİ

Diğer tüm canlılar gibi insanların da varoluş sürecinde doğaya bağımlı olması insan-doğa etkileşiminin temelini oluşturmaktadır. Doğanın ve çevrenin zamansal değişimlerine uyum sağlamak ve bu koşullar altında yaşamak zorunda olan insan ve beraberindeki tüm canlılar bu sayede doğa ile sürekli bir ilişki içerisinde varlığını sürdürmüştür. Bu mecburi ilişki, insanın ihtiyaçları ve öngörülerini çerçevesinde kendi bulunduğu konumu merkezileştirme çabasıyla devamlılığını sürdürmektedir. Var olma çabası içinde ekosistemin bir parçası olduğunu unutan insan, aynı zamanda doğanın milyonlarca yıldır süregelen işleyişine de müdahale eden ve bu işleyişi kendi varoluşu için değiştirmeye çalışan bir tür haline gelmiştir. Özellikle Sanayi Devrimi süreciyle başlayan ve beraberinde gelen yoğun kentleşme, nüfus artışı, zirai/tarımsal gelişmeler, doğanın tahrip edilmesi ve doğal yaşamın bozulması sonucunu doğurmuştur. Doğadaki dengenin insan merkezli bozulmuş olması ile birtakım çevre felaketleri ile karşı karşıya kalınmıştır. Bu durum her ne kadar doğayı korumaya yönelik kitlesel insan hareketleri ile önlenmeye çalışılsa da, alınan veya alınacak tüm önlemler insanlığın kendi varoluşunu sürdürmek istemesi temelinde önem arz etmektedir. Dolayısıyla “doğayı koruma” sloganı, insanın doğanın bir parçası olduğunu unutmamasından, kendini yine merkezileştirerek önemseme yanılığından ve/veya doğa içindeki

yerini algılayamamasından bağılı olarak türetilmiş bir kavramdır.

İnsanın doğaya etkileri ile ortaya çıkan çevresel değişiklikler ve bu değişikliklerin doğa üzerindeki kalıcı izlerini tanımlamak için geçmişten günümüze değin yapılmış ve yapılmakta olan birçok araştırma vardır. Bu anlamda en ciddi araştırmalar ilk olarak 19. yüzyılın ortalarında başlamış, özellikle antik Yunan ve Romalı yazarların çevre-insan, çevre-sağlık, insan-kirillik ve doğa-sosyal yaşam gibi etkileşimleri konu alan eserleri günümüze kadar uzanan ilk kayıtları oluşturmaktadır. Örneğin Hippocrates’in yaklaşık olarak MÖ 400’de kaleme aldığı *On Airs, Waters, and Places* (Hava, Su ve Toprak Üzerine) (Adams, 1849 çevirisi) isimli eserinde, özellikle suyun kalitesi ve çevresel faktörlerin insan sağlığı üzerindeki etkilerini ele almıştır. Platon’un geç dönem diyaloglarından (MÖ 360 – MÖ 348/347) *Critias*’da (Jowet, 1892 çevirisi) eski Atina’nın (Solon) insan etkisiyle doğayı ve coğrafyayı değiştirerek nasıl yaşam alanı oluşturduğunu tarif ederken, *Republic*’de ise (Jowet, 1892 çevirisi) sosyal ve politik yaşamın gelişiminde toprak kullanımı ile ilgili endişe ve saptamalarını vurgular. Strabon’un 17 ciltlik eseri *Geographica*’nın 3. kitabında (Jones, 1923 çevirisi), İber Yarımadası’ndaki Beatica (Corduba) şehrinin gümüş ve altın işletmelerinden dolayı havaya karışan gazlarının ölümcül ve ağır olduğunu ve çevreyi etkilediğini belirtir. Gaius Plinius Secundus’un 37 ciltlik dev eseri *The Natural History*’nin (Doğa Tarihi) 18.

kitabının birinci bölümünün (Bostock ve Riley, 1856 çevirisi) ikinci paragrafında “Çevreyi yıkıcı etkimizle tahrip ediyoruz. Nehirleri zehirliyoruz ve suyu kirletiyoruz. Doğanın çeşitli unsurlarını enfekte ediyoruz. Gerçekten yaşamın temel desteği olan hava bile yaşamın yok olması için bir araca dönüşüyor” şeklinde bir ifade bulunur. Bu saptamalar gözlemsel olarak dile getirilmiş olsa dahi bu durumun bilimsel yöntemlerle ölçülüp sınanabilmesi diğer bir deyişle ortaya çıkan bu çevresel değişikliklerin felsefenin bir konusu olmaktan çıkıp multidisipliner bir araştırma konusu hâline gelmesi ise 19. yüzyıl başlarında ivmelenmeye başlamıştır.

Sir Charles Lyell 1830’da yayımladığı *Principles of Geology* kitabının birinci cildinin başındaki birinci bölümde, jeolojiyi araştırma konularını doğanın canlı ve cansız olan tüm bileşenlerinin sadece geçmişteki değişimlerinin değil şu anki etkileşimlerinin de incelendiği bir bilim dalı olarak tanımlar. Bernhard von Cotta ise 1866 tarihli *Geologie der Gegenwart* (Günümüz Jeolojisi) isimli eserinde jeolojinin geçmiş ve gelecek arasında bir ara yüz olarak bulunduğunu ve jeolojinin, astronomi, kimya, biyoloji ve sosyoloji arasındaki ilişkiyi güçlendirdiğini belirtmektedir. Bu bağlamda 19. yüzyılın başından itibaren birçok bilim insanı, mevcut jeolojik döngüdeki insanların rolünün farkına varmış; insanın jeolojik olaylara etkisi ve bunun zamansal olarak yer kürenin katmanlarında da ayrılabilirliğinin tartışılması fikrinin temelleri filizlenmiştir.

Giovanni Arduino’nun 1758 yılında kaleme aldığı Vicenza’daki Valdagno vadisi duvarının ünlü kesitiyle (Ell, 2011; 2012) başlayan *Primary, Secondary ve Tertiary*’yi (yani Birinci, İkinci ve Üçüncü zaman kayaları) tanımlamıştır. Daha sonra Desnoyers (1829) Seine Havzası’ndaki istifte Tersiyer’den farklı bir şekilde ayırt edilmesi gereken bir Kuvaterner’i önermiştir. Ayrıca bu dördüncü zaman kayalarının önemini son birkaç yıldır anladıklarını ve her geçen gün yayılımını arttırdığını gözlemledikleri bu yeni toprakları

da *la période plus récente* (çok son dönem) ya da *la période actuelle* (güncel dönem) şeklinde tanımlayarak beşinci bir dönemin olasılığını belirtmiştir. Hemen arkasından Henri Rebour 1833’de sadece Kuvaterner özelinde *Géologie de la période Quaternaire et Introduction a l’histoire ancienne* isimli bir kitap yayımlamıştır. Desnoyers’in (1829) Kuvaterneri’ne denk gelen *néo-mastoniennne* ya da *anthropéiens* sedimanları olarak tanımladığı jeolojik birimlere *quinaires* şeklinde bir adlandırma yapmıştır. Bundan hareketle bu jeolojik döneme teoride *la période anthropéienne* isminin uygun olduğunu gerek yeni memeli, tetrapod (dört ayaklı) gerekse insanın ortaya çıkışını temel alarak önermiştir. Aynı yıl, Lyell (1833) de Tersiyer’in ayrılmasındaki genel hatları ortaya koyarak hâli hazırda bugün kullandığımız Eosen, Miyosen, Pliyosen gibi bazı jeolojik zaman isimlerinin temellerini atmıştır. Lyell bu kitabında Tersiyer’in üstünde *the earth has been tenanted by man* (insan ırkı tarafından kullanılan yer küre) şeklinde tanımladığı *recent* (son dönem; yeni/yakın dönem) ise daha sonra Gervais (1848-1852) tarafından günümüz jeolojik zaman çizelgesinde kullandığımız biçimde *Holocène* (Holosen) olarak önerilmiştir. Holosen’in jeolojik bir zaman olarak uluslararası jeoloji terminolojisi içinde tartışılmaya başlanması, 1881 yılında İtalya’nın Bologna kentinde düzenlenen 2. Uluslararası Jeoloji Kongresi’nde gerçekleşmiştir. Kongre sonuç raporunda, İsviçre komitesi Senozoyik içine dâhil edilen Holosen yaşlı kayaların beyaz renkte boyanması gerektiğine vurgu yapmıştır (Anonymous, 1882). Jeolojik zaman dönemleri için kronolojik olarak önerilme sırasıyla Kuvaterner, Recent (Güncel) ve Holosen kavramlarının uluslararası jeoloji camiasında tartışılmasına başlanması arasında geçen yaklaşık 50 yıllık bir dönemde (1829-1878) birçok bilim insanı, son jeolojik dönem için “*Anthro*” kökenli isim önerilerinde de bulunmuştur.

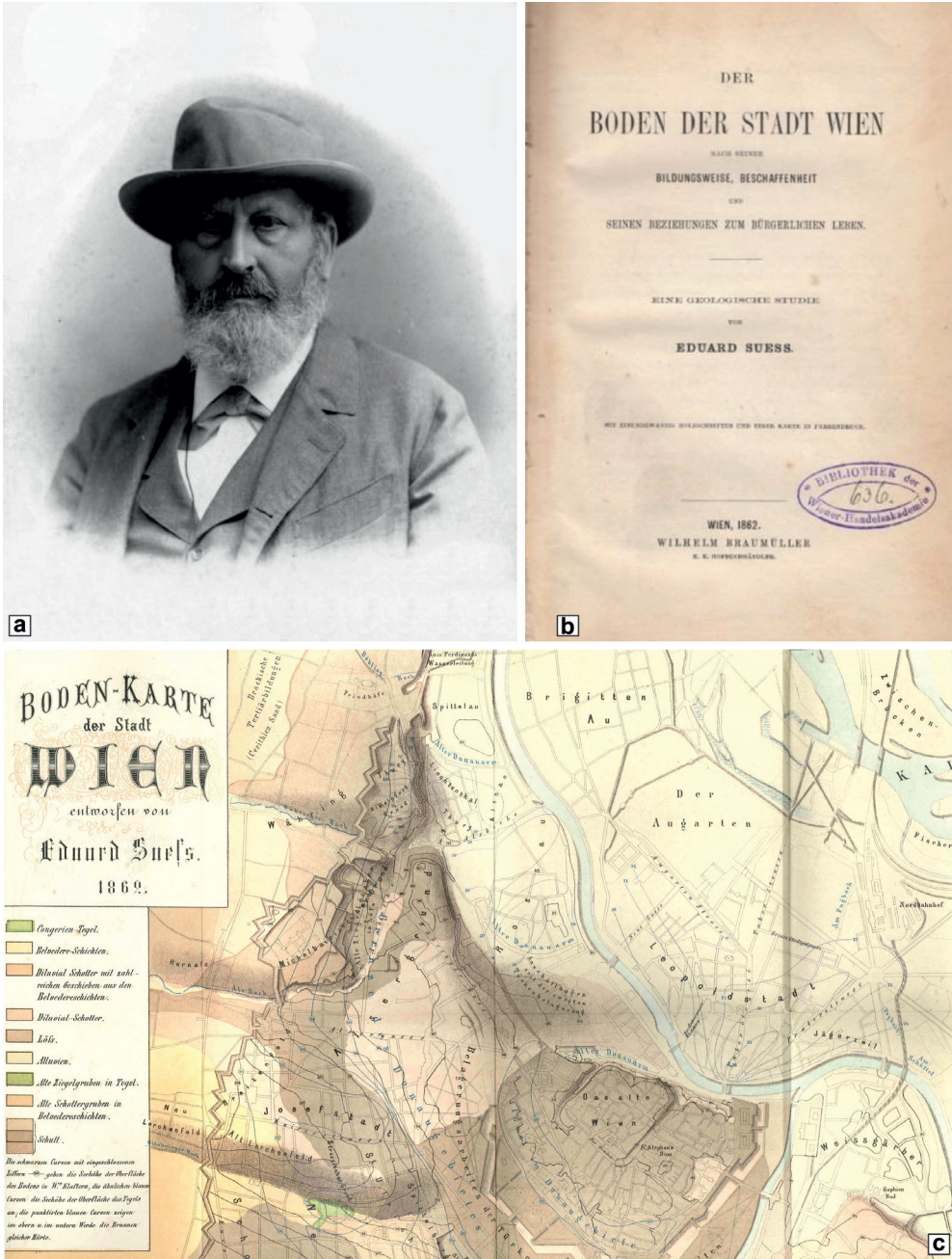
Örneğin Gallerli jeolog ve teoloji profesörü Thomas Jenkyn, 1852-1855 yılları arasındaki

Popular Educator serileri içerisinde 1854 tarihli dördüncü kitabındaki 50. jeoloji ders notlarında *Tersiyer Üzerine* alt başlığında Pleyistosen sonrası tüm kayaların *Anthropozoic* yani *human-life rocks* (insan yaşamındaki kayalar) şeklinde isimlendirilebileceğini belirtirken özellikle bu kaya topluluğunun alt bölümünde bir çok nesli tükenmiş kabuklularla birlikte insanlara ait herhangi bir iz bulunmadığını vurgulamıştır. 1862’de, “Kent Jeolojisi” kavramının yaratıcısı Avusturyalı Eduard Suess ise *Boden der Stadt Wie* (Viyana Şehri’nin Zemini) isimli eserinde kentin birçok bölgesinde insan yapımı (antropojenik) moloz örtüsünü “*schuttdecke*” jeolojik bir birim olarak ayırarak *schutt* moloz/enkaz/çöp) ismiyle ilk defa haritalamıştır (Şekil 1).

İnsanın doğa üzerindeki etkilerini; jeolojik gözlemler ışığında stratigrafik katmanlardaki izlerini açıkça ilk kez ortaya koyan ise Amerikalı jeolog James Dwight Dana’dır (Şekil 2a). Dana 1863 yılında yayımladığı *a Text-book of Geology (Jeoloji Ders Kitabı)* isimli eserinde (Şekil 2b), jeolojik zaman dönemlerini 5 ana başlık altında değerlendirirken son zaman dilimini *The Age of Mind – the Human Era* şeklinde jeolojik açıdan “insan çağı” olarak tanımlamıştır. Eserinde şekiller üzerinden vurguladığı örnekler oldukça dikkat çekicidir. İlk örnekte, Guadaloupe’deki kavkılı kayalar içinde bulunan bir Kızılderili iskeletinin bulunduğu jeolojik birimlerin, eş yaşlı ve pekleşme aşamasındaki güncel kıyı çökelleri ile benzer litolojiye sahip olduğu vurgulanmıştır (Şekil 2c). İkinci örnekte ise Orta İngiltere’deki Dove Nehri’nin yatağından yaklaşık 3 metre derinde bulunmuş pekleşmiş kavkılı bir konglomeranın içindeki I. Edward döneminden

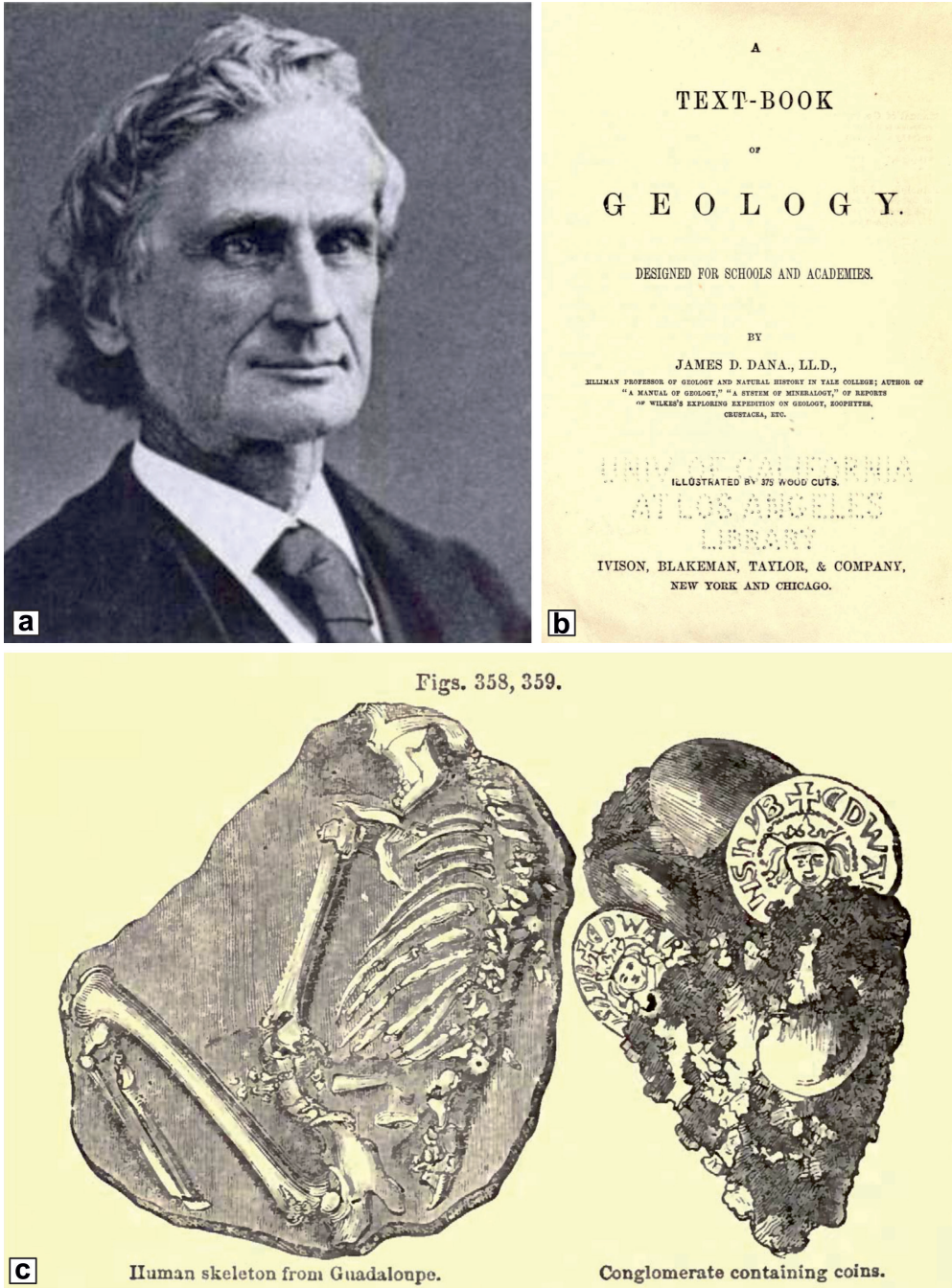
(1272-1307) kalma paralar oldukça dikkat çekicidir. Bu bağlamda jeolojik birimlerin fosil, tane bileşeni ve insan materyalleri ile etkileşimi ilk kez görsel olarak açıkça ortaya koyulmuştur.

Sadece insanın doğa üzerindeki etkisine odaklanan ilk kapsamlı çalışma ise George Perkins Marsh tarafından *Man and Nature; or, Physical Geography as modified by Human Action* (Marsh, 1864) isimli eserde ortaya konulmuştur. Marsh, bu eserin altıncı bölümünde tamamen insanın yarattığı doğa tahribatına ve coğrafik değişikliklere doğrudan dikkat çekmiştir. Samuel Haughton ise 1865’te yayımladığı *Manual of Geology* kitabının altıncı bölümünde içinde bulunduğumuz jeolojik dönemi *Anthropozoic epoch* olarak adlandırırken, bu dönemin zamansal olarak ayrılması ve sınırlanmasının jeolog ve arkeologların bulguları yardımıyla belirlenebileceğine işaret eder. İtalyan jeolog Antonio Stoppani ise 1871-73’te üç cilt halinde yayımladığı kendi döneminin en popüler kitaplarından biri olan *Corso di Geologia (Jeoloji Dersleri)* isimli eserinin ikinci cildi olan 1873 tarihli *Geologia Stratigrafica*’da (Stratigrafik Jeoloji) insanların dünya ekolojisi üzerinde jeolojik dönemler açısından artan etkisine değinerek son jeolojik dönemin *al periodo antropozoico ve l’era antropozoica* (insan dönemi ve insan çağı) terimlerini kullanılarak bu çağın stratigrafik olarak eski dünya kayalarından ayrılması gerektiğini savunmuştur. Hatta Roma bölgesinde 28 Ekim 1856’da gerçekleşen volkanizma eşleştiğindeki jeolojik ürünleri, *eruzioni antropozoiche* (insan dönemi volkanik patlamalar) şeklinde yorumlayarak bu son dönem içinde değerlendirmiştir.



Şekil 1. a) Modern jeolojinin kurucularından, Avusturyalı jeolog Eduard Suess (1831-1914). b) Suess'in Viyana kentinin zemin özelliklerinin ve jeolojik yapısının sivil yaşam ile ilişkilerinin detaylı bir şekilde vurgulandığı ünlü eseri "Der Boden der Stadt Wien nach seiner Bildungsweise, Beschaffenheit Seinen Beziehungen Zum Bürgerlichen Leben" isimli kitabın kapağı, c) Suess'in aynı eserinin ekinde yer alan Viyana kentine ait zemin ya da yorumsal olarak kent jeoloji haritası.

Figure 1. a) The pioneer of modern geology, Austrian geologist Eduard Suess (1831-1914). b) Cover of the famous book "Der Boden der Stadt Wien nach seiner Bildungsweise, Beschaffenheit Seinen Beziehungen Zum Bürgerlichen Leben" written by Suess, which examines the soil characteristics and geological structure of Vienna in detail. c) the geology map of Vienna, which is attached to Suess's work.



Şekil 2. a) Amerikalı jeolog, mineralog, volkanolog ve zoolog James Dwight Dana (1813-1895). b) J. Dana'ya ait ünlü "Text-book of Geology" isimli kitabın kapağı. c) J. Dana'nın kitabının "Era of mind" (zihin çağı) bölümünde verilmiş, Guadalupe'den insan iskeletinin bulunduğu pekleşmiş kumtaşı (solda), Eski nehir yatağında 3 metre derinden çıkartılmış pekleşmiş kavkılı ve madeni paralı konglomera (sağda).

Figure 2. a) American geologist, mineralogist, volcanologist and zoologist James Dwight Dana (1813-1895). b) Cover of the famous book "Text-book of Geology" by J. Dana. c) The lithified sandstone (left) with a human skeleton from Guadalupe, given in the "Era of mind" chapter of J. Dana's book, conglomerate (right) with coarse shells and coins, removed from an old riverbed at 3 meters depth.

1830'lardan 1880'li yıllara kadar olan 50 yıllık dönemde içinde bulunduğumuz son jeolojik zaman dilimine dair isim tartışmaları bireysel nitelikteki çalışmalarda değinilmiştir. 1881 yılında İtalya'nın Bologna kentinde düzenlenen 2. Uluslararası Jeoloji Kongresi'nden sonra 1882'de yayımlanan Kongre Sonuç Raporlarında Eugène Renevier başkanlığındaki İsveç komitesi, Miyosen sonundan itibaren günümüze kadar olan süreçteki zaman diliminin isimlendirilmesinde ilk kez uluslararası seviyedeki bir toplantı sonuç raporunda *Période Anthropique* şeklinde bir tanımlamayı diğer öneriler ile birlikte dile getirmişlerdir. Fakat 1885'te Berlin'de düzenlenen üçüncü toplantının *Recent and Tertiary* alt komite sonuç raporunda, *Antro* kökenli bir terminolojik önerme getirilmemesinin yanında, Tersiyer kendi içinde Pliyosen, Pleyistosen ve Recent (Güncel) şeklinde üç alt zaman dilimine ayrılmıştır. 1888'de Londra'daki dördüncü toplantıda ise Prof. Gjuro Pilar, *la group antropozoique* terimini önermesinin yanı sıra bu terimin Senozoyik, Mesozoyik ve Paleozoyik grubuyla da uyumlu olduğunu savunmuş ancak bu savunma İngiliz Komisyonu sonuç raporunda dikkate alınmamıştır. Sonraki yıllarda Uluslararası Jeoloji Kongresi'nde zaman zaman bazı komiteler cephesinde yine *Antro* kökenli jeolojik zaman çizelgesi için önermeler yapılmaya çalışılmışsa da, bu girişimler kısıtlı kaldığı için dikkate alınmamıştır. Bu bağlamda, kronolojik olarak bakıldığında Uluslararası Jeoloji Kongresi kapsamında ve jeolojik zaman çizelgesinin olgunlaşma dönemi içinde, geçmiş önerileri savunan veya hatırlatan bilim insanlarının azalma eğilimi göstermesiyle bu terminolojiden uzaklaşıldığı görülmektedir.

Burada Pliyosen, Holosen, Kuvaterner ve Pleyistosen gibi jeolojik dönem isimlerinde belli bir ortak noktaya varılmasının 50 yılı aşkın bir süre aldığı görülmektedir. Unutulmamalıdır ki Giovanni Arduino'nun 1758 yılında tanımladığı Tersiyer'in bile jeolojik zaman çizelgesinde anlamsızlaşarak kaldırılması 1989 yılında gerçekleşebilmiştir. Jeolojik zaman çizelgesindeki bu evrimin süresi gözetildiğinde, *Antroposen* kavramının 2000'li yıllara kadar unutulmasından kaynaklanan,

bilimsel çalışmaların eksikliği ve hatta son dönemde yeniden bu doğrultuda ivmelenmesi bile, geçen zaman gözetildiğinde hâlâ tartışmaların emekleme aşamasında olduğunu göstermektedir. Etimolojik kökeni bakımından, eski Yunanca'da insan anlamına gelen *ανθρωπος* (antropos) ile yeni anlamına gelen *καινός* (kainos) kelimelerinin birleşiminden oluşan Antroposen terimi ise yeniden 1980'lerde Eugene F. Stoermer tarafından kullanılmıştır. İçinde bulunduğumuz jeolojik seri olan Holosen'in zamansal olarak ayrılması ve yeni bir jeolojik seri olarak Antroposen'e girilmesi gerektiğini ise Crutzen ve Stoermer (2000) doğal süreçlerin dışında gelişen antropojenik işlevlerin başta kirlilik olmak üzere, daha farklı birçok etki ortaya çıkarmasından ve bu durumun güncel veya günümüze yakın jeolojik süreçlerde gözlenebilir ve ölçülebilir olmasından yola çıkarak ortaya atmış ve günümüzde bu bilimsel fenomenin gelişmesine katkı sağlamıştır. Bu zamansal ayrımın tekrar gündeme gelmesinin ardından, Antroposen'in başlangıcına yönelik çalışmalar zaman içerisinde artmış ve birçok araştırmacıyı disiplinlerarası bir düzeyde irdelemeye yöneltmiştir.

Dünya nüfusu 1950'li yıllarda yaklaşık 3 milyar kişi iken günümüzde bu rakam 7,5 milyara yaklaşmıştır (Gerland vd. 2014). Her geçen gün artan nüfus yoğunluğu beraberinde insan faaliyetlerini de arttırmaktadır. Bu faaliyetler temel olarak insanların yaşam olanaklarını kolaylaştırma amacı güdüyor olsa bile çoğu zaman doğa koşulları olumsuz yönde etkilenebilmektedir. Bu bağlamda insan, doğada yaşayan sıradan bir türün ötesinde doğanın kendi işleyişi dışında katalizör görevinde ve küresel çapta belirleyici gücü olan biyolojik, kimyasal ve jeolojik bir aktör hâline gelmektedir (Crutzen ve Stoermer, 2000; Andersson vd. 2005; Crossland vd. 2005). Bu doğrultuda insan kaynaklı çevresel etkiler Hippocrates'e dayanan daha eski bir olgu olmasına rağmen "*antropojenik kirlilik*" kavramı ise tam kelime karşılığı olarak görece daha yeni bir terminolojinin ürünüdür. Bu kavram ilk kez Rus jeolog ve paleontolog Aleksei Petrovich Pavlov'un 1922 yılında yayımladığı *Recent Geology* isimli eserinde tam manasıyla kullanılmıştır (Starodubtseva, 2006). Bu

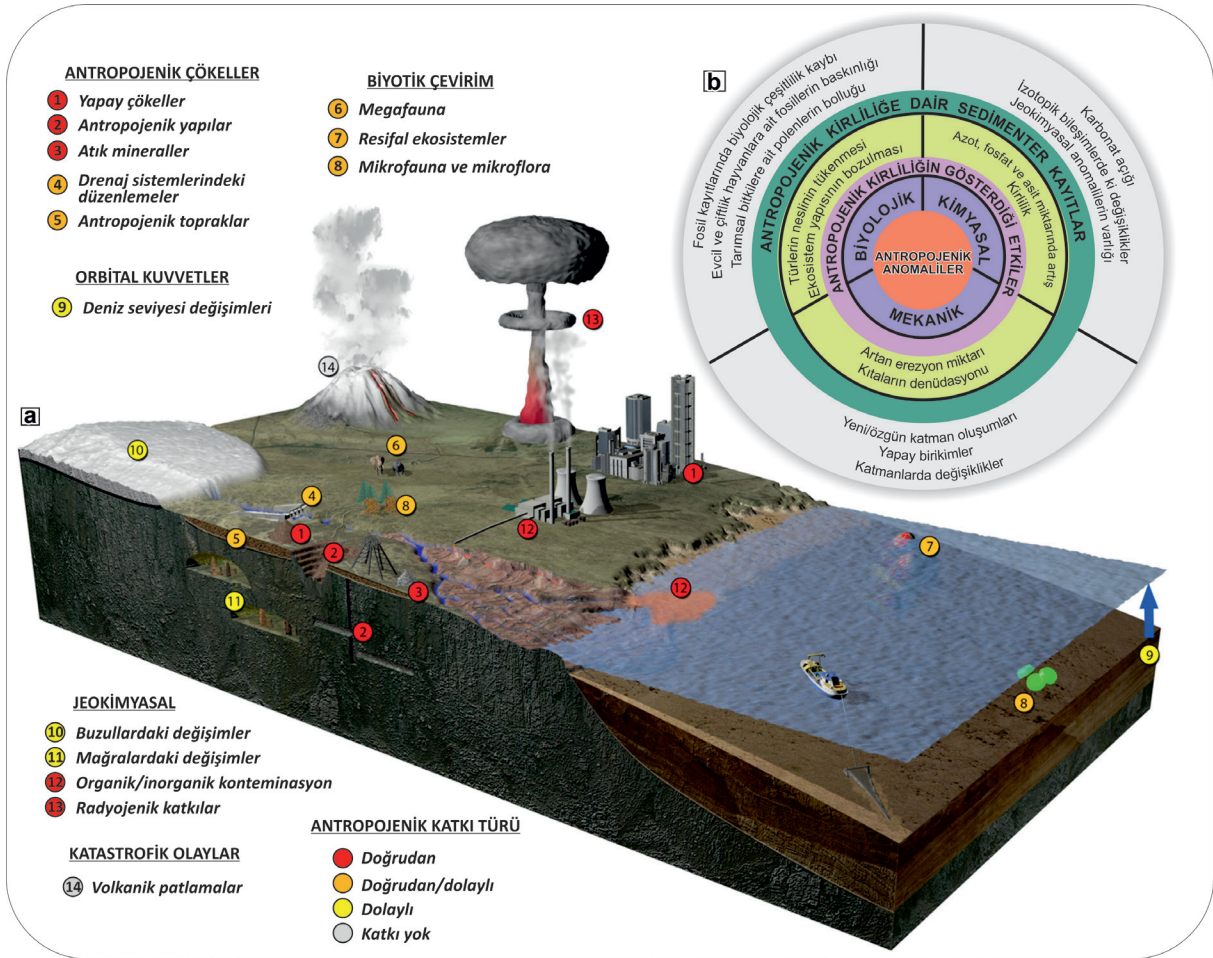
terminolojik kavram günümüzde insan kaynaklı çevresel etkileri tanımlamak için o tarihten bu yana yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu kronolojik ilişki bütünüyle irdelendiğinde, *Antro* kökünden türetilerek önerilen bütün jeolojik dönemlerin, aynı kökten türetilen kirlilik kavramından çok daha önce bilimsel arenada tartışılmaya başlandığı görülmektedir.

DÜNYADAKİ GELİŞMELER

Küresel ölçekte, 1830'lardan itibaren değişik isimlerle önerilse de genel anlamda Antroposen kavramının jeolojik anlamda zamansal olarak ayrılması üzerine yoğunlaşan çalışmaların, 1970'lerin sonundan itibaren antropojenik anomalilerin tespiti ve ölçülmesi üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Çünkü Antroposen'in başlangıcının ölçülebilmesine yönelik çalışmalar doğal olarak antropojenik anomalilerinin varlığının tespitine dayanır. Waters vd. (2014), jeolojik kayıtlar içindeki antropojenik anomalileri, jeokimyasal katkılar, antropojenik çökeller ve biyotik çevrim şeklinde ayırarak, antropojenik katkı türünü doğrudan, doğrudan/dolaylı ve dolaylı şeklinde üç sınıf altında değerlendirmektedir (Şekil 3a). Galuszka vd. (2014) ise antropojenik anomalileri temel olarak biyolojik, kimyasal ve mekanik anomaliler şeklinde üç ana çalışma konusu altında ele almaktadır (Şekil 3b). Sedimenter çökeller içindeki antropojenik kirliliğe dair kayıtlar ise en çok jeokimyasal anomalilerin (özellikle ağır metaller gibi) varlığı ile ölçülmektedir (Galuszka vd. 2014). Bu üç ana çalışma konusu içinde, en çok biyolojik ve kimyasal anomalilerin değerlendirilmesiyle ortaya çıkarılan araştırmalar öne çıkmaktadır.

Literatürde antropojenik etkinin ölçülebilmesinin altında yatan ana felsefe aslında 20. yüzyılın başlarında ortaya çıkmıştır. Buna göre jeolojik birimlerden elde edilmiş jeokimyasal analiz sonuçlarının ortalama değerleri ile çalışılan alandaki birimlerden elde edilen değerlerin karşılaştırılmasına dayanan bir hesaplama dayanmaktadır. Günümüzde kullanıldığı şekliyle ortalama kabuk değeri ya da arda (background)

değerinin temelleri ise en kapsamlı şekilde ilk kez Clarke (1889, 1911) tarafından atılmıştır. Bu tarihten itibaren günümüze kadar jeolojik birimlerin içerdikleri element bazındaki jeokimyasal verileri irdelleyen birçok çalışma ortaya konmuştur (örn. Goldschmidt, 1937; Turekian ve Wedepohl, 1961; Condie, 1993; Taylor ve McLennan, 1995; Rudnick ve Gao, 2003). Bu noktadan çıkışla antropojenik etkinin sayısal olarak ölçülmesine yönelik ilk kapsamlı çalışmalar ise 1960 ve 1970'li yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu anlamda yapılan öncü çalışmalardan bazıları şu şekildedir: Erlenkeuser vd. (1974), Batı Baltık Denizi'nin yüzeye yakın sedimanlarında yaptığı çalışmada ağır metaller ile inaktif organik karbonun karakteristik artışının sedimenter kayıtlarda sanayileşme yaşının belgelemesi olarak değerlendirmiştir. Bunun haricinde nehir ve göl yataklarında (örn. Banat vd. 1972; Förstner ve Müller, 1975 ve Müller, 1979), Grönland'ın yıllık kayıtlarında ve Antarktika'daki buz katmanlarında (örn. Murozumi vd. 1969) ve diğer çeşitli karasal alanlarda (örn. Tyler, 1972), belirli metal konsantrasyonundaki çarpıcı artışlar antropojenik kaynaklar ile ilişkilendirilmiş ilk çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda ağır metallerin toksik etkileri ve birikim özellikleriyle çevre için önemli ölçüde bir antropojenik kirlilik oluşturduğu bilindiği için (Omgbu ve Kokogbo, 1993), son yıllarda antropojenik kirlilik çalışmaları genelde güncel sedimanlar (denizel, gölsel ve/veya akarsu) içindeki anomalilerin jeokimyasal olarak değerlendirilmesi sayesinde gerçekleşmektedir. Literatürde antropojenik katkının sayısal olarak belirlenmesine yönelik en çok kullanılan temel parametreler Kirlilik Yükü İndeksi (PLI: Pollution Load Index), Zenginleşme Faktörü (EF; Enrichment Factor) ve Jeo-Birikim indeksidir (Igeo; geo-accumulation index) (Çizelge 1). Bu kirlilik parametrelerinin ayrıntıları ve kronolojik gelişimi için yazarlar Alak ve Sümer (2017)'nin "Materyal ve Metod" bölümünü önermektedir.



Şekil 3. a) Dünyadaki jeolojik olaylarda gözlemlenebilen antropojenik anomalilerin türleri (Waters vd. 2014'den düzenlenmiştir), b) olası antropojenik etkilerin biyolojik, kimyasal ve mekanik özelliklerine göre ayrılması ve güncel sedimanlarda gözlenen olası kayıt türleri (Galuszka vd. 2014 ve Alak ve Sümer, 2017).

Figure 3. a) Types of anthropogenic anomalies that can be observed in geological events around the world (edited by Waters et al. 2014). b) the separation of possible anthropogenic effects according to their biological, chemical and mechanical properties and the possible record types observed in current sediments (Galuszka et al. 2014 and Alak and Sümer, 2017).

Antroposen kavramında ise dünyadaki gelişmeler, Crutzen ve Stoermer'in (2000) bu terminolojiyi yıllar sonra tekrar gündeme getirmesiyle birlikte konu üzerindeki çalışmalar hız kazanmıştır (örn. Ruddiman, 2003; Crutzen, 2006; Schlütz ve Lehmkuhl, 2009; Armesto vd. 2010; Zalasiewicz vd. 2011 ve 2015; Gale ve Hoare, 2012; Slaughter, 2012; Oldfield, 2015). Bu çalışmalar sonucunda Antroposen'in varlığı ile ilgili bir fikir birliğine gidilse de, başlangıcı

ile ilgili temelde üç görüş yaygındır. Bunlar; (1) Antroposen, kontrolsüz tarımın başlaması ve verimsiz arazi kullanımının artması ile yaklaşık MÖ 8000-3000 tarihlerinde başlamış olmalıdır (Ruddiman, 2003; Certini ve Scalenghe, 2011; Ellis, 2011; Wilkinson vd. 2014), (2) Fosil yakıtların kullanılmasının yaygınlaşması ve Sanayi Devrimi ile son 200-500 yıl içinde ivmelenmeye başlamış olmalıdır (Crutzen ve Stoermer, 2000; Crutzen, 2002; Davis, 2011; Fischer-Kowalski vd. 2014)

ve (3) Özellikle 2. Dünya Savaşı sonrasında, ilk atom bombası ve sonrasındaki nükleer testler ile Antroposen–Holosen sınırı 20. yüzyıl ortalarına karşılık gelmelidir (Steffen vd. 2007; Wolfe vd. 2013; Zalasiewicz vd. 2015; Waters vd. 2016). Ancak burada hâli hazırdaki Antroposen kavramına odaklanan çalışmalarının büyük bir

bölümünün kavramın temel prensiplerine dayanan yöntemsel uygulamaları açıklayan çalışmalardan oluştuğunu ve Antroposen’in başlangıcına yönelik mutlak yaş verileri ile desteklenen bilimsel çalışmaların ise kısır kaldığının da vurgulanması gerekmektedir.

Çizelge 1. Antropojenik etkinin hesaplanmasında sıklıkla kullanılan Kirlilik Yükü İndeksi (PLI: Pollution Load Index), Zenginleşme Faktörü (EF; Enrichment Factor), Jeo-Birikim indeksi (Igeo; geo-accumulation index) değerlerine ait formüller ve açıklamaları (CF değeri ve sonuçlarının sınıflandırılması Hakanson (1980) tarafından ortaya konulmuş olup elde edilen değer yardımıyla Tomlinson vd. (1980) tarafından tanımlanan PLI değeri elde edilmektedir. Sonrasında Ray vd. (2006) tarafından hazırlanan sınıflandırma ile PLI değerlerinin sınıflandırması yapılmaktadır. İlk kez Buat-Menard ve Chesselet (1979) tarafından ortaya atılan EF değeri ise literatürde yaygın kullanılan Sutherland (2000)’in önerdiği aralıklarla yapılmaktadır. Igeo değeri ise ilk kez Müller (1979) tarafından önerilmiş olup, Müller (1986) tarafından öngörülen sınıflama ile değerlendirilmektedir).

Table 1. Formulas and explanations of Pollution Load Index (PLI), Enrichment Factor (EF) and geo-accumulation index (Igeo) values which are frequently used in the calculation of anthropogenic effect. (The CF value and classification was defined by Hakanson (1980) and PLI value defined by Tomlinson et al. (1980) is calculated using the obtained CF value. Then, PLI values are classified using the classification prepared by Ray et al. (2006). The EF value first proposed by Buat-Menard and Chesselet (1979) was evaluated by Sutherland’s (2000) proposed classification which is widely used in the literature. The Igeo value was proposed by Müller (1986) for the first time and evaluated by Müller’s (1979) classification).

Kirlilik Yükü İndeksi (PLI: Pollution Load Index) Kirlilik Faktörü (CF: Contamination Factor)	Zenginleşme Faktörü (EF: Enrichment Factor)	Jeo – Birikim indeksi (I _{geo} : Geo-Accumulation Index)
$CF: \frac{C_i}{C_n} \quad PLI: \sqrt[n]{CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times \dots \times CF_n}$	$EF: \frac{(C_{Metal} \times C_{Ref})_{Örnek}}{(C_{Metal} \times C_{Ref})_{Kabuk}}$	$I_{geo}: \log_2 \left[\frac{C_n}{B_n \times 1.5} \right]$
<p><i>C_i: Analiz edilen örneğin elde edilen sonucu</i> <i>C_n: İncelenen elemente ait ortalama kabuk /ardalan (background) değeri</i></p>	<p><i>C_{Metal}(Örnek):İlgili elementin konsantrasyonu</i> <i>C_{Ref}(Örnek): Referans olarak alınan elementin ölçülen konsantrasyonu</i> <i>C_{Metal}(Kabuk):İlgili elementin kabuktaki ardalan (background) değerini</i> <i>C_{Ref}(Kabuk): referans alınan elementin kabuktaki ardalan değeri</i></p>	<p><i>C_n: Analiz edilen metalin konsantrasyonu</i> <i>B_n: İlgili ağır metalin ortalama referans değeri</i></p>
<p><i>CF sonuç değer aralıkları;</i></p> <p><i>CF < 1: düşük</i> <i>1 ≤ CF < 3: orta</i> <i>3 ≤ CF < 6: önemli</i> <i>CF ≥ 6: çok yüksek kirlilik faktörü</i></p> <p><i>PLI sonuç değer aralıkları;</i></p> <p><i>PLI > 1: Kirlilik fazla</i> <i>PLI < 1: Kirlilik az</i></p>	<p><i>EF sonuç değer aralıkları;</i></p> <p><i>EF < 2: en az zenginleşme/kirlilik</i> <i>2 ≤ EF ≤ 5: orta zenginleşme/kirlilik</i> <i>5 ≤ EF ≤ 20: belirgin zenginleşme/kirlilik</i> <i>20 ≤ EF ≤ 40: çok yüksek zenginleşme/kirlilik</i> <i>EF > 40: son derece yüksek zenginleşme/kirlilik</i></p>	<p><i>I_{geo} sonuç değer aralıkları;</i></p> <p><i>I_{geo} < 0: pratik olarak kirlenmemiş</i> <i>0-1: arası kirlenmemiş-orta derece kirlili</i> <i>1-2: arası orta derece kirlili</i> <i>2-3: orta-kuvvetli kirlili</i> <i>3-4: aşırı kirlili</i> <i>4-5: aşırı-çok aşırı kirlili</i> <i>I_{geo} > 5: çok aşırı kirlili</i></p>

TÜRKİYE'DEKİ GELİŞMELER

Dünyanın birçok farklı bölgesinde olduğu gibi ülkemizde de antropojenik kirlilik kavramı uzun yıllardır tartışılmakta ve birçok yeni çalışma ile elde edilen veri seti her geçen gün genişlemektedir. Türkiye'de antropojenik etki üzerine yapılan çalışmaların temellerinin 1970'lerde atıldığı ve özellikle 1990'lı yıllardan sonra büyük ölçüde ivmelendiği görülmektedir (örn.; Fowler vd. 1976; Taymaz vd. 1983; Orhon, 1984; Bodur ve Ergin, 1988; Ergin vd. 1991 ve 1994 ve 1998; Yücesoy ve Ergin, 1992; Aksu vd. 1998; Tuncer vd. 1998; Balkıs vd. 2007 ve 2012; Gürbüz ve Gürer, 2008; Yatkın ve Bayram, 2008; Çoban vd. 2009; Özkan ve Büyükkışık, 2012; Sarı vd. 2018). Türkiye'de genellikle bu çalışmalar sanayileşmenin ve nüfus artışının bilhassa yoğun olduğu Marmara Denizi'nde (batı ve kuzey kıyıları ile İstanbul Boğazı, Haliç, İzmit Körfezi gibi), Ege Denizi'nin batı kıyı ve körfezlerinde (özellikle İzmir Körfezi, Çandarlı Körfezi, Aliağa kıyıları Büyük Menderes Deltası ve ilerisi ile Edremit Körfezi'nde) yoğunlaşmakla beraber Karadeniz'in hemen hemen tüm güney kıyılarında ve Akdeniz'de Antalya, Mersin ve İskenderun Körfezi'nde gerçekleştirilmiştir. Özellikle antropojenik kirliliğin farklı türde etkilerinin (radyasyon, hava, toprak, denizel/gölsel organizmalar, su kirliliği gibi) ortaya konulduğu çalışmalara da literatürde sıkça rastlamak mümkündür (örn. Akçay ve Ardisson, 1988; Gümgüm vd. 1994; Ayçık ve Ercan, 1997; Karadede ve Ünlü, 2000; Önder ve Dursun, 2006; Özmen vd. 2006; Çoşkun vd. 2006).

Fakat tüm bu çalışmaların haricinde Türkiye özelinde Antroposen kavramını irdeleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmalar kronolojik olarak şu şekilde özetlenebilir: Efe vd. (2008) daha çok Antroposen kavramının temellerine değinmiş ve Türkiye özelinde doğal ortam-insan ilişkisi ile ortaya çıkan bazı antropojenik biyomları ele almıştır. Antroposen'in başlangıcına yönelik özellikli bir yaş verisi

sunulmayan çalışmada, doğal bitki örtüsü, fauna, toprak, su ve havada antropojenik kirlilik bazında son iki yüzyılda bir artış gözlemlendiği vurgulanmıştır. Ertek (2017) ise Antroposen kavramına değinerek bu dönem içerisindeki insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan jeomorfolojik yıkımlara dikkat çekmiştir. Özşahin ve Eroğlu (2017), Antroposen kavramı çerçevesinde Tekirdağ'daki antropojenik biyomların Antroposen dönemi içerisindeki yayılımını vurgulanmıştır. Yapılan tüm bu çalışmalar ülkemiz bilim camiasında da "Antroposen" kavramının tanınırlığını arttırmak ve çalışmalara katkı sağlamak anlamında önemli bir değere sahip olsalar dahi Antroposen'in zamansal ayırımına ve başlangıcının saptanmasına yönelik bir veri seti sunmamaktadırlar. Bu kapsamda ülkemizde Antroposen'in zamansal ayırımına yönelik mutlak yaş verileri ile desteklenen ilk çalışma Alak ve Sümer (2017)'dir. Bu çalışmada Antroposen ve ilişkili kavramlar sunulurken, Türkiye'de ilk defa Antroposen'in zamansal olarak ayrılması Karadeniz ve Marmara'dan elde edilen karotlar içerisinde mutlak yaş verileri ile araştırılarak tartışılmıştır.

GELECEKTEKİ PERSPEKTİFLER: SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Gelecekte yapılacak olan Antroposen'in araştırılması ve antropojenik kirlilik çalışmalarında ele alınması gereken 2 ana unsur bulunmaktadır. Bunlar; (1) Antropojenik etki/katkının ölçülmesindeki standartların belirlenmesindeki problemler ve çözümü için uygulanması gereken adımlar, (2) Antroposen'in zamansal olarak ayrılmasının artık kavramsal olarak tartışmasından çok, mutlak yaş verileri ile desteklenebilecek çalışmaların üretilmesinin gerekliliğidir. Dünyada yapılan bilimsel çalışmaların çoğunda özellikle antropojenik etkinin veya katkının numerik olarak ölçülmesinin temelinde belirli bir alandan elde edilen örneklerinin çoklu element analizlerinin sonuçlarının, ortalama kabuk ya da ardalan

değerleri (background value) olarak bilinen ve literatürde çoğunlukla kullanılan Goldschmidt (1937), Morgan vd. (1978), Turekian ve Wedepohl (1961), Condie (1993), Taylor ve McLennan (1995), Wedepohl (1995) ve Rudnick ve Gao (2003) gibi kabul görmüş bazı çalışmalarda ortalama değerlerle karşılaştırılması/oranlanması temeline dayanan bir yöntem uygulanmaktadır. Fakat literatürde kabuk veya kaya türü olarak sunulmuş olsa da antropojenik kirlilik çalışmalarında sıklıkla kullanılan bu ağır metal element ortalama değerlerinin birbirlerinden çok farklı aralıklarda değişkenlik sunduğu görülmektedir (Çizelge 2). Bu durumda literatürde sunulmuş olan çalışılan bölge değerlerinin kirlilik sınıflamalarında değerlendirilmesi hatalı bir yaklaşım olabileceği gibi doğru sonuca kavramsal olarak yaklaşım göstermek aşırı derecede zorlaşacaktır.

yapılan bilimsel çalışmaların çoğunda bu etkinin oldukça göz ardı edildiği görülmekle beraber, çalışılan alanın jeolojik yapısı, yani beslenme alanının kaya türü ve incelenen sedimana (karasal ya da denizel) yapacağı litojenik kökeninden kaynaklı bir etkilerin varlığı ve bunun ortaya konularak hesaplama yapılması hayati derecede önemlidir.

Litojenik yani jeojenik katkı oranının belirlenmesi dışında, antropojenik kirliliğin sınıflanmasında ve antropojenik katkı oranının belirlenmesinde önemli etmenler bulunmaktadır. Bunlar;

- (i) Çoklu element analizlerindeki sonuçların, incelenen örneğin tane boyu dağılımı ve karbonat oranına göre değişkenlik göstermesi yani tane boyu efekti (grain size

Çizelge 2. Antropojenik kirlilik çalışmalarında sıklıkla kullanılan bazı ağır metal elementlerinin literatürde sunulmuş ortalama kabuk ve ardaalan (background) değerlerinin karşılaştırması.

Table 2. Comparison of average crust and background values of some heavy metal elements in the literature which are commonly used in anthropogenic pollution studies.

Çalışma	Elementler (ppm)													
	Ba	Cr	Ti	Bi	Co	Cu	Ni	Pb	V	Zn	Ag	As	Mo	
Goldschmidt (1937)*	390	200	6300	0,2	40	100	100	16	100	40	0,1	5	15	
Turekian ve Wedepohl (1961)	M	0,4 - 1600	2 - 1600	300-13800		1 - 150	5 - 87	4 -2000	1 - 19	30 - 250	39 - 130	0,03 - 0,11	1 - 2	0,3 - 1,3
	S	10 - 580	11 - 90	400-4600	-	0,1 - 19	4 - 45	2 - 68	7 - 20	20 - 130	20 - 95	0 - 0,11	1 - 13	0,2 - 2,6
	DS	190-2300		770-4600		7 - 24	30 - 250	30 - 225	9 - 80	20 - 120	35 - 165	0 - 0,11	1 - 13	3 - 27
Taylor ve McLennan (1995)**	550	35	0,30	127	10	25	20	20	60	71	0,05	1,5	1,5	
Wedepohl (1995)**	668	126	4010	0,123	24	25	56	14,8	98	65	0,055	1,7	1,1	
Rudnick ve Gao (2003)**	628	92	-	0,16	17,3	28	47	17	97	67	0,053	4,8	1,1	

* Kabuk, ** Üst Kabuk, [M] Magmatik Kayalar, [S] Sedimenter Kayalar, [DS] Derin Deniz sedimanları

Bu durumun önlenemesinin tek yolu, her çalışılan alan için literatürdeki dünya ölçeğinde önerilmiş ortalama değerlerin kullanılması yerine, o bölgeye özel litojenik (“jeojenik, doğal, jeolojik”) katkı oranının belirlenmesi ve bu oranın kirlilik sınıflandırılmalarında kullanılması gerekmektedir. Aslında literatürde bu durum litojenik etki (litogenic effect; jeojenik kaynak, süreç) olarak bilinmektedir (örn. Salomons ve Förstner, 1984; Upadhyay vd. 2006; 2007). Fakat

effect; örn. Ackermann, 1980; Stoffers vd. 1986; Horowitz ve Elrick, 1987; Lin vd. 2002; Zhang vd. 2002) ve bu etkinin farklı tane boyundaki ve karbonat miktarlarına sahip örneklerde belirlenerek yorumlama yapılması gerekliliği ile örneklerin hangi kimyasal malzemelere ile analize tabi tutulacağı ve hangi analitik yöntemler ile belirleneceği (XRF, ICP, AAS, SEM-EDAX, Mikroprob gibi) önemlidir,

- (ii) Özellikle karasal alanlarda yapılacak çalışmalarda alınacak örneklerin yağışlı ya da kurak dönemlerden kaynaklanan ıslak ya da kuru olma durumunun iklimsel etkilerden kaynaklanan element konsantrasyonu değişimleri (Seasonal or Climatological effect; örn. Atkinson, 1957; Sakai vd. 1986; Alagarsamy, 2006; Sarasiab vd. 2014) ve bu etkiyi dikkate alarak zamansal ve mevsimsel izleme yöntemiyle örnekleme ve değerlendirme yapılması gerekliliği,
- (iii) Örneklemenin sadece antropojenik etki alanı ile sınırlı kalmaksızın etki alanı dışında kalan alanlardaki ve bölgede antropojenik süreçlerden önceki zamanlara ait durumun da kontrol edilerek denestirilebileceği bir ölçüm tekniğinin geliştirilmemesidir.
- (iv) Özellikle toprak ve sediment örneklerinin hangi yöntemler ile alınacağı (serbest düşmeli ağırlık ve piston karotları, kepçe, kutu karot, hidrolik veya elektrikli çekiçleme gibi) iyi belirlenmelidir,
- (v) Sediment ya da toprak örneklerinin mikroskop altında incelenmesi ve kısmi kimyasal analizler (SEM-EDAX) antropojenik malzemelerin bileşimi ve türü hakkında bilgi verebilecek mineralojik analizler (örneğin XRD gibi) gerçekleştirilerek, olası yüksek metal miktarlarına sahip minerallerin tür ve dağılımlarının belirlenmesi gerekmektedir.
- (vi) Çalışma alanı ve yakın çevresinde geçmişte ve hâlihazırda işletilmiş fabrika ve sanayi kuruluşları, deşarj noktaları, tarımsal ve zirai faaliyetler ile geçmiş tarihsel ve arkeolojik veriler/bilgiler toplanmalı ve antropojenik katkı miktarının belirlenmesinde değerlendirilmelidir.

Bu kapsamda gelecekte yapılacak antropojenik kirlilik çalışmalarda öncelikli olarak çalışma alanı sınırlarında yüzlek veren ve antropojenik etki dışındaki doğrudan bölgede

bulunan kaya topluluklarının litolojisinden kaynaklı ve jeolojik yapısıyla orantılı olarak aşınma hızları da gözetilerek belirlenecek element konsantrasyonlarının tespitine yönelik jeokimyasal çalışmalar yapılmalıdır. Bu sayede bölgenin kirlilik çalışmalarında kullanılacak ve dünya kabuk değerlerinden çok daha doğru bir veri seti üzerinden değerlendirme yapmak mümkün olacaktır. Diğer yandan yapılacak çalışmalarda, her bir jeolojik birimden ayrılarak oluşmuş sedimanlarda gerçekleştirilecek tane boyundan kaynaklanabilecek zenginleşmelerin varlığı ortaya konularak tane boyu efektiyle birlikte çalışma alanına özgü bir ardaan (background) değerinin ortaya çıkartılması gerekmektedir. Çalışmalarda örnekleme mevsimsel döngülerle izlenmesi ise kirlilik sonuçlarının doğruluğu ve güvenilirliği açısından daha iyi bir yaklaşım gösterilmesine olanak sağlayacaktır.

Antroposen sınırının belirlenmesine yönelik çalışmalarda ise kavramlardan çok sayısal verilere dayanan çalışmalara gereksinim duyulduğu şüphesizdir. Bu noktada özellikle Holosen yaşlı jeolojik formasyonlar üzerinde, antropojenik etki dışında kalmış stratigrafik seviyeleri de kapsayacak şekilde bir derinlik profilinden alınacak örneklerin analizinin yorumlanması gerekmektedir. Keza aynı şekilde, ileride yapılacak çalışmalarda antropojenik anomalilerden yola çıkarak Antroposen'in zamansal ayırımına varacak radyokarbon, kozmojenik nüklit, lüminesans, ESR (Electron Spin Resonance) ve U/Th gibi mutlak yaş verilerinin üretilmesi de gerekmektedir. Çalışılan materyalin türüne ve çalışma olanaklarına göre denestirilerek yapılacak tarihlendirme yöntemlerinin sonuçları Antroposen'in varlığına ya da yokluğuna ışık tutabilecek veri setinin oluşmasına katkı sağlayacak ve bu kavramın netleştirilmesi ve detaylandırılması ancak bu çalışmaların sonuçlarının bilimsel arenada tartışılmasıyla mümkün olacaktır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmanın bir bölümü özet tebliğ olarak 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı “Antroposen ve Antropojenik Kirlilik” oturumunda sunulmuştur. Yazarlar, konunun doğrudan yaşadığımız jeolojik dönemi temsil ettiği öngörüsü ile bilimsel arenada farkındalık yaratma çabaları itibariyle bu özel sayının yapılması davetinde bulunan Türkiye Jeoloji Bülteni baş editörü Prof. Dr. Erdinç Yiğitbaş ve 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı Başkanı Prof. Dr. Hasan Sözbilir’e teşekkürü bir borç bilirler. Bu çalışmanın, özellikle Antroposen kavramı ile ilişkili kronolojik bölümünün oluşturulması ve gelecekte yapılması gereken çalışmalar ile ilgili perspektiflerin geliştirilmesi TÜBİTAK tarafından desteklenen 117Y302 no’lu proje çalışmalarında ve projenin sonuç raporu hazırlanırken gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, yazarlar bu çalışmaya hakem olarak katkı sunan Prof. Dr. Mustafa Ergin ve Prof. Dr. Doğan Yaşar’a teşekkürlerini sunarlar.

EXTENDED SUMMARY

Considering the relationship between humans and nature, humans initially survived and then started to transform nature into a living space of their own and established dominance in today's world. At this point, their desire to shape natural life in the world created disturbances and harmed the ecological balance and humans began to act as a new factor changing geology. This situation led to the necessity of separating the Holocene and calling the last part the Anthropocene. Especially, the industrialization process that started with the Industrial Revolution and the urbanization and demographic problems have triggered the rapid destruction of nature and the disruption of natural life. The Anthropocene concept and anthropogenic pollution have been studied in the whole world. In addition to research about the theoretical aspects of the concept, it is important to study on lithological aspects in geological strata because studies to determine the onset of the Anthropocene

naturally depend on the presence of anthropogenic anomalies. According to Waters et al. (2014), anthropogenic anomalies in geological records are separated into three factors of geochemical contributions, anthropogenic sediments and biotic cycle and classified as direct, direct/indirect and indirect. On the other hand, Galuszka et al. (2014) studied anthropogenic anomalies under three main headings of biological, chemical and mechanical anomalies. Records of anthropogenic pollution in sedimentary sediments are generally measured by the presence of geochemical anomalies (especially heavy metals) (Galuszka et al., 2014). Among these three main research topics, biological and chemical anomalies are the most prominent.

The concept of the Anthropocene in the world gained momentum again with Crutzen and Stoermer (2000) because of their reintroduction of this terminology after decades (e.g., Ruddiman, 2003; Crutzen, 2006; Schlütz and Lehmkuhl, 2009; Armesto et al., 2010; Zalasiewicz et al., 2011 and 2015; Gale and Hoare, 2012; Slaughter, 2012; Oldfield, 2015). As a result of these studies, although there is a consensus about the existence of the Anthropocene, there are three fundamental approaches toward the beginning of the Anthropocene: (1) the Anthropocene should begin around 8000-3000 BC with the beginning of uncontrolled agriculture and increased inefficient land use (Ruddiman, 2003; Certini and Scalenghe, 2011; Ellis, 2011; Wilkinson et al. 2014); (2) it should begin with the expansion of the use of fossil fuels due to the Industrial Revolution so it comprises the last 200-500 years (Crutzen and Stoermer, 2000; Crutzen, 2002; Davis, 2011; Fischer-Kowalski et al. 2014); and (3) it started after World War II because of the first atomic bomb and post-nuclear tests and the Anthropocene-Holocene boundary must be in the mid-20th century (Steffen et al. 2007; Wolfe et al. 2013; Zalasiewicz et al. 2015; Waters et al. 2016).

Evaluating Anthropocene studies in Turkey, Efe et al. (2008) addressed the Anthropocene

concept and Turkey in accordance with some anthropogenic biomes occurring in human relationships with the natural environment-specific site. It was emphasized that anthropogenic pollution increased in the last two centuries based on natural vegetation, fauna, soil, water and air. However, Ertek (2017) drew attention to the concept of the Anthropocene, and pointed out the geomorphological destruction resulting from human activities during this period. Özşahin and Eroğlu (2017) researched and inferred the distribution of anthropogenic biomes in Tekirdağ and the Anthropocene period within the framework of the concept of the Anthropocene. Although all these studies have huge roles in terms of increasing the recognition of and contribute to the concept of Anthropocene, they do not provide a data set to determine the temporal separation and beginning of the Anthropocene. In that point, Alak and Sümer (2017) is the first study that supported the temporal separation of Anthropocene in Turkey with absolute age data. Thanks to this study, the Anthropocene and related concepts were discussed in terms of temporal separation and investigated cores obtained from the Marmara and Black Seas.

However, most current studies that focus on the concept of Anthropocene consist of studies explaining the methodological applications based on the basic principles. So that problems in determining standards for measuring the anthropogenic effect/contribution still have to be solved with definite steps and scientific studies have to be supported with the use of absolute age data to understand the beginning of the Anthropocene and create new perspectives in the future.

ORCID

Ökmen Sümer  <https://orcid.org/0000-0003-3168-8728>

Akın Alak  <https://orcid.org/0000-0002-9483-0392>

Arman Tekin  <https://orcid.org/0000-0002-5838-2027>

DEĞİNİLEN BELGELER / REFERENCES

- Ackermann, F., 1980. A procedure for correcting the grain size effect in heavy metal analyses of estuarine and coastal sediments. *Environmental Technology*, 1(11), 518-527.
- Adams, F., 1849. *The Genuine Works of Hippocrates*. Vol 1, Chapter: On Airs, Waters, And Places. The Sydenham Society, Londra, 179-222.
- Akçay, H., Ardisson, G., 1988. Radioactive pollution of Turkish biotas one year after the Chernobyl accident. *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*, 128(4), 273-281.
- Aksu, A.E., Yaşar, D., Uslu, O., 1998. Assessment of marine pollution in Izmir Bay: Heavy metal and organic compound concentrations in surficial sediments. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 22(5), 387-416.
- Alagarsamy, R., 2006. Distribution and seasonal variation of trace metals in surface sediments of the Mandovi estuary, west coast of India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67(1-2), 333-339.
- Alak, A., Sümer, Ö., 2017. Marmara ve Karadeniz Kıyılarındaki Güncel Sedimanlar İçinde Antroposen'in Varlığına Ait Yeni Bulgular. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 60(2), 145-168.
- Andersson, A.J., Mackenzie, F.T., Lerman, A., 2005. Coastal ocean and carbonate systems in the high CO₂ world of the Anthropocene. *American Journal of Science*, 305(9), 875-918.
- Anonymous, 1882. *Congrès Géologique International: Compte Rendu 2^{me} Session*, Bologne, 1881, Fava et Garagnani, Bologne, 660 s.
- Armesto, J.J., Manuschevich, D., Mora, A., Smith-Ramirez, C., Rozzi, R., Abarzúa, A.M., Marquet, P.A., 2010. From the Holocene to the Anthropocene: A historical framework for land cover change in southwestern South America in the past 15,000 years. *Land Use Policy*, 27(2), 148-160.
- Atkinson, D.J., 1957. Heavy metal concentration in streams in north Angola. *Economic Geology*, 52(6), 652-667.
- Ayçık, G.A., Ercan, A., 1997. Radioactivity measurements of coals and ashes from coalfired power plants in the southwestern part of Turkey.

- Journal of Environmental Radioactivity, 35(1), 23-35.
- Balkıs, N., Aktan, Y., Balkıs, N., 2012. Toxic metal (Pb, Cd and Hg) levels in the nearshore surface sediments from the European and Anotolian Shores of Bosphorus, Turkey. *Marine pollution bulletin*, 64(9), 1938-1939.
- Balkıs, N., Topçuoğlu, S., Güven, K.C., Öztürk, B., Topaloğlu, B., Kirbaşıoğlu, Ç., Aksu, A., 2007. Heavy metals in shallow sediments from the Black Sea, Marmara Sea and Aegean Sea regions of Turkey. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 13, 147-153.
- Banat, K., Frstner, U., Miller, G., 1972. *Schwermetalle in Sedimenten von Donau, Rhein, Ems, Weser und Elbe im Bereich der Bundesrepublik Deutschland*. *Naturwissenschaften*, 59, 525-528.
- Bodur, M.N., Ergin, M., 1988. Heavy metal associations in Recent inshore sediments from the Mersin Bay. *Bollettino di Oceanologia Teorica ed Applicata*, 6(1), 15-34.
- Bostock, J., Riley, H.T., 1856. *The Natural History of Pliny*. Translated, with copious notes and illustrations. Vol. IV, cover (Book 18-23), Henry G. Bohn, Londra, 523 s.
- Buat-Menard, P., Chesselet, R., 1979. Variable influence of the atmospheric flux on the trace metal chemistry of oceanic suspended matter. *Earth and Planetary Science Letters*, 42(3), 399-411.
- Certini, G., Scalenghe, R., 2011. Anthropogenic soils are the golden spikes for the Anthropocene. *The Holocene*, 21, 1269-1274.
- Clarke, F.W., 1889. The relative abundance of the chemical elements. *Bulletin of the Philisophical Society of Washington*, 11, 131-142.
- Clarke, F.W., 1911. *The data of geochemistry*, Second Edition. Department of the interior United States Geological Survey (Bulletin 491). Washington, Government Printing Office, 782 s.
- Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales. *Chemical Geology*, 104, 1-37.
- Crossland, C.J., Kremer, H.H., Lindeboom, H., Crossland, J.I.M., Le Tissier, M.D., 2005. Coastal fluxes in the Anthropocene: the land-ocean interactions in the coastal zone project of the International Geosphere-Biosphere Programme. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 232 s.
- Crutzen, P.J., Stoermer, E.F., 2000. The Anthropocene. *Global Change Newsletter*, 41, 17-18.
- Crutzen, P.J., 2002. Geology of mankind. *Nature*, 415, 23.
- Crutzen, P.J., 2006. *The Anthropocene*, (Earth System Science in the Anthropocene, Editörler: Ehlers E., Krafft T.). Heidelberg: Springer Berlin, Heidelberg, 13-18.
- Çoban, B., Balkıs, N. ve Aksu, A., 2009. Heavy metal levels in sea water and sediments of Zonguldak. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 15, 23-32.
- Çoşkun, M., Steinnes, E., Frontasyeva, M.V., Sjobakk, T.E., Demkina, S., 2006. Heavy metal pollution of surface soil in the Thrace region, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 119(1-3), 545-556.
- Dana, J.D., 1863. *A Text-book of Geology*. Designed For Schools And Academies. Ivison, Blakeman, Taylor & Company, New York and Chicago, 354 s.
- Davis, R.V., 2011. Inventing the present: historical roots of the Anthropocene. *Earth Science History*, 30, 63-84.
- Desnoyers, J., 1829. Observations sur un ensemble de dépôts marins plus recens que les terrains tertiaries du bassin de la Seine et constituant une formation géologique distincte: précédées d'un aperçu de la non simultanéité des bassins tertiaries. *Annales Scientifiques Naturelles* 16, 171-214.
- Efe, R., Soykan, A., Cürebal, İ. ve Sönmez, S., 2008. Türkiye'de Doğal Ortam Bozulmasına Antroposen Açısından Bakış. TÜCAUM (Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi) V. Ulusal Coğrafya Sempozyumu (16-17 Ekim 2008) Bildiriler Kitabı, Ankara, 317-328.
- Ell, T., 2011. Two letters of Signor Giovanni Arduino, concerning his natural observations: first full English translation. Part 1. *Earth Sciences History*, 30(2), 267-286.
- Ell, T., 2012. Two letters of signor Giovanni Arduino, concerning his natural observations: first full English translation. Part 2. *Earth Sciences History*, 31(2), 168-192.

- Ellis, E.C., 2011. Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A*, 369(1938), 1010-1035.
- Ergin, M., Saydam, C., Baştürk, Ö., Erdem, E., Yörük, R., 1991. Heavy metal concentrations in surface sediments from the two coastal inlets (Golden Horn Estuary and Izmit Bay) of the northeastern Sea of Marmara. *Chemical Geology*, 91(3), 269-285.
- Ergin, M., Bodur, M.N., Yildiz, M., Ediger, D., Ediger, V., Yemeniciog, S., Yücesoy, F., 1994. Sedimentation rates in the sea of Marmara: a comparison of results based on organic carbon-primary productivity and 210 Pb dating. *Continental Shelf Research*, 14(12), 1371-1387.
- Ergin, M., Kazan, B., Eryilmaz, F.Y., Eryilmaz, M., 1998. Metal contamination in the bottom sediments of the gulf of Iskenderun. *International journal of environmental studies*, 55, 101-119.
- Erlenkeuser, H., Suess, E., Willkomm, H., 1974. Industrialization affects heavy metal and carbon isotope concentrations in recent Baltic Sea sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38(6), 823-842.
- Ertek, T.A., 2017. Antropojenik Jeomorfoloji: Konusu, kökeni ve amacı. *Türk Coğrafya Dergisi*, (69), 69-79.
- Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Pallua, I., 2014. A sociometabolic reading of the Anthropocene: Modes of subsistence, population size and human impact on Earth. *The Anthropocene Review*, 1, 8-33.
- Fowler, S.W., Oregioni, B., LaRosa, J., 1976. Trace metals in pelagic organisms from the Mediterranean Sea (Rapor: Trace metals in pelagic organisms from the Mediterranean Sea), International Nuclear Information System. Rapor No. IAEA-TECDOC--187, 110-122.
- Förstner, U., Müller, G., 1975. Factors controlling the distribution of minor and trace metals (heavy metals, V, Li, Sr) in recent lacustrine sediments. IX International Sedimentology Congress, Nice, 57-63.
- Gale, S.J., Hoare, P.G., 2012. The stratigraphic status of the Anthropocene. *The Holocene*, 22(12), 1491-1494.
- Galuszka, A., Migaszewski, Z.M., Zalasiewicz, J., 2014. Assessing the Anthropocene with geochemical methods. Geological Society, London, Special Publications, 395(1), 221-238.
- Gerland, P., Raftery, A.E., Ševčíková, H., Li, N., Gu, D., Spoorenberg, T., Alkema, L., Bailey, K.F., Chunn, J., Lalic, N., Bay, G., Buettner, T., Heilig, G.K., Wilmoth, J., 2014. World population stabilization unlikely this century. *Science*, 346(6206), 234-237.
- Gervais, P., 1848-1852. *Zoologie et paléontologie Françaises (animaux vertébrés) ou nouvelles recherches sur les animaux vivants et fossiles de la France*. Tome I, Paris: Libraire Éditeur; Arthus Bertrand, 271 s.
- Goldschmidt, V.M., 1937. The principles of distribution of chemical elements in minerals and rocks. The seventh Hugo Müller Lecture, delivered before the Chemical Society on March 17th, 1937, *Journal of the Chemical Society (Resumed)*, 655-673.
- Gümgüm, B., Tez, Z., Gülsün, Z., 1994. Heavy metal pollution in water, sediment and fish from the Tigris River in Turkey. *Chemosphere*, 29(1), 111-116.
- Gürbüz, A., Gürer, Ö.F., 2008. Anthropogenic affects on lake sedimentation process: a case study from Lake Sapanca, NW Turkey. *Environmental geology*, 56(2), 299-307.
- Hakanson, L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach. *Water Research*, 14, 975-1001.
- Haughton, S., 1865. *Manual of geology*. Longman, Green, Longman, Robersts, & Green, Londra, 360 s.
- Horowitz, A.J., Elrick, K.A., 1987. The relation of stream sediment surface area, grain size and composition to trace element chemistry. *Applied Geochemistry*, 2(4), 437-451.
- Jenkyn, T.W., 1854. *Lessons in Geology – No. L. Chapter V. On the classification of rocks. Section IV, Popular Educator* 4, 313–316.
- Jones, H.L., 1923. *Geography of Strabo. Vol. II. (cover Book III – V)*, William Heinemann, Londra, 480 s.
- Jowett, M.A., 1892. *The Dialogues of Plato Translated Into English with Analyses and Introductions, Third editon, Vol. 3*, Clarendon Press, Oxford, 543s.

- Karadede, H., Ünlü, E., 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41(9), 1371-1376.
- Lin, S., Hsieh, I.J., Huang, K.M., Wang, C.H., 2002. Influence of the Yangtze River and grain size on the spatial variations of heavy metals and organic carbon in the East China Sea continental shelf sediments. *Chemical Geology*, 182(2), 377-394.
- Lyell, C., 1830. *Principles of Geology*, First ed., Vol. I. John Murray, Londra, 511 s.
- Lyell, C., 1833. *Principles of Geology*, First ed., Vol. III, John Murray, Londra, 109 s.
- Marsh, G.P., 1864. *Man and nature; or, physical geography as modified by human action*. Charles Scribner, New York, 560 s.
- Morgan, J.W., Higuchi, H., Takahashi, H., Hertogen, J., 1978. Chondritic eucrite parent body - inference from trace-elements. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42(1), 27-38.
- Murozumi, M., Chow, T.J., Patterson, C., 1969. Chemical concentrations of pollutant lead aerosols, terrestrial dusts and sea salts in Greenland and Antarctic snow strata. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 33(10), 1247-1294.
- Müller, G., 1979. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins-Veränderungen seit 1971. *Umschau*, 79(24), 778-783.
- Müller, G., 1986. Schadstoffe in Sedimenten-Sedimente als Schadstoffe. *Mitt. Österreichische Geologische Gesellschaft*, 79, 107-126.
- Oldfield, F., 2015. When and how did the Anthropocene begin?. *The Anthropocene Review*, 2(2), 101.
- Ongbu, J.A., Kokogbo, M.A., 1993. Determination of Zn, Pb, Cu and Hg in soils of Ekpan, Nigeria. *Environment International*, 19, 611-612.
- Orhon, S., 1984. İzmit Körfezi'nde sediment-kor analizi ile demir, mangan ve organik karbon tayini. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul, Yüksek Lisans Tezi, 49 s., (yayımlanmamış).
- Önder, S., Dursun, S., 2006. Air borne heavy metal pollution of *Cedrus libani* (A. Rich.) in the city centre of Konya (Turkey). *Atmospheric Environment*, 40(6), 1122-1133.
- Özkan, E.Y., Büyükişık, B., 2012. Geochemical and statistical approach for assessing heavy metal accumulation in the southern Black Sea sediments. *Ekoloji*, 21(83), 11-24.
- Özmen, M., Güngördü, A., Kucukbay, F.Z., Güler, R.E., 2006. Monitoring the effects of water pollution on *Cyprinus carpio* in Karakaya Dam Lake, Turkey. *Ecotoxicology*, 15(2), 157-169.
- Özşahin, E., Eroğlu, İ., 2017. Tekirdağ İlinin Antropojenik Biyomlarının (Antronomların) Zamansal Ve Mekânsal Değişimi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (35), 218-227.
- Ray, A.K., Tripathy, S.C., Patra, S., Sarma, V.V., 2006. Assessment of Godavari estuarine mangrove ecosystem through trace metal studies. *Environment International*, 32(2), 219-223.
- Reboul, H., 1833. *Géologie de la période quaternaire et introduction a l'histoire ancienne*. F.G. Levrault, Paris, 222 s.
- Ruddiman, W.F., 2003. The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago. *Climatic Change*, 61(3), 261-293.
- Rudnick, R.L., Gao, S., 2003. *Composition of the Continental Crust*, (Treatise On Geochemistry, Volume 3: The Crust, Editörler: Holland, H.D., Turekian, K.K.), Elsevier Ltd., 1-64.
- Sakai, H., Kojima, Y., Saito, K., 1986. Distribution of heavy metals in water and sieved sediments in the Toyohira river. *Water Research*, 20(5), 559-567.
- Salomons, W., Förstner, U., 1984. *Metals in the hydrocycle*. Springer, Berlin, 653 s.
- Sarasiab, A.R., Mirsalari, Z., Hosseini, M., 2014. Distribution and Seasonal Variation of Heavy Metal in Surface Sediments from Arvand River, Persian Gulf. *Journal of Marine Science: Research & Development*, 4(3; 150), 1-6.
- Sarı, E., Çağatay, M.N., Acar, D., Belivermiş, M., Kılıç, Ö., Arslan, T.N., Tutay, A., Kurt, M.A., Sezer, N., 2018. Geochronology and sources of heavy metal pollution in sediments of Istanbul Strait (Bosporus) outlet area, SW Black Sea, Turkey. *Chemosphere*, 205, 387-395.
- Schlütz, F., Lehmkuhl, F., 2009. Holocene climatic change and the nomadic Anthropocene in Eastern Tibet: palynological and geomorphological results from the Nianbaoyeze Mountains. *Quaternary Science Reviews*, 28, 1449-1471.

- Slaughter, R.A., 2012. Welcome to the Anthropocene. *Futures*, 44(2), 119-126.
- Starodubtseva, I.A., 2006. Aleksei Petrovich Pavlov (1854–1929) – The propagator of Sueß' ideas in Russia. *Berichte der Geologischen Bundesanstalt*, 69: 65.
- Steffen, W., Crutzen, P.J., McNeill, J.R., 2007. The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36(8), 614-621.
- Stoffers, P., Glasby, G.P., Wilson, C.J., Davis, K.R., Walter, P., 1986. Heavy metal pollution in Wellington Harbour. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 20, 495-512.
- Stoppani, A., 1873. *Corso di Geologia*, Vol. II, *Geologia Stratigrafica*, (Editörler: G. Bernardoni, EG Brigola), Milan, 868 s.
- Suess, E., 1862. *Der Boden der Stadt Wien nach seiner Bildungsweise, Beschaffenheit und seinen Beziehungen zum Bürgerlichen Leben. Eine geologische Studie*. Wilhelm Braumüller, Viyana, 326 s.
- Sutherland, R.A., 2000. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology*, 39(6), 611-627.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1995. The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of Geophysics*, 33(2), 241-265.
- Taymaz, K., Yigit, V., Özbal, H., Ceritoglu, A., Müftügil, N., 1984. Heavy metal concentrations in water, sediment and fish from Izmit Bay, Turkey. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 16(4), 253-265.
- Tomlinson, D.L., Wilson, J.G., Harris, C.R., Jeffrey, D.W., 1980. Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 33(1-4), 566-575.
- Tuncer, G., Karakas, T., Balkas, T.I., Gökçay, C.F., Aygnn, S., Yurteri, C., Tuncel, G., 1998. Land-based sources of pollution along the Black Sea coast of Turkey: concentrations and annual loads to the Black Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 36(6), 409-423.
- Turekian, K.K., Wedepohl, K.H., 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Geological Society of America Bulletin*, 72(2), 175-192.
- Tyler, G., 1972. Heavy metals pollute nature, may reduce productivity. *Ambio*, 1(2), 52-59.
- Upadhyay, A.K., Gupta, K.K., Sircar, J.K., Deb, M.K., Mundhara, G.L., 2006. Heavy metals in freshly deposited sediments of the river Subernarekha, India: an example of lithogenic and anthropogenic effects. *Environmental Geology*, 50(3), 397-403.
- Upadhyay, A.K., Gupta, K.K., Sircar, J.K., Deb, M.K., Mundhara, G.L., 2007. Dominance of lithogenic effect for nickel, cobalt, chromium and mercury as found in freshly deposited sediments of the river Subernarekha, India. *Environmental Geology*, 51(8), 1447-1453.
- von Cotta, B., 1866. *Die geologie der gegenwart dargestellt und beleuchtet*. JJ Weber, Leipzig, 424 s.
- Waters, C.N., Zalasiewicz, J.A., Williams, M., Ellis, M.A., Snelling, A.M., 2014. A stratigraphical basis for the Anthropocene?. *Geological Society, Londra, Special Publications*, 395(1), 1-21.
- Waters, C.N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A.D., Poirier, C., Galuszka, A., Cearreta, A., Edgeworth, M., Ellis, E.C., Ellis, M., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J.R., Richter, D.D., Steffen, W., Syvitski, J., Vidas, D., Wagemrich, M., Williams, M., Zhisheng, A., Grinevald, J., Odada, E., Oreskes, N., Wolfe, A.P., 2016. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene, *Science*, 351(6269), aad2622,1-10.
- Wedepohl, K.H., 1995. The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59(7), 1217-1232.
- Wilkinson, I.P., Poirier, C., Head, M.J., Sayer, C.D., Tibby, J., 2014. Microbiotic signatures of the Anthropocene in marginal marine and freshwater palaeoenvironments. *Geological Society London Special Publications*, 395(1), 185-219.
- Wolfe, A.P., Hobbs, W.O., Birks, H.H., Briner, J.P., Holmgren, S.U., Ingólfsson, Ó., Kaushal, S.S., Miller, G.H., Pagani, M., Saros, J.E., Vinebrooke, R.D., 2013. Stratigraphic expressions of the

- Holocene–Anthropocene transition revealed in sediments from remote lakes. *Earth Science Reviews*, 116, 17-34.
- Yatkin, S., Bayram, A., 2008. Determination of major natural and anthropogenic source profiles for particulate matter and trace elements in Izmir, Turkey. *Chemosphere*, 71(4), 685-696.
- Yücesoy, F., Ergin, M., 1992. Heavy-metal geochemistry of surface sediments from the southern Black Sea shelf and upper slope. *Chemical Geology*, 99(4), 265-287.
- Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Williams, M., Barnosky, A.D., Cearreta, A., Crutzen, P., Ellis, E., Ellis, A.M., Fairchild, J.I., Grinevald J., Haff, K.P., Hajdas, I., Leinfelder, R., McNeill, J., Odada, E.O., Poirier, C., Richter D., Steffen, W., Summerhayes, C., Syvitski, P.M.J., Vidas, D., Waple, M., Wing, S.L., Wolfe, S.L.A., Zhisheng, A., Oreskes, N., 2015. When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal. *Quaternary International*, 383, 196-203.
- Zalasiewicz, J., Williams, M., Haywood, A., Ellis, M. 2011. The Anthropocene: a new epoch of geological time?. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A*, 369, 835-841.
- Zhang, C., Wang, L., Li, G., Dong, S., Yang, J., Wang, X., 2002. Grain size effect on multi-element concentrations in sediments from the intertidal flats of Bohai Bay, China. *Applied Geochemistry*, 17(1), 59-68.