

4-KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ VE YAŞAMA ETKİLERİ 4-GLOBAL CLIMATE CHANGES AND ITS IMPACTS ON LIVING

Ali Yılmaz, yilmazali06@gmail.com

ÖZ

Küresel iklim değişikliği ve bu değişimin yaşama etkileri uzun zamandan beri tartışılan bir konudur. Yer'in jeolojik tarihi boyunca izlenen doğa kaynaklı evrim ve kimi türlerin yok olmaları, doğal çevre koşullarının denetiminde gerçekleştiği bilinmektedir. Oluşan yanardağların çıkardığı kirleticilerin yanı sıra, fosil yakıtların kullanılması, küresel ısınmanın önemli nedenleri arasındadır. Dolayısıyla, küresel ısınmaya yol açan doğa kaynaklı ve insan kaynaklı etkinlikleri irdelemekte yarar vardır. Örneğin, büyük sanayi devrimini izleyen evrede, insani faaliyetler sonucu ortaya çıkan sera gazlarının yarattığı **yapay sera etkisi** ise küresel ısınmaya yol açmış ve bu da yeryüzünün sıcaklığını büyük ölçüde artırmıştır. Çevresel koşulların değişimine koşut olarak, çeşitli yaşam biçimlerinin filizlenmesine ve değişik yaşam formlarının yarışmasına, ortam hazırlamıştır. Bu ortamdaki değişim günümüzde de sürmektedir.

Bir taraftan kıtalarda flora ve faunanın evrimi kıtaların devinimini ve Yer'in iklimini etkilerken, öte yandan kıtaların birbirinden ayrılması ve yeniden eklenmesi ile ilgili ardışık olaylar, yeni ekolojik alanların oluşumuna ya da eski ekolojik ortamların değişmesine yol açmaktadır. Sonuç olarak, çeşitli etkinlikler sonucu ortaya çıkan sera gazlarının atmosferin belli bir düzeyinde artması ve yoğunlaşması, yeryüzünden (elektromanyetik dalgalar halinde) yansıyan ısı-radyasyonun uzaya yayılmasını önleyerek, bu ısının tekrar yeryüzüne yansımaya neden olmaktadır. Bu da küresel ısınmaya yol açmaktadır. Küresel ısınma, özellikle **kutuplardaki buzulların erimesi ve deniz düzeyinin yükselmesi, düzensiz yağışlar, kuraklık ve küresel salgınlar** gibi afetlere yol açmaktadır. Ülkemiz de küresel iklim değişikliğinden en çok etkilenen bir coğrafik alanda yer almaktadır. Dolayısıyla, uluslararası, ulusal, toplumsal ve de bireysel olarak herkesin kendi payına düşen sorumluluğu yerine getirme sorumluluğu vardır.

Anahtar sözcükler: Küresel iklim değişikliği, Yaşamın doğuşu ve gelişmesi, Küresel ısınma, İklim yaşam etkileşimi, Çevresel etkiler

ABSTRACT

Global climate change and its effects on life have been discussed for a long time. It is known that natural evolution and extinction of some species, which have been followed throughout the geological history of the Earth, occur under the control of natural environmental conditions. The use of fossil fuels as well as the pollutants produced by the volcanoes, are among the important causes of global warming. Therefore, it is useful to study the natural and human-induced activities that cause global warming. For example, **the artificial greenhouse effect** created by the greenhouse gases that emerged as a result of human activities in the phase following the great industrial revolution led to global warming and this activity greatly increased the temperature of the Earth. Parallel to the change in environmental conditions, it has prepared the environment for the sprouting of various life forms and also the competition of different life forms. Today, the change in this environment continues.

On the one hand, the evolution of flora and fauna in the continents affects the movement of the continents and the climate of the Earth, on the other hand, the successive events related to the separation and rejoining of the continents lead to the formation of new ecological areas or the change of old ecological environments. The increase and condensation of greenhouse gases resulting from various activities at a certain level of the atmosphere prevents the spread of heat-radiation reflected from the earth (as in the form of electromagnetic waves) to space. As a result, this heat-radiation reflects back to the earth and leads to global warming. Global warming causes disasters such as **melting of polar glaciers and rising sea level, irregular precipitation, drought and global epidemics**. Our country is also located in a geographical area that is most affected by global climate change. Therefore, internationally, nationally, socially and individually. everyone has the responsibility to fulfill their share of responsibility.

Key words: Global climate change, Birth and development of life, Global warming, Climate-life interaction, Environmental effects

GİRİŞ

İnsanlar, yaşamını sürdürmek için barınmaya, gıdaya, giyinmeye, ısınmaya ve eğlenmeye ilişkin gereksinimlerini karşılamak zorundadır. Bu gereksinimlerin karşılanması için çeşitli kaynakların kullanılması, dolayısıyla sanayide, tarım ve turizm gibi çeşitli alanlarda ekonomik faaliyetlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Her etkinliğin de çevre üzerinde etkileri mutlaka olacaktır. Örneğin, nüfus artışı ile birlikte, mal üretimi ve tüketimi giderek artmaktadır. Kaynakların işletilmesi ve kullanılması sırasında ortaya çıkan çeşitli türde atıklar toprağa, denizlere ve atmosfere verilmektedir. Genellikle toprağa katı atıklar, denizlere sıvı atıklar ve atmosfere ise gaz atıklar verilmektedir. Bu atıklar toprağı, denizleri ve havayı kirletmektedir. Kirlenen ortamlar, bu ortamları paylaşan tüm canlıların sağlığını etkilemektedir. Kirliliğin hızlı artmasının yanı sıra, kullanılan doğal hammaddelerde giderek azalmaktadır. Doğada özellikle sınırlı rezervleri olan kaynaklar, tükenme düzeyine inmiştir.

İşte böylesi bir ortamda, küresel iklim değişikliği ve bu değişimin yaşama etkileri en çok tartışılan konuların başında gelmektedir. Bu çerçevede, Yer'in jeolojik tarihi boyunca izlenen doğa kaynaklı evrim ve kimi türlerin yok olmaları, (özne sonrası virgül) tümüyle doğal çevre koşullarının denetiminde gerçekleştiği genel kabul görmektedir. Dolayısıyla, jeolojik verilerden yola çıkarak, günümüzde küresel soğuma iddiasında olan Sorokhtin ve diğerleri (2007)'nin çalışmaları ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Ayrıca RSHM ve ATİT (2000) gibi kurumsal yapıların ortaya koyduğu çevresel sorunları göz ardı etmeden, küresel ısınmayı bir sorun olarak kabul eden çalıştayların sonuçları ((JMO, 2019) değerlendirilmiştir. Ne var ki, günümüzde, başta iklim olmak üzere, tüm doğa, insan kaynaklı etkinlikler nedeniyle değişime uğramaktadır. Dolayısıyla, Yer'in bundan sonraki evriminde insan türünün yaratacağı yapay çevre koşullarının etkili olacağı kabul edilmelidir.

Dünya'mızın, 20. Yüzyıl'da tüm boyutlarıyla ortaya çıkan çevre sorunları, 21. yüzyılda giderek daha da büyüyecektir. Bu sorunların başında, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri; ortaya çıkan devasa atıkların yönetimi ve günümüzdeki ekosistemleri temsil eden biyo-çeşitliliğin giderek azalması gelmektedir. Bu bölümde, önce ağırlıklı olarak küresel iklim değişikliğinin jeolojik tarihi gözden geçirilecektir.

Günümüzdeki iklim değişikliğinin sonucu olarak kabul edilen küresel ısınmanın nedeni ise nüfus artışıyla birlikte, enerji gereksiniminin artması ve insanların bu alanda artan faaliyetleridir. Özellikle fosil yakıtların kullanılması, küresel ısınmanın başlıca nedeni olduğu tartışılmaktadır. Dolayısıyla, küresel ısınmaya yol açan doğa kaynaklı ve insan kaynaklı etkinlikleri birlikte tartışarak bir sonuca varmakta yarar vardır. Bu çerçevede, yaşamın kökeni ve evrimi, iklim değişiminin doğası, küresel iklim değişiminin Yerküre'ye ve ülkemize etkilerinin yanı sıra çeşitli sektörlerdeki yansımaları irdelendikten sonra, yaşamın ve çevrenin olası geleceği irdelenecektir.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPPC) Değerlendirme Raporları düzenli yayınlanmaktadır. Özellikle "İklim Değişikliği: Etkiler, Uyum ve Etkilenebilirlik" başlıklı yeni raporu, 2022 Şubat sonunda tamamlandı ve sonuçları "Politikacılar İçin Özet Raporu" olarak sunuldu. Raporda tüm doğal çevrenin iklim değişikliğinden köklü şekilde etkileneceği ileri sürülmekte ve **'İklim dayanaklı kalkınma'** öngörülmektedir (IPPC, 2022).

YER'İN İKLİMİNİN JEOLJİK TARİHİ

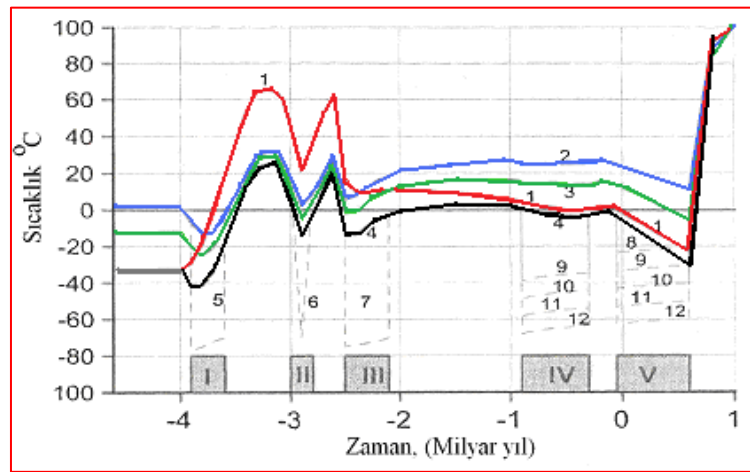
Yer'in iklimini etkileyen başlıca faktörler: 1- Kıtaların devinimi ve volkanik faaliyetler, 2- Güneş radyasyonu dalgalanmaları, 3- Yer'in yörüngesindeki değişimler, 4- Atmosferin bileşimi ve canlı yaşamın atmosfere etkileridir. İklimin etkileri deniz tabanına yakın yerlerde yaşayan organizmalara da yansımaktadır. Dolayısıyla paleontolojik kayıtlar kullanılarak sıcaklık değişimleri belirlenebilmektedir. Bu değişimler, fosillerin CaCO_3 'tan oluşan kabuklarındaki oksijen izotop oranlarından anlaşılabilir. Yani, jeolojik geçmişteki deniz suyu sıcaklığı ve hava sıcaklığı arasındaki ilişki, $\text{O}^{16}/\text{O}^{18}$ oranları incelenerek belirlenmektedir.

Örneğin hafif olan O^{16} izotopu kolay buharlaşıp yağışla kutuplara kar biçiminde düşer ya da okyanuslara boşalır. O^{18} izotopu ise ağır olup kolay buharlaşmaz. Dolayısıyla buzullar erirse (yani sıcak olursa) O^{18} izotopu azalır. Sonuç olarak $\text{O}^{16}/\text{O}^{18}$ oranı, sıcaklıktaki değişimleri yansıtmaktadır. Yer'in atmosferindeki ısı transferine ilişkin adiyabatik kuram (ısı ve kütle geçişine karşı tamamen yalıtılmış

ortam kuramı) çerçevesinde ve O^{16}/O^{18} oranları da gözetilerek çeşitli jeolojik dönemlerdeki sıcaklık değişimleri, dolayısıyla Yer'in iklimi tanımlanabilmektedir.

Eski buzul çağlarını irdelemek, bugünü anlamak için önemlidir. Sorokhtin ve diğerleri (2007) Yer'in ikliminin jeolojik tarihini irdelemişlerdir (Şekil 1). Buna göre, Erken Arkiyen'de oluşan en eski buzul çağına (Şekil 1, grup I) ilişkin jeolojik bir kayıt yoktur. Bu zamanda (3,9-3,7 milyar yıl önce) henüz olgunlaşmamış denizel havzalar ve gelecekteki kıtaların çekirdekleri Yer'in ekvatorial bölgesinde dar bir alanda yer almaktaydı. Dolayısıyla denizel havzaların, 3 ile 20 °C aralığında bir sıcaklığa sahip olduğu tahmin edilmektedir.

Bu dönemde, olasılıkla henüz olgunlaşmamış kıtaların en yüksek yerleri (olasılıkla 3-4 km yükseklikte) ekvatorial kuşakta yer almaktaydı. Bu gibi yerlerde iklimin sıcak olmasına karşın yüksek yerlerde sıcaklığın düşük olması nedeniyle buzullaşma olmuştur. Bu zamanda buzullar ortaya çıktıysa da bunlar yereldi ve yalnızca dağlarda oluşmuşlardı. Ancak, Yer yüzeyindeki suyun fazla olmaması nedeniyle bu buzullar uzun süre korunamamıştır.



Şekil 1. Yer'in tarihi boyunca buzul çağlarının evrimi:

1) Kutuplardaki okyanus sıcaklığı, 2) Ekvatorda kıta yüzeyinin ortalama sıcaklığı, 3) Kıtalardeki orta düzeydeki yüksekliğe bağlı ortalama sıcaklık, 4) Kutuplarda kıtaların ortalama yüzey sıcaklığı, (5)-(12) Buzul örtülerinin yüzeyindeki sıcaklıklar (kar örtüsünün beyazlık derecesi gözetilerek), (5) Erken Arkiyen'deki ekvatordaki kıtasal buzullaşmalar, (6)-(7) Orta enlemlerdeki yüksek dağlarda Orta Arkiyen ile Erken Proterozoyik zaman aralığındaki kıtalardeki buzulların sıcaklığı (8) Kutuplardaki okyanus yüzeyindeki sıcaklık (Kar örtüsünün beyazlık derecesi gözetilerek), (9)-(12) Kutuplarda sıra ile 1-2-3 ve 4 km yükseklikteki kıtasal buzulların sıcaklığı, I, Erken Arkiyen dönemindeki Ekvatordaki dağların yüksek kesimindeki kıtasal buzullar. II, Orta Arkiyen'de (2,9 milyar yıl önce) deniz yüzeyinden 6 km yükseklikte olan dağlardaki buzullar. III, Erken Proterozoyik döneminde (Huron) yaklaşık 3 km yükseklikteki dağlardaki buzullar. IV, Geç Rifiyen-Paleozoyik zamanında kutuplara yakın enlemlerdeki buzullar. V, Senozoik ve gelecekte kutuplara yakın enlemlerde denizel havzalarda ve kıtalardeki buzullar (Sorokhtin ve diğerleri, 2007).

Orta Arkiyen buzullaşması 2,9 milyar yıl önce oluşmuş ve ekvatora yakın orta ve alt enlemlerde gelişmiştir (Şekil 1, grup II). Bu dönemde Yer'in tektonik etkinliği 40-50°'lik enlemlerde meydana gelmiş ve henüz olgunlaşmamış kıtasal kalkanlar da bu enlemlere doğru hareket etmiştir. Buna ek olarak kıtaların yüzeyi kimi yerlerde 5,5-6 km'lik yüksekliğe ulaşmıştır. Orta Arkiyen döneminde denizel havzalarda su miktarı önemli ölçüde artmış su sıcaklığı ise 30-40°C'ye kadar yükselmiştir. Bu durum buharlaştırmayı kolaylaştırmıştır. Dolayısıyla Orta Arkiyen döneminin Alpin buzullaşmalarını jeolojik kayıtlarda belirlediği gibi küçük buzulların oluşumu eşlik etmiştir.

Erken Proterozoyik'te derinliği 1 km'yi geçmeyen büyük, ancak derin olmayan okyanuslar oluşmuştur (Sorokhtin ve Ushakov, 2002). Kıtalar ise ortalama 2 km kadar yükselmiştir (Sorokhtin ve Sorokhtin, 2002). Bu III. Grup buzullaşma (Huron Çağı buzulu) orta enlemlerde gerçekleşmiştir (Şekil

1). İlk süper kıta Monogea'nın parçalanmasından sonra (bu kıtanın parçalarının tüm yer yüzeyine dağıldığı dönemde) III. Grup buzullaşma döneminin ortasında ve sonunda (2,4-2,1 milyar yıl önce) buz örtüleri çeşitli kıtasal kalkanlarda oluşmaya başlamış ve buzullar genellikle kutuplara yakın enlemlerde gelişmiştir. Bu döneme ait buz örtüleri 4 kıta'da tanımlanmıştır; 1) Kuzey Amerika'da (Huroniyen sisteminde), 2) Avrupa'da Baltık kalkanında, 3) Güney Afrika'da (Transvaal Formasyonu'nda), 4) Batı Avusturalya'da (Tury formasyonu'nda). Bunların tümünün buzullaşma yaşı 2,4-2,2 milyar yıl arasındadır (Chumakov, 2001).

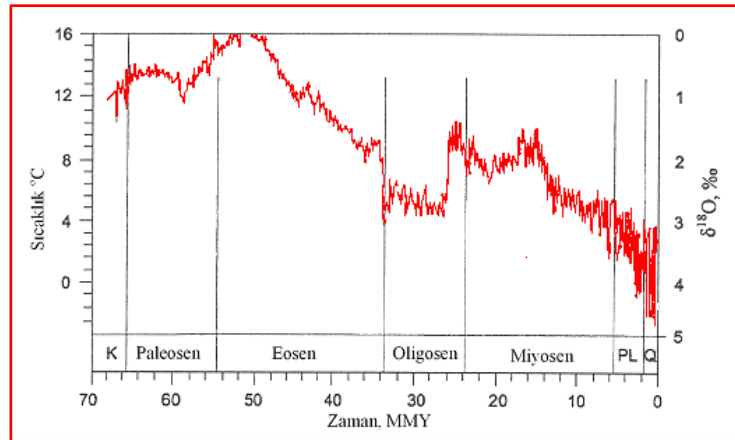
Sonuç olarak, Prekambriyen'de, Günümüz'den daha soğuk üç buzullaşma dönemi yaşanmıştır. Ancak, olasılıkla yeryüzündeki suyun fazla olmaması nedeniyle bu buzullar uzun süre korunamamıştır. Ayrıca, yukarıda Şekil 1'de görüldüğü gibi 2—1 2-1 milyar yıl zaman aralığında kıtalarda 0°C'nin altında yıllık sıcaklık ortalamaları görülmemektedir. Yani, bu dönemde kıtalarda buzullaşmalar oluşmamış olabilir.

Prekambriyen sonu ve Paleozoyik başında Yer'in ikliminde önemli ölçüde gelişen soğuma nedeniyle 4.cü Grup buzullaşma oluşmuştur. Bu sırada Baykaliyen orojenezi oluşmuş ve canlı yaşamda önemli bir yok olma dönemi yaşanmıştır (Şekil 1). Kıtalarda 0°C'nin altında yıllık duraylı sıcaklıklar kutup bölgelerinde gerçekleşmiş ve bu bölgelerde büyük buz örtüleri oluşmuştur. Kar kaplı bölgeler belirgin bir alana yayıldığı dönemde karın beyazlık derecesine göre sıcaklığın -40°C ve -60°C'ye düşmüş olması gerekir. Geç Rifeniyen ve Paleozoik'te Kuzey kutupta benzer bir yapı oluşmuştur. Çünkü okyanusların kutup bölgelerdeki sıcaklık 0°C'ye yakındı, hatta biraz daha üstündeydi.

Paleozoyik sırasında ise iklimde bir ısınma dönemi egemen olmuştur. Bu zamanda karasal bitkilerin ve planktonların biyolojik oksijen üretmesi yeryüzündeki yaşamın ileri düzeyde gelişmesini kolaylaştırmıştır. Paleozoyik sonuna doğru Hersiniyen orojenezi oluşmuş ve yaşam büyük ölçüde yeniden yok olmuştur.

Mezozoyik sırasında, özellikle Jura- Erken Kretase döneminde önemli okyanusal havzalar oluşmuş ve buna bağlı olarak sıcaklık artmıştır. Bu süreçte sıcaklık maksimum düzeye erişerek çiçekli bitkilerin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Geç Kretase sırasında ise yay magmatizması egemen olmuş, bu magmatizmanın ürünü kirlilik de yaşamı olumsuz yönde etkilemiştir. Mezozoyik'in sonuna doğru Kimmeriyen orojenezi gelişmiş ve yaşam, yüksek sıcaklık nedeniyle, büyük ölçüde yok olmuştur.

Senozoyik sırasında yaşam yeniden canlanmış, ancak yaklaşık 35 milyon yıl önce (Oligosen'de) son büyük buzul çağı (V. Grup) oluşmuştur (Şekil 1 ve 2). Oligosen- Orta Miyosen'de yeryüzü geniş buzullarla kaplanmıştır. Senozoik sırasında okyanus tabanındaki sıcaklığın giderek azalması, sıcaklık, oksijen izotop oranlarındaki bentonik faunanın kalıntıları incelenerek belirlenmiştir. Bu dönem, önemli kıtasal parçaların (fragmanların) çarpıştığı Alpin dağ oluşumuna ait bir dönemi karakterize etmektedir.

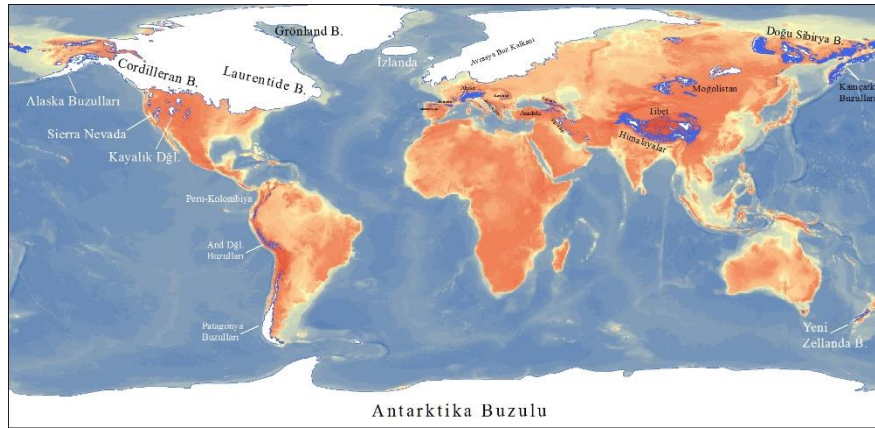


Şekil 2. Senozoik-Kuvaterner aralığında sıcaklık değişimi (Zachos ve diğerleri, 2001; (Sorokhtin ve diğerleri, 2007'den).

Pleyistosen'de yaklaşık 100-120 bin yıllık sürelerle 8-10°C'lik yavaş ve düzenli soğuma ve ısınma dönemleri görülmektedir. Son kalın buz örtülerinin oluşumundan sonra, yalnızca son birkaç bin yıl içinde yeryüzündeki sıcaklık artmış ve bu sırada buzullar büyük ölçüde çözülmüştür. Sonuç olarak, Yer'in jeolojik tarihine bakıldığında, geçmişte, günümüzden çok daha sıcak ve çok daha soğuk dönemlerin yaşandığı ve sıcak ile soğuk dönemlerin birbiriyle ardışık ve bunun nedenlerinin de yukarıda sunulan doğa kaynaklı süreçler olduğu açıkça görülmektedir.

Ehler ve diğerleri (2011) ise bu evreleri, sırasıyla, Huronian, Cryogenian, Geç Ordovisyan, Geç Karbonifer (Karoo) ve son olarak da Kuvaterner dönemlerinde gerçekleştiğini ileri sürmektedir. Buna göre, Kriyojen buzullaşması da Prekambriyen'in sonlarına doğru 800 ile 630 milyon yıl öncesinde oluşmuştur. Kartopu Dünya olarak da bilinen bu dönemde yerkürenin, ekvatorlar da dahil olmak üzere, tamamen buzul örtüleri ile kaplandığı ve sıcaklıkların ortalama -20°C'lere kadar düştüğü tahmin edilmektedir (Hoffman ve diğerleri, 1998). Bu konuda karşıt görüşler olmasına karşın eldeki bazı veriler, zaman içinde gerçekleşen volkanik patlamalarının atmosfere bıraktığı CO₂ (karbon dioksit) gazının oluşturduğu sera etkisi nedeni ile buzulların eriyerek yeryüzünün günümüz koşullarına benzer iklimlere geri döndüğünü göstermektedir. Buzullaşmanın hemen ardından "Kambriyen Patlaması" olarak bilinen, canlıların çok hızlı bir şekilde çeşitlenmesi ve evrimleşmesi gerçekleşmiştir (Sarıkaya, 2019).

Genel olarak soğumayla karakterize olan yerkürenin son 2,58 bin yıllık Kuvaterner döneminde buzul devirlerinin etkileri son 900 bin yılda giderek artmıştır. Önceleri 41 bin yıllık, daha sonraları ise 100 bin yıllık döngüler şeklinde izlenen buzul dönemlerinin Kuvaterner süresince toplam 21 kez tekrarlandığı hesaplanmıştır (Oerlemans, 2005). Dünya'nın güneş ve kendi etrafında dönmesi sırasında gerçekleşen ve Milankovitch döngüleri olarak tanımlanan bu değişimler sırasında buzulların belirli aralıklarla maksimum düzeylerine ulaşması ile buzul dönemleri, oransal olarak daha sıcak dönemlerde geri çekilmeleri ile de ara buzul dönemleri oluşmaktadır. En son buzul maksimumu yaklaşık 21 bin yıl önce yaşanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Son buzul maksimumu, buzullarının dünya yüzeyinde dağılımı (Ehler ve diğerleri, 2011; Sarıkaya, 2019'dan).

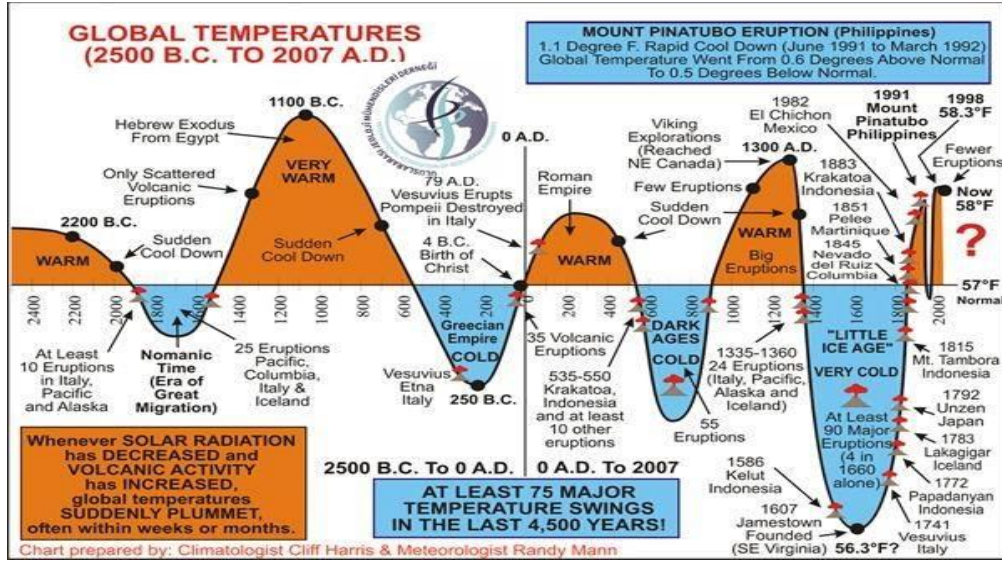
Holosen olarak bilinen, yaklaşık son 11 bin yıldır bir buzul arası döneminden geçen dünyada hala bir önceki buzul dönemine ait kıta buzullarının kalıntıları (Antarktika ve Grönland) bulunmaktadır. Bazı buzul dönemlerinde kısa süreli (birkaç yüzyıl) ılıman ara dönemler, buzul arası ılıman ara dönemlerde ise oransal olarak daha soğuk ara dönemler de oluşabilmektedir.

Kuvaterner Buzullaşması, Antarktika ve Grönland'da 3 km'yi bulan kalıcı buzul örtüleri ile Kuzey Avrupa ve Kuzey Amerika'da benzer kalınlıklardaki buzul örtüleriyle tipiktir. Bu dönemde, diğer buzul dönemlerine benzer şekilde, suların kara buzullarında toplanmasının sonucu olarak, yaklaşık 21 bin yıl önce oluşan Son Buzul Maksimum'da deniz seviyesinin küresel ölçekte 120 m kadar düştüğü kestirilmektedir (Hughes ve Woodward, 2008). Altı bin yıl kadar önce, buzulların erimesiyle, deniz seviyesi çok hızlı bir şekilde bugünkü konumuna yakın bir düzeye erişmiştir. Gözlenen diğer morfolojik

değişimler ise çukur alanların göller tarafından doldurulması, nehirlerin akışlarının değişime uğraması ve buzul örtüsünün kalkması ile azalan basınç sonucu karaların yükselmesidir (Sarıkaya, 2019'dan).

Geç Holosen içerisinde Küçük Buzul Çağı olarak adlandırılan kısa süreli bir ara soğuk dönem daha oluşmuştur. 1550-1850 yılları arasında 300 yıl kadar devam eden bu soğuk dönem içerisinde, kutup bölgelerinde örtü buzulları ilerlemiş, dağlık bölgelerde ise vadi buzulları daha alçak bölgelere kadar inmişlerdir (Lamb, 1972; Sarıkaya, 2019'dan). Buraya kadar yaşanan iklim değişiklikleri, doğa kaynaklı Yer süreçlerinin denetiminde yaşanmıştır. Bir bakıma jeolojik tarih boyunca oluşan doğa kaynaklı iklim değişiklikleri, bundan sonra yerini doğa kaynaklı ve ağırlıklı olarak insan kaynaklı faaliyetler nedeniyle oluşan iklim değişikliklerine bırakmış bulunmaktadır.

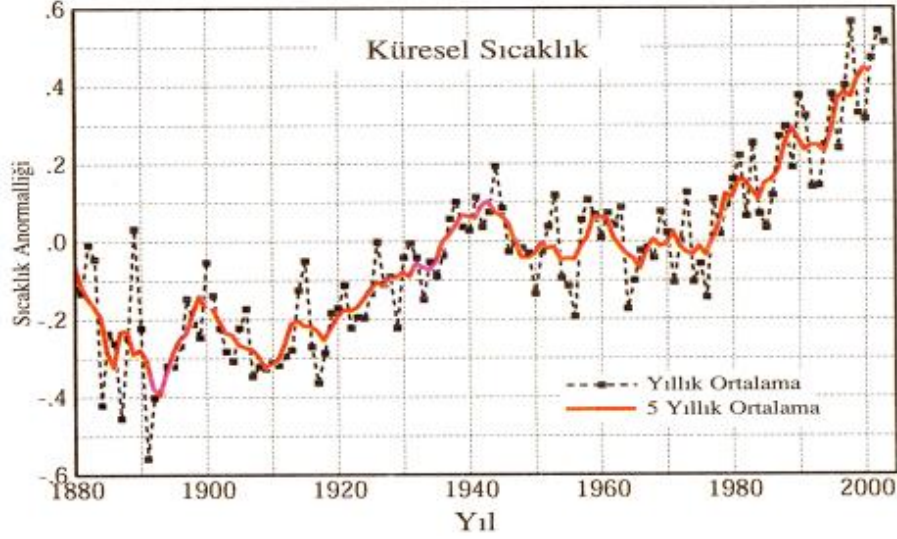
Şekil 4'de ise, M.Ö.2500 yılı ile M.S.2007 yılı arasındaki küresel sıcaklık salınımları görülmektedir. Buna göre, güneş radyasyonunun azaldığı ve volkanik etkinliğin arttığı dönemlerde sıcaklıklar aniden düşmektedir.



Şekil 4. M.Ö.2500 yılı ile M.S.2007 yılı arasındaki küresel sıcaklık salınımları

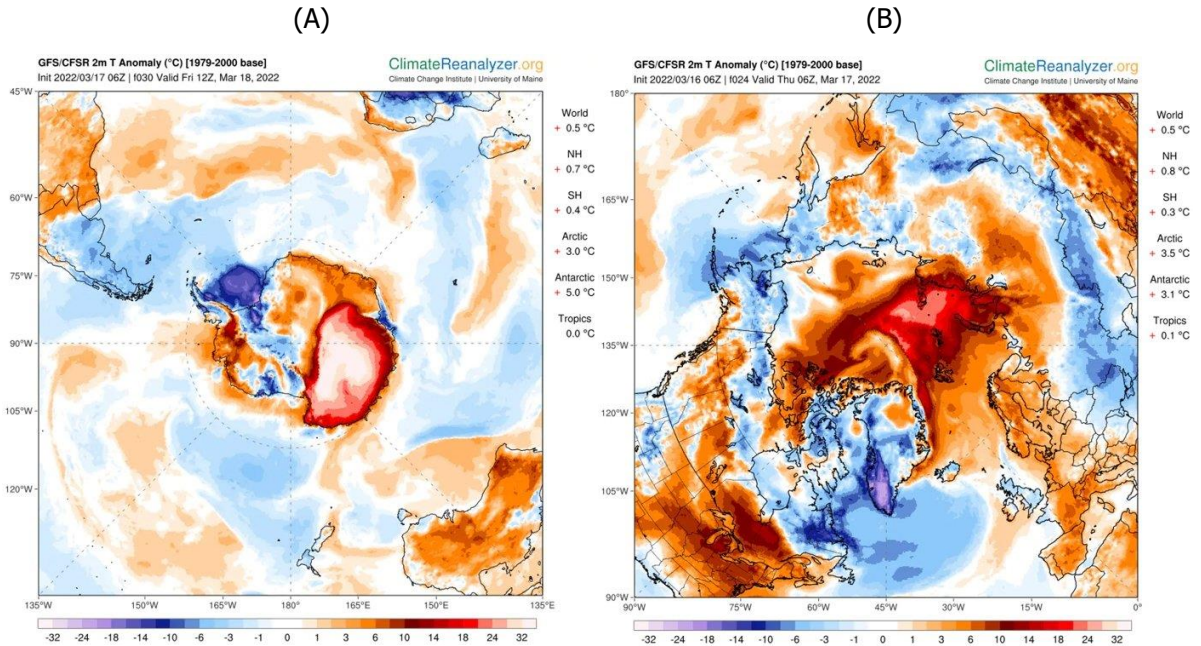
(<https://www.nativevillage.org/Messages%20from%20the%20People/Global%20Temperatures.htm>).

Büyük sanayi devrimini izleyen evrede, insani faaliyetler sonucu ortaya çıkan sera gazlarının yarattığı **yapay sera etkisi** ise küresel ısınmaya yol açmış ve bu da yeryüzünün sıcaklığını büyük ölçüde artırmıştır. Şekil 5'te sanayi devriminden itibaren sıcaklık artışı açıkça görülmektedir. Buna göre yapılan modeller, 21. yüzyılda Dünya ortalama sıcaklığının 1,5 ile 6 °C arasında, belki daha da fazla artacağını göstermektedir. Sıcaklıkta meydana gelebilecek birkaç derecelik bir artış bile, yeryüzü ikliminin bugünkünden çok farklı olmasına yol açacaktır. Örneğin sıcaklığın artmasıyla kutuplardaki buzlar eriyecek ve buna bağlı olarak deniz düzeyi yükselecektir. Sahillerdeki güzel plajlar, denize bağlı küçük göller, kıyılardaki tarım alanları ve mercan resifleri sular altında kalıp kaybolacaktır. Yüksek yerlerde kar yağışları azalacak, yağmurlar ise artacak, sonuçta atmosferik kökenli doğa kaynaklı afetler daha yoğun olarak oluşacaktır.



Şekil 5. Sanayi devrimiyle birlikte oluşan küresel ortalama sıcaklık değişikliği
(<https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=19>; 30 Temmuz 2019, saat 10.55).

Günümüze dair değişiklikler de sorgulanmaktadır. Örneğin, Şekil 6A, Güney kutbunda (Antarktika'da) 2022 yılı 18 Mart günü Yer yüzeyinin 2 m üzerinde +5 °C ve Şekil 6B, Kuzey Kutbunda (Arktik'te) 2022 yılı 17 Mart günü aynı değerin +3,5 °C yer ısı ölçüldüğünü saptanmış bulunmaktadır. Bu değerlerin olağan değerlerin çok üzerinde olduğunu açıklar. Ancak söz konusu değerlerin birbiriyle ilişkili olup olmadıkları henüz bilinmemektedir. Eğer rastlantı değilse, bunun da nedeni iklim değişikliği ile ilgili olabilir.



Şekil 6. Güney kutbunda (Antarktika'da) (A) ve Kuzey Kutbunda (Arktik'te) (B) 2022 yılı 17 ve 18 Mart görünümleri

https://www.sciencealert.com/record-smashing-heatwaves-are-hitting-antarctica-and-the-arctic-at-the-same-time?utm_source=ScienceAlert+-+Daily+Email+Updates&utm_campaign=1b1737cb58-MAILCHIMP_EMAIL_CAMPAIGN&utm_medium=email&utm_term=0_fe5632fb09-1b1737cb58-366039650 (23 MARCH 2022).

YAŞAMIN KÖKENİ VE EVRİMİ

İlkel Yer, yaşamın olmadığı bir gezegenin inorganik malzemelerinden oluşmaktaydı. Bu malzemeler, Güneş Sistemi'nin oluşumundan önce meydana gelmiş büyük yıldızların, yaşamlarını

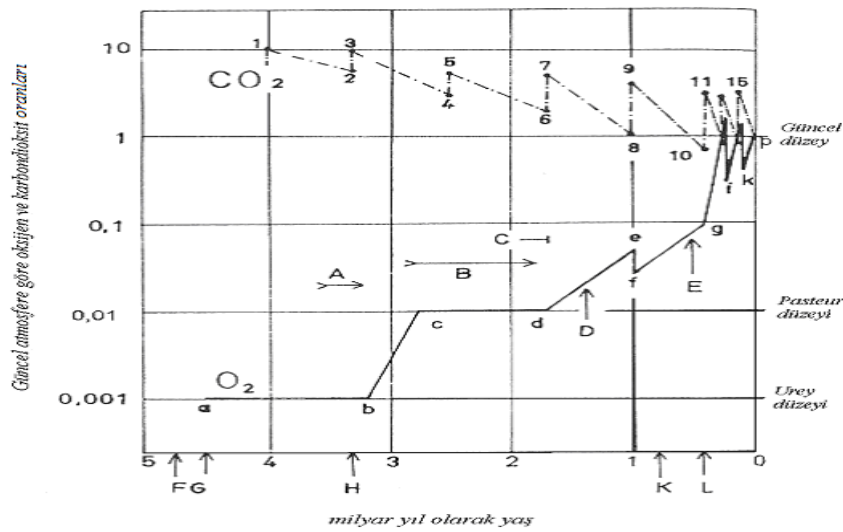
tamamlayarak, süpernova şeklinde patlamaları sonucunda uzaya saçtıkları element ve radyasyonlardan oluşan bulutsuların (nebulalar) içerdikleri malzemelerdir. Ayrıca Yer'in ilk evrelerinde ne yoğun bir atmosfer ne de hidrosfer vardı. Bu ilk evrede, Yer'in inorganik malzemesi büyük ölçüde buharlaşma ile fakirleşmiştir azalmıştır.

Yer, ilk evrede Güneş'in yoğun radyasyonunun etkisi altındaydı. Bu yoğun radyasyonun sonucu (çoğunlukla proton ve nükleer helyumdan oluşan) olarak, Yer'e ait inorganik malzemeden yer yüzeyindeki gazlar türemiştir. Güneş'in parlaklığı, 4,6 milyar yıl önce bu günkü yaklaşık %25-30'u kadardı. Bu nedenle radyasyon, da günümüzdeki radyasyon düzeyinden çok daha düşük bir düzeydeydi. Başlangıçta azot içeren atmosferin bileşimi, Yer yüzeyine düşen gök cisimlerinin çıkardığı gazlar sonucunda değişmiştir. Ayrıca, Yer yüzeyinin bir kenarı çok soğuk iken, diğer tarafı yoğun kozmik bir radyasyonun etkisi altındaydı.

Yer'e ait gaz çıkışlarının ilk evresinde, karbon dioksit günümüzdekinden en az 10 kat fazla, Oksijen ise sembolik düzeyde (günümüzdekinin %0.001 düzeyinde) idi. Zaman içinde bu oranlar değişmiştir (Şekil 6). Bu ilk evreyi izleyen aşamada, suyun büyük bir bölümü ve organik birleşikler Yer'in ilk oluşumunda meydana gelen kayalar (Regolitler) tarafından soğurulmuştur. Yer'in ilk gereçlerinde, demir oranının yüksek olması nedeniyle manto gözenekli regolitler de oluşmaya başlamış ve olasılıkla regolitler, Yer'in atmosferde yaşamın oluşması için uygun bir bileşime ulaşmıştır (Galimov, 2001). Regolitlerde soğurulma kapasitesi ve yüksek düzeydeki gözeneklilik karmaşık organik bileşiklerin oluşumu ve yaşamın ortaya çıkışı için uygun koşullar yaratmıştır. Olasılıkla yaşam, ilk regolitlerin küçük gözeneklerinde başlamıştır. Bu gözenekler de gazlar ve minerallermiş su ile doluydu (Sorokhtin ve Ushakov, 1991).

Yaşamın kökeni

Yer'e ait gaz çıkışlarının ilk evresinde, karbon dioksit günümüzdekinden en az 10 kat fazla, Oksijen ise sembolik düzeyde (günümüzdekinin %0.001 düzeyinde) idi. Zaman içinde bu oranlar değişmiştir (Şekil 7). Bu ilk evreyi izleyen aşamada, suyun büyük bir bölümü ve organik birleşikler Yer'in ilk oluşumunda meydana gelen kayalar (Regolitler) tarafından soğurulmuştur. Yer'in ilk gereçlerinde, demir oranının yüksek olması nedeniyle manto gözenekli regolitler de oluşmaya başlamış ve olasılıkla regolitler, Yer'in atmosferde yaşamın oluşması için uygun bir bileşime ulaşmıştır (Galimov, 2001). Regolitlerde soğurulma kapasitesi ve yüksek düzeydeki gözeneklilik karmaşık organik bileşiklerin oluşumu ve yaşamın ortaya çıkışı için uygun koşullar yaratmıştır. Olasılıkla yaşam, ilk regolitlerin küçük gözeneklerinde başlamıştır. Bu gözenekler de gazlar ve minerallermiş su ile doluydu (Sorokhtin ve Ushakov, 1991).



Şekil 7. Atmosferdeki O₂ ve CO₂ nin jeolojik zamanlar boyunca değişimi D: İlk kırmızı (Dala kumtaşı) katmanları (Rutten, 1971; Ketin, 1977'den).

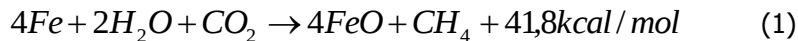
İlk hidrokarbon birleşikler, karbon dioksitin var olduğu bir ortamda, demir içeren ultrabazik kayaların hidratasyonu sonucunda oluşmuştur. Nitrat, Nitrit, Amonyak, Amonyum Sülfat, Kloratlar ve diğer karbon-azot birleşikleri, Erken Arkiyen zamanında karbon dioksitin ve azotun egemen olduğu atmosferde yoğun yıldırımların denetiminde oluşmuştur. Fosfor birleşikleri, ilk regolitlere doğrudan sıvı olarak girmiştir. Arkiyen zamanının başlangıcında yüksek atmosferik sıcaklıklarda karmaşık organik birleşiklerin oluşması için gerekli olan koşullar, regolitlerde var olan serbest ve yer değiştirebilir katyonların (Fe, Ni, Cr, Co vb.) katalitik etkisi ve gözenekli regolitlerin kılcallarındaki sıvıların yarattığı basınçla sağlanmıştır. Yaşam için hücre zarı önemlidir. Bazı araştırmalara göre regolitlerdeki boşlukların çevresi, hücre zarı yerini tutmuş ve hücreyi korumuştur.

Gözenekli regolitlerde ilk organik karmaşık moleküllerinin oluşumu, regolitlerin küçük gözeneklerindeki yüksek basınç ve soğurma kapasitesi ile gerçekleşmiştir. Karmaşık organik moleküllerin derişimi, daha sonra karmaşık organik birleşiklerin sentezi için yeterli bir düzeye ulaşmıştır. Okyanusal havzalardaki bu organik birleşikler, başlangıçta oldukça sulu karakterde idi.

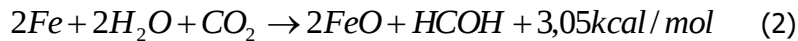
Böylece, Yer yüzeyindeki oluşan yaşamın organik hammaddesi; azot, karbondioksit ve metanın yer aldığı atmosferde, Erken Arkiyen zamanında (4-3,9 milyar yıl önce) Yer'in ilk oluşan volkanik küllerinden doğmuştur. Yer'de yaşamın ortaya çıkışı ise, Yer'in tarihinde ilk tektonik ve jeokimyasal süreçlerle birlikte ortaya çıkmıştır. Bu da Yer'in çekirdeğinin ilk olduğu evrede (kimyasal-yer çekiminden ileri gelen başkalaşım sonucu) hidrosferin oluşumuna yol açmış ve bu da yoğun bir atmosferin ve kıtasal bir yer kabuğunun oluşumuna zemin hazırlamıştır. Yer'in tektono-manyetik etkinliğinin başlangıcı ile Ay'da bazaltik mağmatizmanın (bazalt denizlerinin oluşumu) başlamasının bire bir denk gelmesi ilginçtir.

Günümüzde, inorganik birleşiklerden karmaşık organik moleküllerin elektrik boşalımlarıyla ortaya çıkan sıcaklığa bağlı olarak yapay olarak sentezlenmesi olasıdır (Oparin, 1957; Oro, 1965, 1966). Galimov (2001), yaşamın kökeninin enerji yüklü kimyasal reaksiyonlarla ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu reaksiyonlar, adenosin-tri-fosfat (ATP) katılımı ile devam etmiştir. Bu sentezleme işlemi, Yer'in ilk olduğu evrelerde meydana gelmiştir. ATP'nin oluşumu, adeninin (Siyanik asit polimerizasyonun üretimi- HNC) ve ribozun (formaldehitin polimerizasyonu HCOH) birleşimi ile gerçekleşir. Galimov (2001)'e göre ATP'nin sentezi, Yer'de yaşamın ortaya çıkışı ve gelişmesinde gereklidir.

Yapılan modellere göre, ATP sentezi için ilk birleşikler doğal bir şekilde de oluşabilir. Arkiyen zamanının başlangıcında, Yer, ilkel makro gözenekli regolitlerle örtülüydü. Bu regolitler, %14 serbest (metalik) demir içermekteydi. Yer'e ait ilk gazların ortaya çıkışından sonra (4 milyar yıl önce) regolitler ilk yağışlarla su ve çözünmüş karbon dioksit açısından doygunluğa ulaşmıştır. Sonuç olarak bol oranda CH₄ oluşmuştur.



Metan atmosfere katıldıktan sonra, atmosferde, ilk karbondioksit-azot-metan karışımı da oluşmuştur. Formaldehit ise, aşağıdaki reaksiyona göre oluşmuştur.



Formaldehit suda çözünmüş olarak katılmış ve regolitlerle belli bir doygunluğa ulaşmış ve daha sonra yağmur sularıyla yıkanarak küçük denizel havzalara akmıştır. Ayrıca, metanın atmosfere katılması, yaşam için iyi bir ortamın oluşması ile sonuçlanmıştır. Metan açısından zengin atmosfer Erken Arkiyen zamanında aşağıdaki reaksiyona göre atmosferik kökenli elektriksel boşalımlar nedeniyle hidrojen siyanatın oluşumuna neden olmuştur.



Q, reaksiyona katılan elektrik enerjisini temsil etmektedir.

Böylece Arkiyen zamanının başlangıcında ilk kimyasal organik birleşiklerin oluşumuna yol açan koşullar meydana gelmiştir. Daha sonra, bu da daha karmaşık organik birleşiklerin ve prebiyolojik bileşiklerin oluşumuna yol açmıştır. Karmaşık organik moleküllerin ya da ilk (RNA içeren) birleşiklerin en basit toplulukları, Erken Arkiyen zamanında ilk denizel havzalarda su ile taşınmıştır. Yer'e ait ilk gazların ortaya çıkışı ve atmosferinin gelişimi sürecinde Yer'e ait potansiyel enerji Metan'ın fotodisiasyonu nedeniyle dereceli olarak azalmıştır.



Sonuç olarak atmosferde azot-karbondiyoksit-metan katılımı ile oluşan dissiasyon sürekli olarak devam etmiştir. Metan bileşikleri, Arkiyen'deki ilk mikroorganizmaların evrimleşmesini sağlamıştır. Daha ileri düzeyde bir yaşamın ortaya çıkışı, yüksek enerji ve düşük entropi reaksiyonlarının olduğu hallerde gerçekleşmiştir (Galimov, 2001), Bu da, yaşamın gelişmesinde geçerli olan biyolojik yasalara göre, çeşitli yaşam biçimleri için gerekli basınç ve çevresel "filtreleme" etkisi altında ve değişik yaşam formlarının yarışmasına, ortam hazırlamıştır.

Yer'deki yaşamın ortaya çıkışı aşağıdaki faktörlerin ortak etkisiyle açıklanabilir: (1) Yer'e ait ilk gereçlerin bileşimi, (2) Regolitlerde mikro gözeneklerin varlığı, (3) Metanın yoğun olduğu atmosferik bileşim, (4) Erken Arkiyen zamanının başlangıcında ilkel denizel havzaların orta derecedeki sıcaklık. Bu faktörlerin güdümünde, abiyojenik kökenli (yaşamın canlı olmayandan gelişmesi) birleşiklerin ilk oluşumundan sonra, ilk virüsler de ortaya çıkmıştır. Bu da ilk RNA oluşumu için gerekli olan gereçlerin yardımıyla olmuştur.

İlk aminoasitlerin sentezi, olasılıkla ilk tek hücreli formlardaki bakterilerde ortaya çıkmıştır. Daha sonra Yer'in iç kısımlarında gazların yoğun biçimde çıkması nedeniyle Atmosferdeki karbondiyoksit oranı hızlı olarak artmıştır. Olasılıkla bu durum Arkiyen sürecinde yaşamın evrimleşmesinde bir gecikmeye yol açmıştır. En ilkel termofilik (yüksek sıcaklıklarda yaşayabilen) ve prokaryotik (zara çevrili organelleri olmayan basit ve ilkel) bakteri formu (kargofilik (?) ve siderofilik (demirli ortamlarda çoğalabilen) arkeobakteriler) egemen olmuştur. Kimyasal reaksiyonlar (okyanus ortası sırtlarındaki hidrotermal kaynakların termofilik bakteriler tarafından gerçekleşen reaksiyonlara benzer) prokaryotik bakteriler tarafından kullanılan enerji sağlanmıştır.

Olasılıkla en ilkel virüsler ve tek hücreli organizmalar olan prokaryotlar Erken Arkiyen'de ortaya çıkmıştır. Bu organizmalar bir çekirdeğe sahip değildi. Ancak, söz konusu organizmalar, çevresel koşullardan koruyan yarı geçirgen bir zara sahiptiler. Daha sonra fotosentez yapan tek-hücreli mikroorganizmalar oluşmuştur. Bu organizmalar demiri oksitlemiştir. Erken Arkiyen zamanında (3,75 milyar yıl önce), kayalarda demir içeren oluşukların ortaya çıktığı kanıtlanmıştır. Bu kayalar 3 değerlikli demir oksitleri içermekteydi (Batı Greenland Isua formasyonu).

Yer'deki gazların ortaya çıkışı, Prearkiyen ile Arkiyen arasındaki sınırda başlamış ve bu da Arkiyen süresince görece olarak yoğun ve giderek azalan karbondiyoksit-azot içeren bir atmosferin oluşumuna yol açmıştır. Bu sürede ilk volkanlar, manyetik alanların farklılaşmasıyla meydana gelmiş ve ilk sığ denizel havzalar oluşmuştur. Arkiyen zamanının sonundan beri bu sığ denizel havzalar Dünya'da tek bir okyanusun oluşumunu sağlamıştır. Arkiyen'de yüksek atmosferik basınç nedeniyle (2-6 atm) okyanus sularında ve atmosferin Yer'e yakın düzeylerinde ortalama sıcaklık 60-80°C'ye kadar yükselmiştir.

Yaşamın Evrimi

Arkiyen zamanında (yaklaşık 3,6-3,5 milyar yıl önce) yaşam için uygun olmayan koşullara rağmen stromatolitler oluşmaya başlamıştır. Güney Afrika'daki Onverwaht dizilerinde (3,5-3,3 milyar yıl önce) stromatolitler volkanojenik kökenli çökel katmanların arasında ince düzeyler halinde oluşmuştur (Semikhatov ve diğerleri, 1999). **Orta Arkiyen sırasında, daha önce oluşan formlar değişen çevresel koşullar nedeniyle çeşitlenmiş ve Güney Afrika'da yaşam ağacının alt yapısını oluşturmuştur.** Aynı dönemde mavi bakterilerde olasılıkla ortaya çıkmıştır. Mavi bakteriler az oranda da olsa oksijenin oluşturmaya başlamıştır. Böylece Arkiyen sırasında oksijen giderek artmıştır. Oksijen artışı, mantodaki serbest demirin varlığıyla kolaylaşmıştır.

Geç Arkiyen zamanında (2,8 milyar yıl önce), Yer'in hidrosferindeki su önemli ölçüde artmış ve küçük denizel havzalar birbirine eklenerek tek bir dünya okyanusunun oluşumuna yol açmıştır. Okyanus ortası sırtların ilk olduğu evre de bu dönemdedir. Yaklaşık aynı dönemde Yer'in çekirdeğinin oluşumu nedeniyle serbest demir ve demiri içeren silikatlar (fayalitler) okyanusal kabuğa girmeye başlamıştır. Sonuç olarak abiyojenik (canlı yaşama bağlı olmayan) metanın oluşumu artmış ve bu da Arkiyen sonunda stromatolitik çökellerin artışına yol açmıştır. Buna göre oksijenin tüketimi bir miktar artmış ve bu da atmosferdeki kısmi basıncın azalmasına neden olmuştur. Cruosity Rover'ın Mars'ta bulunduğu metanın oluşumu ile ilgili iki varsayım vardır. Bunlardan biri, serpantinleşme sonucu abiyojenez olarak metanın oluşmasıdır. Diğeri ise yüzeyin altında yaşayan mikroorganizmaların oluşturduğu biyojenik metandır.

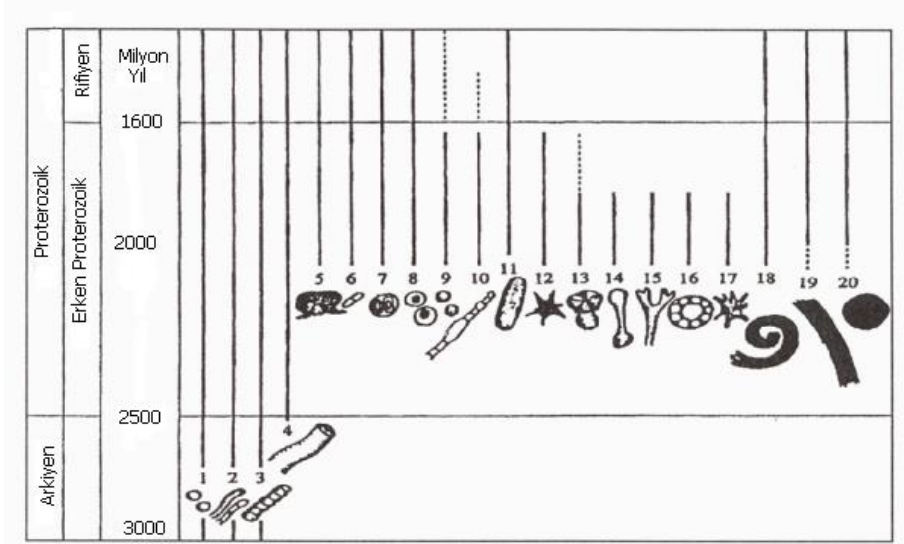
Yer kabuğunda atmosferik karbondioksitin bağlanmasından sonra (Erken Proterozoyik zamanda 2,5-2,4 milyar yıl önce) Yer'in atmosferi, azotun diğer gazlara az oranda katılmasıyla gelişmiştir. Aynı zamanda yeryüzü sıcaklığı önemli ölçüde azalmıştır. Arkiyen ve Proterozoyik zamanlar arasındaki sınırda çevrede meydana gelen önemli değişimler, bu dönemde tüm biyotopları etkilemiştir. Dolayısıyla tek hücreli ökaryotik organizmaların (insanlar dâhil, hayvanlar, bitkiler, karmaşık ve büyük, zarla çevrili çekirdek ve organelleri bulunan canlıların) yeni biçimleri ortaya çıkarmıştır. Olasılıkla bu organizmalar, daha ilkel prokaryotik bakterilerin ortak yaşamının sonucu olarak gelişmiştir.

Ökaryotlar Güneş enerjisini kullanarak oksijen üretmişlerdir. Bu zamanda mikro algler ortaya çıkmış ve yaşam ağacı boy vermeye başlamıştır. Okyanusal biyotadaki (okyanuslardaki bitki ve hayvan yaşamının bütünü) değişimler Erken Proterozoyik zamanın başlangıcında oluşmuş ve bu da fotosentez yapan mikroorganizmaların ortaya çıkışına zemin hazırlamıştır. Aynı zamanda mavi algler üremiş ve stromatolitlerin gelişmesi önemli ölçüde hızlanmıştır (Semikhatov ve diğerleri, 1999). Ayrıca demir cevherinin yoğun biçimde ortaya çıkması ile abiyojenik mantonun yoğun oluşumu kesintiye uğramıştır.

Erken Proterozoyik zamanının başlangıcında Yer'in tektonik etkinliğinde belirgin bir azalma olması dolayısıyla okyanusal hendekler (yitim zonları) derinleşmiş ve deniz yüzeyi alçalmıştır. Bunun sonucu olarak da demirin hidrosferdeki akışı (ve demir cevherinin yığılması) azalmıştır. Bu da 2,5 milyar yıl önce oksijenin kısmi basıncında dikkate değer bir artışa yol açmıştır. Böylece hücre genomlarına geçişe izin veren DNA moleküllerini içeren bir çekirdeğe sahip yeni ökaryotik bakteriler ortaya çıkmıştır.

Yaşamın daha ileri evrimi biyolojik evrim yasalarına uygun biçimde gerçekleşmiş ve bu da doğrudan ortamın değişen koşulları ve atmosfer'in oksijen içeriğinde dereceli bir artışın etkileri belirleyici olmuştur. Demir cevheri birikiminin ileri bir evreye ulaşmasından sonra, 1,9-1,8 milyar yıl önce oksijenin kısmi basıncında bir artış olmuştur. Böylece, Yer'de yaşamın evriminde büyük bir aşama gerçekleşmiş ve ilk çok hücreli organizmaların yanı sıra, Orta Proterozoyik sırasında çeşitli bakteri ve alg türleri ortaya çıkmıştır (Şekil 8).

Ökaryotik mikroorganizmaların metabolizması düşük düzeydeki oksijenin tüketilmesine bağlı olduğundan, ökaryotik mikroorganizmalar, oksijenin kısmi basıncının günümüzdeki değerinden 0,01 düzeyinde bir artış olduktan sonra, daha hızlı üreyebilmişlerdir. Orta ve Geç Proterozoyik zamanları arasındaki sınırda ökaryotik organizmalarda çoğalma yoğun biçimde artmıştır. Yaklaşık aynı zamanda karadaki bakteriyel kolonizasyon aynı yaştaki kırmızı renkteki günlenmiş kayaların varlığı nedeniyle başlamıştır. Okyanuslarda oksijen üreten plaktonların biyoması, fosfor birleşiklerinin okyanus suyunda çözünmesi nedeniyle sınırlıdır (Shopf, 1982). Buna göre biyomas derişimi günümüzdeki değerlere yakın bir düzeyde ve okyanus kabuğu bazaltlarına göre dengede kalmıştır. Bu da okyanusal planktonların biyomasını okyanus suyu kütlesi ile yaklaşık olarak doğru orantılı bir şekilde zaman içinde değiştirdiğini göstermektedir. Dolayısıyla yaklaşık 2 milyar yıl önce okyanusal mikroorganizmaların biyoması günümüzdeki değerinin yaklaşık 1/3'ü dolayında olduğu söylenebilir.



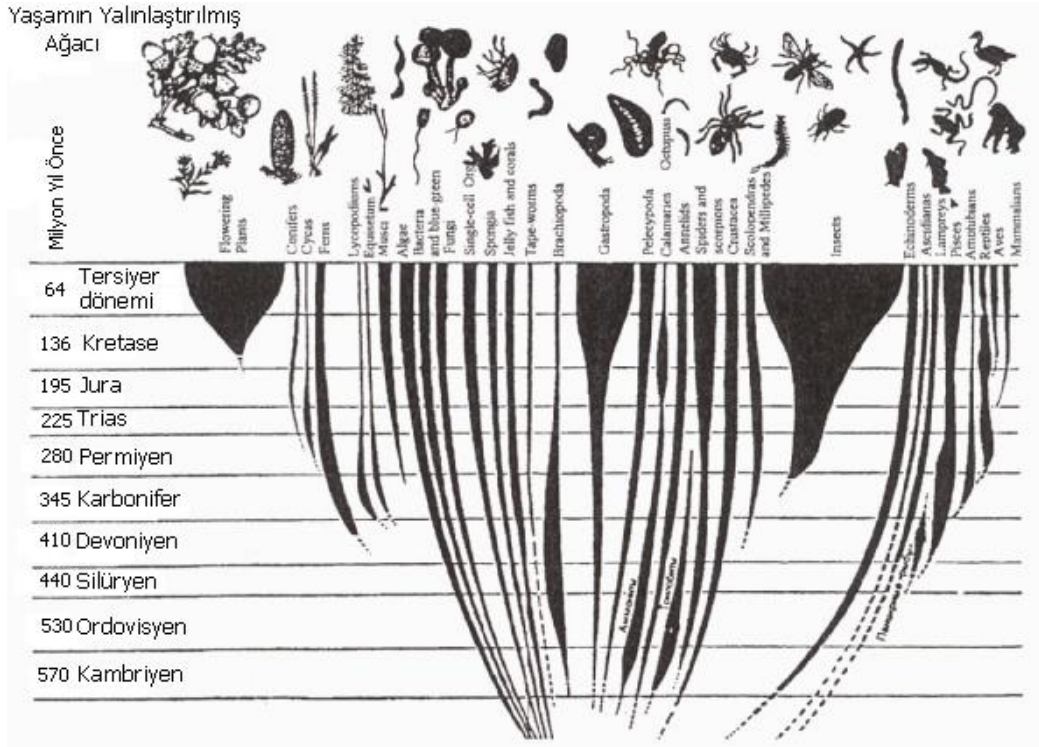
Şekil 8. Arkiyen ve Erken Proterozoyik zamanlarındaki başlıca mikro fosil türleri (Semikhatov ve diğerleri, 1999). Arkiyen zamanındaki mikro fosiller, basit sferik ve iplikli nano bakterileriyle temsil edilmektedir (1,2), Trikhomes (3), ve olasılıkla Mavi bakteri (4). Erken Proterozoyik dönemi mikro fosilleri Mavi bakteriler (5-7), Cocci (8,9), ve karmaşık morfolojik biçimli Trikhomes (11-17), ve ayrıca Spiral (18), Sert (19), sferik (20) formlar (Sorokhtin ve diğerleri, 2007).

Yer'in tarihindeki yaşamın evrimi incelendiğinde Prekambriyen mantosunda yer alan serbest metalik demirin önemini gözetmek gerekmektedir. Manto gereci olan bu demirin okyanus ortası sırtlarda rift zonlarına ortaya çıkmış ve burada da suyla etkileşime geçerek iki değerlikli çözünebilir hidroksite dönüşmüştür. Bu da olasılıkla bikarbonat biçiminde tüm okyanusa yayılmıştır. İki değerlikli demir hidroksitin oksijenle olan reaksiyonu ile Prekambriyen planktonları tarafından türetilen oksijenin büyük bir bölümü demirin 3 değerlikli oksitlenmesi ile tüketilmiştir. Böylece daha büyük demir (örneğin götite dönüşerek) çökelleri oluşmuş ve Prekambriyen atmosferinde daha düşük oksijen basıncı gelişmiştir. Metalik demir tümüyle mantodan çekirdeğe transferinden sonra 600 milyon yıl önce oksijen tüketen organizmalar yok olmuş ve böylece atmosferde de oksijen artışı başlamıştır.

Atmosferde oksijenin artmasıyla birlikte yeni türler ortaya çıkmıştır. Örneğin balık türü ilk mikroorganizmalar, Wendiyen zamanında boy verdi. Bunların kalıntılarının çoğu jeolojik birimlerde görülmektedir. Kambriyen döneminde ise, iskelete sahip ilk hayvan formları, yani günümüzdeki flora ve fauna benzeri formlar ortaya çıkmıştır (Şekil, 9).

Proterozoyik ve Fanerozoik zamanları arasında Yer'in biyolojik tarihinde (Biyolojik patlama kayıtları içermektedir) atmosfer nötr konumda iken hafif oksitlenmiş ve çeşitli oksitler oluşmuştur. Böylece canlı türleri organik gercin oksitlenmesine dayalı metabolizmaya sahip bitkilerinin fotosentezi ile yarışmaya ve seçimli bir sürecin gelişmesine sahne olmuştur. Koşullara uyum sağlayan formlar yaşamlarını sürdürmüş, diğerleri ise zamanla ayıklanmıştır.

Yer'deki yaşam, orta basınca sahip hafif oksitlenmiş atmosferdeki orta sıcaklıklardaki iklimin etkisi ile zenginleşmiştir. Arkiyen zamanındaki karbondioksitin egemen olduğu atmosferde (yüksek sıcaklık ve basınç altında) en ilkel termofilik bakteriler yaşayabiliyordu. Yer'in jeolojik tarihinin geri kalan bölümünde de orta derecede sıcaklıklar egemen olmuş ve bu da biyolojik gelişmenin hızlanmasına yol açmıştır. Pleyistosen devresinde ortaya çıkan iklimdeki büyük soğuma kutuplarda buzullaşmaya yol açmıştır. Bu da yeryüzünde insanında gelişimini içine alan daha yüksek formların gelişmesini olumlu etkilemiştir.

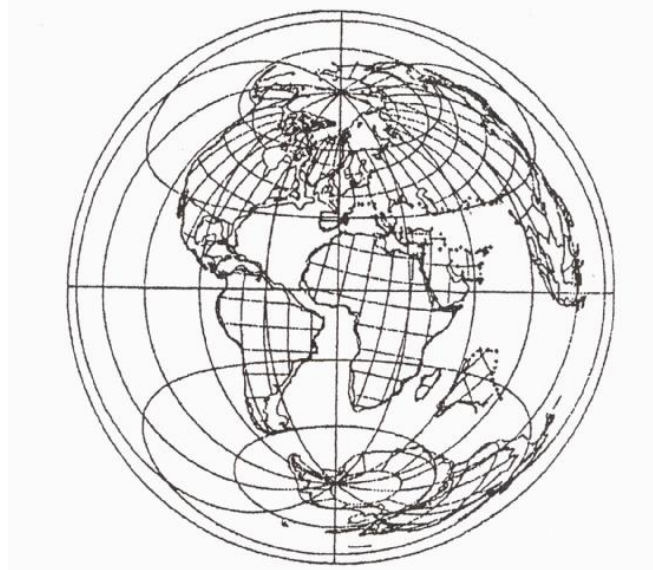


Şekil 9. Yaşam ağacı, Proterozoyik ve özellikle Fanerozoyik zamanda biyolojik bir patlama yaşanmıştır (Atterborough, 1979'dan kısmen değiştirilerek).

Jeolojik evrim, yaşamın evrimi ve ekolojik ortam ilişkileri

Atmosferde oksijenin kısmi basıncının dereceli olarak artışına ek olarak, kıtaların devinimi, denizel transgresyon-regresyon, iklimdeki değişiklikler ve yaşam, karşılıklı birbirlerini etkilemiştir. Bu etkileşim, biyolojik türlerin ekolojik konumlarını değiştirmiş ve yaşamdaki yansı hızlandırmıştır (Smith ve Briden, 1977). Buna göre, Fanerozoyik sırasında iki büyük küresel transgresyon olmuştur. İlk transgresyon Kaledoniyen Orajenezi (500-350 milyon yıl önce) sırasında (Ordovisyan-Devoniyen aralığında) olmuş ve 200-250 m dolayında bir aralıkta etkin olmuştur. İkinci ve en büyük küresel transgresyon süper kıta Pangea'nın oluşumu nedeniyle gerçekleşmiş, Geç Jura-Kretase süresince 350-400 m aralıklarda etkin olmuştur. Buzullaşma sırasında kıtasal buzullardaki suyun toplanması nedeniyle küresel denizel regresyonlar meydana gelmiş ve bu da deniz yüzeyinde 120- 130 m'lik bir düşüşle sonuçlanmıştır. Yaklaşık 100 milyon yıl önceki Pangea'nın bileşenlerinin olası görünümü Şekil 10'da görülmektedir.

Okyanusların transgresyonu ve regresyonları okyanus düzeyindeki östatik salınımlara bağlı olarak jeolojik geçmişte Yer'in ikliminde büyük değişikliklere neden olmuştur. Çünkü suyun sıcaklığı, atmosferdeki sıcaklığı çok daha fazla aşmış ve kara yüzeyine göre deniz yüzeyinde önemli ölçüde artmıştır. Orta Kretase sırasında kıtaların %30'u su altında kalmış, bu da orta ve yüksek enlemlerde (kutuplara yakın) iklimin büyük ölçüde değişmesine yol açmıştır. Böylece kıta kenarındaki denizde yaşamın gelişmesi kolaylaşmış ve orta enlemler ile kutba yakın enlemler arasında sıcaklık değişimi gerçekleşmiştir. Regresyon döneminde deniz suyu çekildiği gibi, sıcaklıkta mevsimsel değişiklikler sonucu, Yer'in iklimi, daha çok karasal nitelik kazanmıştır.



Şekil 10. Yaklaşık 100 milyon yıl önce Pangea'nın parçalanmasından sonraki evrede karasal alanların yaklaşık durumu (Smith ve Briden, 1977'den kısmen değiştirilerek).

İklimi ve enlemlere ait zonları etkileyen temel süreçler şunlardır: (1) kıtaların devinim ve kutba yakın enlemlerdeki buzullaşma nedeniyle Yer'in Presesyon (yalpa etkisi ile eksen açısı değişimi) açısındaki değişimler (2) Bakteriler tarafından azotun atmosferden uzaklaştırılması ile kıtaların ve okyanusların dağılımı, iklimdeki değişimleri önemli ölçüde etkilemektedir. Böylece buzul çağlarında oluşan karasal alanların litosferik levhaların devinimine bağlı olarak, kutba yakın bölgelere transfer edilmesi, daha sonra dağların tepelerinin buzullarla kaplanması, böylece Yer'in küresel bir soğutucu gibi davranması olasıdır. Buna ek olarak kıtasal masiflerin konumlarındaki değişimler denizel suların transgresyonunu ve regresyonunu etkilemektedir.

Antarktika'daki büyük buzullaşma, iklimdeki genel soğuma nedeniyle başlamış ve Avustralya'nın kopup kuzeye doğru hareketi ile Drake boğazının Tierra del Fuegonun güneyinde açılmasıyla maksimum düzeye ulaşmıştır. Bu olaydan sonra Güneydeki akıntılar oluşmuş ve bu da Antarktika'dan Avusturalya'nın tümüyle kopmasıyla komşu okyanuslarda sıcak akıntıların oluşmasıyla sonuçlanmıştır. Antarktika günümüzde de ayrı bir kıta olarak varlığını sürdürmektedir.

Yukarıda tartışılan Yer'in küresel iklimindeki değişimlerinin evrimi ışığında son 550-600 milyon yılları arasındaki önemli ekolojik değişimlerin doğası analiz edilebilir. Atmosferde oksijenin kısmi basıncındaki dereceli artış yaşamın karaya doğru taşınmasına izin vermiştir. Bu emsalsiz geçiş denizel organizmaların metabolizmasında önemli ölçüde değişim göstermekte ve akciğere sahip hayvanların ortaya çıkışına işaret etmektedir.

Ayrıca Yer'in iklimi, Ay-Güneş sistemi tarafından etkilenmiş, yani presesyon açısının küçülmesi önemli bir soğuma dönemine yol açmıştır. Proterozoyik ve Fanerozoyik zamanında ise azot tüketen bakterilerin faaliyetleri atmosferde dereceli bir soğumaya yol açmıştır. Diğer taraftan süper kıtaların oluşumu, küresel ısınmaya yol açmıştır. Yukarıda sunulan faktörler gözetildiğinde, Proterozoyik ve Fanerozoyik zaman aralığında genel bir soğumanın (10-15°C) meydana geldiği ve sıcaklığın 800 milyon yıl boyunca 8-10°C salınım yapmasıyla bu küresel soğumanın gerçekleştiği söylenebilir.

Fanerozoyik zamanında ve daha öncesinde küresel tektonik süreçler ekolojik evrimde önemli bir rol oynamıştır. Kıtaların ve okyanusların Fanerozoyik sırasında dağılımları, büyüklükleri ve konumlarındaki değişimler denizel akıntıların yapısını ve büyüklüğünü önemli ölçüde etkilemiş ve biyolojik üretimin dağılımında doğadaki koşullara en iyi bir biçimde uyum sağlamak üzere ekolojik sistemlerin oluşumunu etkilemiştir.

Denizel türlerin çoğu (yaklaşık %90'ı) 200 m'den daha sığ yerlerde adaların kenarında sığ sularda ve kıta sahanlıklarında yaşamını sürdürmektedir. Denizel faunanın en gelişmiş türleri günümüzde tropikal kuşaklarda gözlenmektedir. Bu bölgeler, yüksek düzeyde türlerin büyük bir

artışına sahne olmaktadır. Denizel faunanın biyoması ve çeşitliliği orta subtropikal enlemlerde daha azdır. Kutba yakın bölgelerde oksijenin daha yüksek düzeyde çözünmesi nedeniyle biyolojik üretim tekrar artmaya başlar. Denizel faunanın en az üretim yaptığı yer, orta subtropikal enlemlerdir.

Günümüzde sığ denizel faunanın değişimi, besin kaynaklarındaki değişimlerle karşılanabilir. Bu da mevsimsel iklim değişikliğinde önemlidir. Enlemlerle ilgili faktörler ek olarak, çağdaş denizel faunanın çeşitliliğini, boylamlardaki faktörler de etkilemektedir. Özellikle denizel faunanın daha büyük bir düzeye ulaştığı yerler, bu faunanın gereksinimi olan gıdanın sağlanabildiği duraylı bölgelerdir. Her enlem kuşağında, denizel türlerin önemli ölçüde arttığı büyük denizel sahanlıklar ve takımadaları vardır.

Fosfor ve organik bileşiklerin zengin olduğu sularda yüzeye yakın kıta yamaçları boyunca sığ denizel organizmalara gıdanın bol oranda sağlanması mümkündür. Genel olarak bu tür zonlar, tropikal kuşaklarda okyanusların kıyıları boyunca vardır. Bu tür zonlarda farklı yaşam biçimleri de ortaya çıkarabilir. Yani, yaşam, subtropikal ya da ekvatorial bölgelerdeki göreceli olarak sığ ortamlarda da zenginleşebilir. Bu yeni yaşam örnekleri, Pasifik ve Atlantik kıyılarındaki Peru ve batı Afrika kıyılarında görülebilir.

Derin okyanusal hendekler (yitim zonları), rift oluşumu sürecinde sığ denizel faunanın gelişmesine önemli bir engel oluşturmaktadır. Volkanik adalarda okyanusal litosferin mantonun içine daldığı bölgelerde ve volkanik adaların okyanusal levha içinde bir zincir oluşturduğu yerlerde, denizel yaşamın üretimi için uygun koşullar vardır. Genellikle bu volkanik ada zincirleri bir çizgi boyunca sıralanmakta ve aynı iklim kuşağında bulunmamaktadır. Türlerin yerleşimindeki diğer önemli olgu da, kurtçuk biçimindeki organizmaların göçüdür. Dünya'daki sığ denizel türlerin tümü ortak bir kökene ait olmayabilir. Kıtaların levhalarındaki değişimler nedeniyle sığ sulardaki fauna, farklı bölgelerde bağımsız olarak gelişmektedir. Bazı olasılıklara göre, sığ sularda türlerin sayısı hayal edilen tür sayılarından çok daha fazladır. Benzer biçimde derin su faunasının bazı türleri yeni yerleşim süreçlerinde de gelişebilir. Pasifik okyanusunun hidrotermal kaynaklarında, biyolojik topluluklardan büyük borulu kurtlar ve iki kabuklu midyeler egemendir. Oysa Atlantik okyanusunun hidrotermal kaynaklarına yakın yerlerde, kükürt tüketen bakterilere uyum sağlamış küçük karidesler yaşamaktadır.

Yukarıda tanımlanan faunanın ortaya çıkışına dair önemli hususlar: (1) kıtaların devinimine ilişkin veriler, (2) Dünyanın okyanus düzeylerine ilişkin statik değişimlerle ilgili bilgiler, (3) yukarıdaki 2 temel faktör ışığında, iklimle ilgili sonuçların analizini kullanarak Fanerozoik süresince sığ denizel fauna gruplarındaki değişimler açıklanabilir. Ayrıca Paleozoik ve Mezozoik arasındaki sınırda, bazı hayvan türlerinin yok olmasının nedenlerini açıklamak mümkündür. Paleozoik sırasında kıtasal masiflerden çoğu birbirinden ayrılmış ve ekvatora yakın enlemlerde konumlanmıştır. Kıtaların tümü büyük kıtasal sahanlıklara sahipti. Bu da Ordovisiyen sürecinde çeşitli formların korunmasına ve tür çeşitliliğinin artmasına yol açmıştır.

Permiyen-Triyas geçişinde, Yer'in Presesyon açısı büyük ölçüde (30-40°) artmıştır. Bu dönemde, Yer'in iklimi de önemli ölçüde değişmiştir. Ayrıca Permiyen-Trias transgresyonu sığ denizel bölgelerin önemli ölçüde azalmasına yol açmıştır. Bu koşullarda, yalnızca sığ su türleri, yani bunların deniz dibinde besin bulabilen türleri ayakta kalmıştır. Paleozoik ve Mezozoik arasındaki sınırda yaşamını sürdüren türler, duraysız çevresel koşullar altında gelişmiş, yeni çevresel koşullara uyum sağlamayanlar yok olma ile karşı karşıya gelmişlerdir. Böylece Paleozoik ve Mezozoik sınırı arasındaki denizel faunanın çoğu türlerinin hızlı bir biçimde yok olduğu, bunun da süper kıtanın ekolojik alanlarındaki küçülmeden ileri geldiği ve bu süper kıtada sığ kıta sahanlıklarının biyolojik üretiminde bir azalma ile sonuçlandığı kabul edilmektedir.

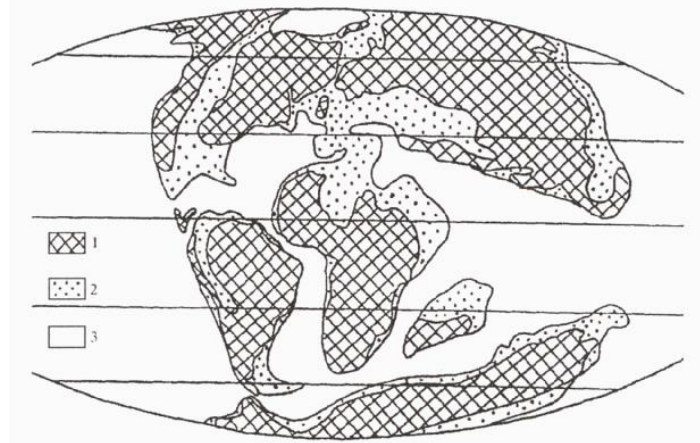
Erken Kretase sırasında Pangea süper kıtası güçlü bir manto akıntısının yükselmesi nedeniyle parçalanmaya başlamıştır. Bu manto yükselimi süper kıtanın merkezinde (ortasında) oluşmuştur. Bu sürece tektonik etkinliğin artışı önemli ölçüde eşlik etmiş ve yaygın bir transgresyonla sonuçlanmıştır.

Kıta sahanlıklarında Kretase transgresyonu karbonat tüketen faunanın ve mikrofloranın gelişmesine yol açmıştır. Özellikle Hindistan cevizi ağacı liflerinde yaşayan mikroflora kalın kireçtaşı katmanlarının oluşmasına yol açmıştır. Aynı transgresyon açık okyanuslarda mercan atollerinin gelişmesini engellemiştir. Orta Kretase sırasında karadan denize doğru yaygın olarak malzeme

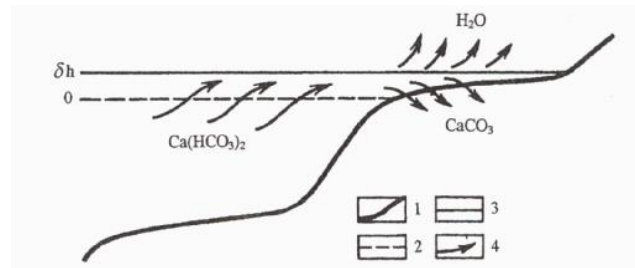
taşınmıştır. Bu da denizel çökelimin önemli ölçüde azalmasına yol açmıştır. Fakat açık okyanuslarda kalsiyum karbonat oluşumu hızlanmıştır. Böylece kıta sahanlıklarında karbonattan oluşan kalın formasyonlar oluşmuştur (Sorokhtin ve Uskhakov, 1991).

Suyun kıtalarda denizlere akışı sırasında kısmen buharlaşma ve tuz, kalsiyum karbonat ve fosfor birleşiklerinin artışına yol açmıştır. Bu sırada kıta kenarı denizlerin çoğu açık denize açılmaktaydı. Bu dönemde evaporit oluşumları çok yüksek değildi. Geniş ve sığ denizel havzalardaki sürekli ısınma, kalsiyum karbonat ve fosfor birleşiklerinin yüksek düzeyde oluşmasına ve böylece yaşamın hızlı bir şekilde gelişmesine yol açmıştır. Sığ sularda mercanlar, midyeler ve diğer iskeletlere sahip hayvanlar gelişmiş ve Kretase'nin ortasında rudist-mercan içeren kireçtaşı katmanlarının yoğun biçimde oluşmasına neden olmuştur.

Kretase sırasında Yer'i oluşturan kıtaların konumu, günümüzdeki konumundan farklıydı (Şekil, 11). Yani, sığ kıta kenarı küçük denizler çoğunlukla kurak iklim kuşaklarında yer almakta idi. Bu bölgelerde buharlaşma yağışa göre daha egemendi (Şekil, 12). Ayrıca kıta kenarı denizlerde ve akarsuların denize kavuştuğu yerlerde türbiditler çökelmiştir. Kitalardan akarsularla taşınan karbonatlar önce kıta kenarı denizlerde çökelmiş ve bu çökeller açık okyanusa kadar gelişmiştir.



Şekil 11. Kretase sırasında sığ kıta kenarı ve derin denizlerin ve karanın genel dağılımı (Kuznetsov, 2003'den kısmen değiştirilerek). (1) Kara, (2) Sığ kıta kenarı denizler ve (3) Derin okyanusal kıtalar (Sorokhtin ve diğerleri, 2007).

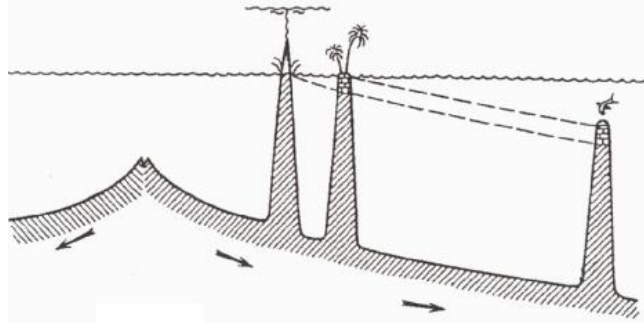


Şekil 12. Buharlaşma ve karbonat yığılması dağılımında denizel transgresyonun etkisi. (1) Hipsometrik eğim, (2) Günümüz deniz yüzeyi, (3) Kretase sırasında deniz yüzeyi, (4) Karbonatın ve suyun buharlaşması ve göçü (Sorokhtin ve diğerleri, 2007).

Sonuç olarak, okyanus suları, Orta Kretase döneminde kalsiyum karbonat ve fosfat birleşikleri açısından önemli ölçüde fakirleşmiştir. Apsiyen-Senomaniyen sırasında yaklaşık 300 atol, Pasifik okyanusundan yok olmuştur. Bu atoller daha sonra ucu kesik deniz altı tepelere dönüşmüş ve yaklaşık deniz yüzeyinden 1500 m kadar deniz dibine gömülmüşlerdir. Atollerin temel birimleri olan volkanik yapılar, Yer'in dönüşü sırasında geçerli olan litosferik levhaların deformasyonu ve tektoniği süreçlerinde oluşmuşlardır.

Senozoyik yaşı pelajik çökellerin artışında, açık okyanuslarda atollerin biyohermlerinin yapılanmasında fosfor ve karbonat birleşiklerinin az olması etkili olmuştur. Bu da resif biyotasının gelişmesine ve bunların iskeleti ile koruma yapıları için gerekli olan kalsiyum karbonatın yeterli olamaması nedeniyledir.

Kalsiyum karbonatın önemli ölçüde azlığı nedeniyle rudistler, mercanlar ve diğer iskelete sahip organizmaların, okyanustaki çökelim sırasında, güçlü yapılarının oluşamamasına neden olmuştur. Bu koşullarda okyanus adalarındaki resif oluşumu, okyanusal adaların düzenli bir şekilde çökmesi nedeniyle yeterli ölçüde büyümemiştir. Böylece resiflerin erozyonu, sığ denizel faunanın yeterince gelişmemesine ve daha önce oluşmuş olan atollerin gömülmemesi nedeniyle, deniz altı ucu kesik tepelere dönüşmüştür (Şekil 13).



Şekil 13. *Ucu kesik tepelerin (Giyotların) oluşumu* (Sorokhtin ve diğerleri, 2007).

Buzul çağları sırasında okyanuslardaki su kütlelerinin sürekli devinimi sırasında deniz suyunun tabana yakın kesimleri oksijen tarafından doymuş ve bentos formların gelişmesi için bir geçiş ortamını yaratmıştır. Buzullaşmanın olmadığı sıcak dönemlerde okyanus suyunun akımının da olmadığı durgun sularda oksijen birikimi özellikle derin bölgelerde az olmuştur. Bu koşullarda suyun hidrojen süfit tarafından kirlenmesi sıkça meydana gelmiş, bu da organik çamurların oluşumuna yol açmıştır. Yeni buzul çağının başlamasından sonra bentos formlar derin denizel bölgelerde pelajik faunanın yeniden gelişmesi nedeniyle bentonik formlar oluşmuştur.

Derin deniz sondajları ile elde edilen verilere göre, çürümüş organik çamurlar, Pasifik okyanusunun karbonat çökellerinde vardır. Bu da, bu okyanuslarda bentonik faunanın genç olduğunu, bu çökellerin olasılıkla 55 milyondan da yaşı olmadığını göstermektedir (Nesis, 2001).

Memelilerin birbirinden farklılaşmasının temel nedeni birbirinden daha önce ayrılmış (8-10 adet) karasal bölgelerin varlığı nedeniyledir. Bu da Erken Senozoyik sırasında meydana gelmiştir. Geç Senozoyikte ise bazı kıtasal fragmanların birbirine eklenmesi ekolojik bölgelerin sayısındaki azalmaya yol açmıştır. Başlıca 4 ekolojik bölge ayırt edilebilmektedir; (1) Avusturalya, (2) Orta ve Güney Amerika, (3) Afrika (Güney Saharaya kadar), (4) En büyük olanı ve Avrasyayı içine alan Hindistan, Kuzey Afrika ve Kuzey Amerika. Karasal memelilerin 13 takımı yok olmuştur. Bu seçimli süreçte Senozoyik'in ilk yarısında yer alan takımlar tümüyle evrime uğramış, ancak tümüyle yok olmamıştır. Kıtaların birbirine eklenmesinden önceki memeliler, tümüyle ayık bölgeleri temsil etmekteydi. Bunlardan değişen çevresel koşullara uyum sağlayanlar ayakta kalmışlardır.

Dünya'daki okyanusların Geç Mezozoyik ve Senozoyik evrimi gözetildiğinde, kıtaların parçalanması ya da birbirleriyle eklenmesi sonucunda jeolojik tarih boyunca tüm önemli biyolojik olayların bu devinime bağlı olarak geliştiği sonucuna varılabilir.

Ayrıca, Senozoyik sırasında Atlantik okyanusunun kuzey kutbu oluşmuştur. Ayrıca Senozoyik başlangıcında Arap levhası Afrika levhasından ayrılmış ve Kızıl Deniz ile Aden körfezi oluşmaya başlamıştır. Orta Senozoyik'te Hindistan levhaları Asya ile çarpışmış ve dünyanın en büyük dağ dizisi Himalayalar oluşmuştur. Oligosen ve Miyosen devreleri arasındaki sınırdaki eski okyanuslardan Tetis'in kapanmaya başlamış ve Orta Miyosen'de tümüyle kapanmıştır. Aynı dönemde Alp-Himalaya kıvrım kuşağının Avrupa tarafındaki bölgesi kıvrımlanmıştır. Tetis'in kapanmasının Dünya okyanuslarındaki sıcaklıkta yerel bir artışa neden olması önemlidir. Geç Miyosen'de Kafkasya dağları

yükselmiş ve aynı zamanda Orta Asya ve Himalayalar oluşmuştur. Büyük Alp-Himalaya kuşağının oluşumuna neden olan süreç, günümüzde de devam etmektedir.

Kıtalar da flora ve faunanın evrimi kıtaların devinimini ve Yer'in iklimini etkilemiştir. Aslında bu da büyük kıtaların parçalanması, birbirinden ayrılması ve yeni fragmanların oluşumu biçiminde açıklanabilir. Kıtaların birbirinden ayrılması ve yeniden eklenmesi ile ilgili ardışık olaylar, yeni ekolojik yerlerin oluşumuna ya da eski ekolojik ortamların yok olmasına yol açmaktadır. Kıtaların birbirinden ayrılması ya da eklenmesi, türlerin evrimleşip korunmasında ya da yok olmasında önemli bir etmendir. Korunan ekolojik ortamlardan bir tanesi de Avustralya ve Güney Amerika'daki endemik formlardır (Meyen,1971, 1981). Kıtaların çarpışması sonucu meydana gelen iç havzalara nem ve yağmur bulutlarının ulaşması engellendiğinden iç havzalarda oluşan çölleşmeler yaşamı büyük ölçüde olumsuz olarak etkilemiştir.

Kuvaterner sırasında küresel iklimdeki dalgalanmalar, buzul çağlarının ve buzul arası dönemlerin periyodik oluşmasına yol açmış ve Yer'in insan popülasyonunu belirleyen göçlerle şekillenen insanın evrimini de büyük ölçüde etkilemiştir. Örneğin İnsan'ın Amerika'ya yerleşimi, olasılıkla Bering boğazının okyanus düzeyinin alçalmasına bağlı olarak kara haline gelmesi ve Vurmiyan buzullaşmasının da etkisiyle yaklaşık olarak 60 ile 12 bin yıl önce olmuştur. Buzullaşma 20 bin yıl önce maksimum dengeye ulaşmış ve 20-12 bin yıl önce insanlar Amerika'ya yerleşmiştir. Yani, 3,5 milyar yıl boyunca Yer'in biyosferi jeolojik gelişmelere bağlı olarak bir sistem içinde gelişmiştir. Küresel biyosferin evrimi ile ilgili çalışmalar bu sistemlere sağlıklı bir yaklaşım yapıldığında başarılı olabilirler.

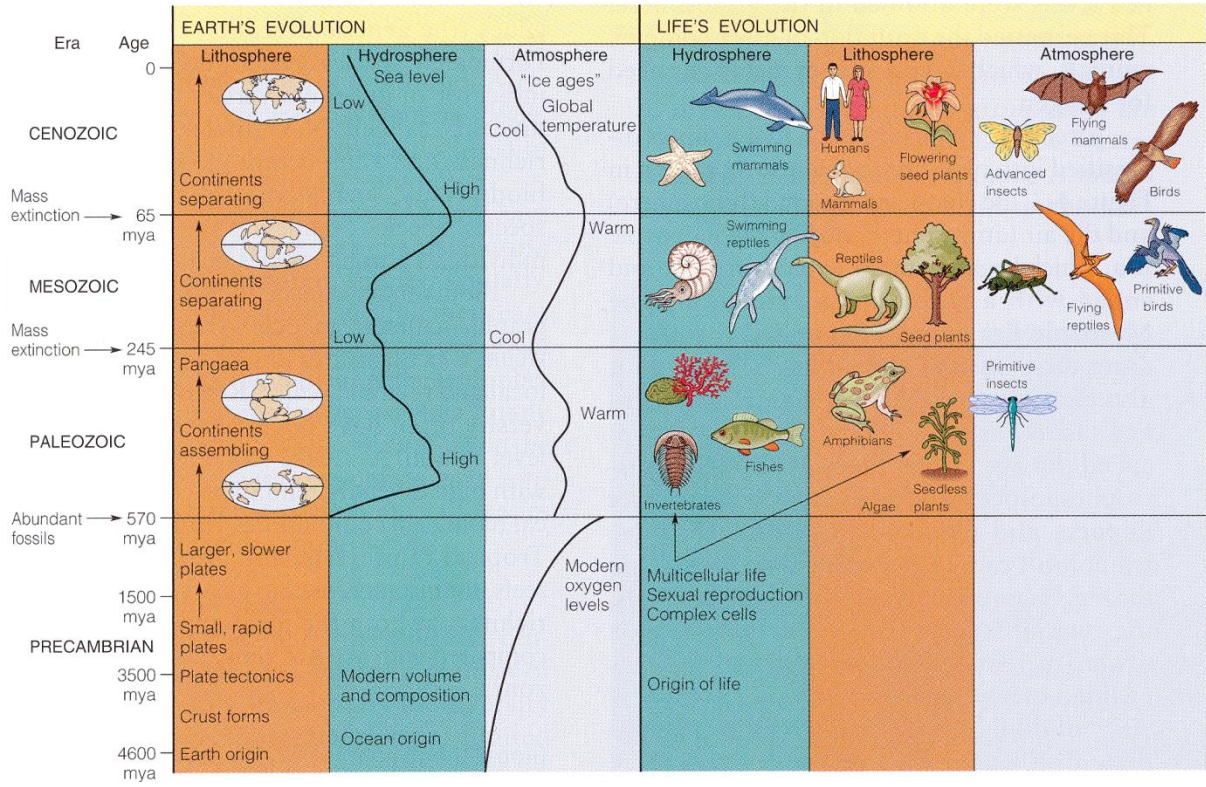
Bunun için:

(1) Eski devirlerdeki jeolojik gelişmelerin özenle gözetilmesi, (2) Yer'in evrimindeki Paleotektonik ve jeokimyasal koşulların gözetilmesi, (3) Yer'in eski ikliminin değerlendirilmesi, (4) Atmosferin bileşimi ve basıncında biyotanın etkisinin incelenmesi, (5) Kıtaların deviniminin araştırılması ve (6) Eski okyanusların kapanması ve açılması ile ilgili bilgilerin göz önüne alınması gerekmektedir.

Dünya'da Yer'in gelişiminde jeolojik evrim süreçlerinin doğrudan etkisi gözetildiğinde, jeolojik süreçlerle yaşamın gelişimi arasında bir bağ olduğu görülür. Azot tüketen bakterilerin atmosferik basınca olan etkisi bir örnek olarak gözetilebilir. Mezozoyik'in başlangıcında yaşam biçimleri, Yer'in atmosferinde oksijen derişimlerinin denetiminde öncü bir rol oynamıştır. Bu da Yer'in ikliminin evriminde belirleyici olmuş ve yüksek düzeyde yeni türlerin gelişmesine neden olmuştur. Organik yaşam, karbonatların, fosfatların, kömür, petrol ve doğal gazın oluşumunda kayaların günlenme sürecinde, mineral yatakların oluşumunda ve kabukta gereçlerin dolaşımında önemli bir etkiye sahiptir (Sorokhtin ve diğerleri, 2001).

Yer'in evrimi ve yaşamın evrimi arasındaki ilişkiler, iklimi de içinde barındıran deniz düzeyi ve atmosferdeki sıcaklığın değişim süreçleri Şekil 14'de görülmektedir (Mc Kinney ve diğerleri, 2007). Jeolojik zaman geçişleri, çok sıcak ya da çok soğuk dönemlere karşılık gelmektedir. Bu dönemler de yeryüzünü şenlendiren çeşitli türlerin yok olduğu dönemlere karşılık gelmektedir.

Sonuç olarak, Yer'in ikliminin jeolojik tarihi, yaşamın kökeni ve evrimi ile kıtaların devinimi ve ekoloji üzerindeki etkileri arasında doğrudan ilişkilerin varlığı açıkça görülmektedir. Bu bağlamda, jeolojik zamanların geçişinde çeşitli türlerde belirlenen toplu yok olmaların ya çok sıcak ya da çok soğuk dönemlerde yaşandığı, başka nedenlerden kaynaklansa bile; iklime uyum gösteren türlerin hayatta kaldığı, diğerlerin de yok olduğu ve ayrıca ortama uyum gösterenlerin de gelişimlerini sürdürdüğü görülmektedir. Çeşitli jeolojik devirlerde yaşamış, günümüzde benzeri bile olmayan kimi türlerin oluşturduğu fosil mezarlıkları, iklimin belirleyici etkilerine tanıktır.



Şekil 14. Yer'in evrimi ve Yaşamın evrimi arasındaki ilişkiler: İklimi de içinde barındıran deniz düzeyi ve sıcaklık değişimleri (Mc Kinney ve diğerleri, 2007).

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN DOĞASI

İklim, yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca yaşanan ve gözlenebilen hava koşullarının ortalama bir durumunu ifade eder. Belli bir bölgede egemen olan sıcaklık, yağış ve rüzgârların oluşturduğu **'ortalama meteorolojik koşullar'** iklimi belirler. Bu koşullar, karaya gelen güneş ışınları ile karadan uzaya yayılan enerji arasındaki kararlılığa bağlıdır. Söz konusu kararlılık ise, atmosfer, okyanus ve kara arasındaki etkileşimle şekillenmektedir. Dolayısıyla, iklim değişimi ile değişimi etkileyen koşullar arasındaki ilişkilere eğilmekte yarar vardır.

Atmosferi etkileyen **"Sera Etkisi"** özü itibarıyla, doğal bir olaydır. Bu etki olmasaydı, Yerküre'nin yüzeyine yakın bölgelerde sıcaklık ortalaması -19°C olacak ve yeryüzünün tümü buzullarla kaplanacaktı. Böylece hiçbir canlının yaşaması mümkün olmayacaktı. Ortalama yeryüzü sıcaklığı söz konusu "doğal" sera etkisi nedeniyle 15°C 'dir. Bu da doğal sera etkisinin yeryüzünü 34°C dolayında ısıttığı anlamına gelmektedir. Atmosferdeki sera gazlarının miktarı sabit kaldığı sürece, yer sıcaklığında yani iklimde önemli bir değişim beklenmemektedir.

Şiddetli yağmurlar, verimli toprakların taşınmasına (erozyonuna) neden olacak, bu da bitki örtüsünün özellikle ormanların tahribine ve dolayısıyla çölleşmeye yol açacaktır. Bitki örtüsünün değişmesi hayvanları etkileyecektir. Özellikle otçul hayvanlar, besin bulabilmek için kuzeye doğru göç edip, uygun yaşam alanı arayışına girecektir. Kuşlar, bitkiler vejetasyon dönemine (tohumdan gelişip yeniden tohum verene kadar olan süreye) erken gireceğinden, göçlerini yeniden düzenlemek zorunda kalacaklardır.

Ayrıca, yağmur düzeni değişime uğrayacak, bu da ortak kullanıma açık su kaynaklarını etkileyecektir. Dolayısıyla, su savaşlarının yolu açılacaktır. Günümüzdeki kestirimlere göre 1,4 milyar insan, su sorunu olan bölgelerde yaşamaktadır. 2025 yılında bu rakamın 5 milyar insana ulaşabileceği varsayılmaktadır. Ayrıca, denetlenemeyen iklim değişikliğinin doğal afetlere yol açması kaçınılmazdır. Küresel sıcaklıklardaki artış, deniz düzeyinin yükselmesine neden olabileceği gibi kitlesel göçleri de tetikleyecektir. Bu da doğal olarak sosyal dengesizliklere ve hatta çatışmalara zemin hazırlayacaktır. Böylece küresel iklim değişikliği, küresel terörizme de yol açacaktır. Ve insanlığın geleceği açısından

tam anlamıyla bir kaos yaşanacaktır. Bu çerçevede, iklim değişikliği ile mücadele etmek, ahlaki bir sorumluluktur.

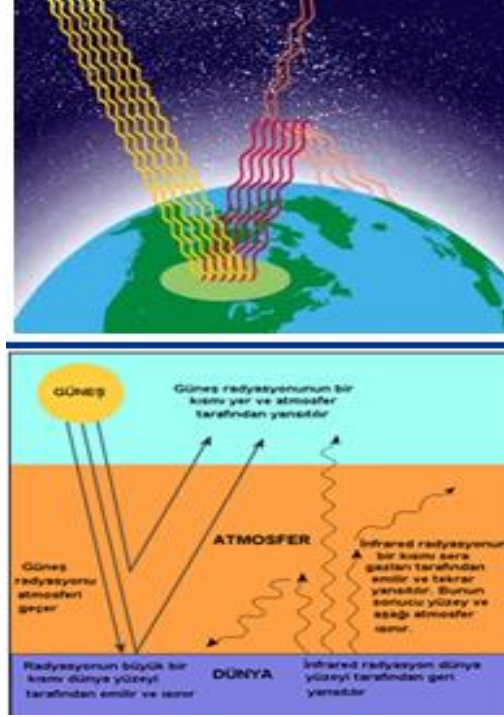
Günümüzdeki küresel ısınma olgusunu, tüm jeolojik zamanlarda oluşan doğa kaynaklı nedenleri göz ardı etmeden tartışmakta yarar vardır. Günümüzde, insana kaynaklı etmenlerin sonucu olarak, özellikle fosil yakıtların bir enerji hammaddesi olarak kullanılması çeşitli ulaşım araçlarından ortaya çıkan gazlar, tarım faaliyetleri sonucu ortaya çıkan metanol, atmosferde bir gaz örtüsü oluşturmaktadır.

"Sera gazları" olarak tanımlanan bu örtüde gazların derişimi %50 artmıştır ki bu gazların en önemlisi fosil yakıtlardan ortaya çıkan CO₂'dir. Ayrıca çeşitli faaliyetler sonucu ortaya çıkan ozon, metan, kloroflorokarbon (CFC) ve azot oksitler (NO_x) gibi kimyasal maddeler de sera gazları kapsamında yer almaktadır. Sera gazlarının bir bölümünü su buharı oluşturur.

Çizelge 3'de küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının emisyon kaynakları ve bu kaynakların emisyona katkı oranları % olarak görülmektedir. Sera gazları, güneşten gelen ışınların elektromanyetik dalgalar halinde yeryüzüne ulaşması ve yeryüzünden yansıyan güneş ışınlarının atmosfere dönüşü sırasında önemli bir rol oynamaktadır (Şekil 15).

Çizelge 3. Bazı sera gazları ve bunların küresel ısınmaya katkıları ve ilgili oldukları emisyon kaynakları (RSHM ve ATİT, 2000).

İz gazları	Katkı oranı (% olarak)	Emisyon kaynakları
CO ₂	%50	• Kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil yakıtlarının yakılması • Tropik ormanların yok edilmesi
CFC'lar	%22	• Sprey kutularındaki aerosoller • Buzdolaplarındaki soğutucu maddeler • Özellikle elektronik. sanayiinde kullanılan temizleme maddeleri • "Aircondition" sistemleri • Sert ve yumuşak köpük üretimi
CH ₄	%14	• Pirinç tarlaları • İneklerin mideleri • Biyomasın yakılması • Çöp toplama alanları • Doğal gaz boru hatlarındaki kaçaklar • Kömür madenleri
Ozon	%7	• Trafik • Termik santrallerdeki yanma olayları • Tropikal ormanların yok olması
N ₂ O	%4	• Tarımda suni gübre kullanılması



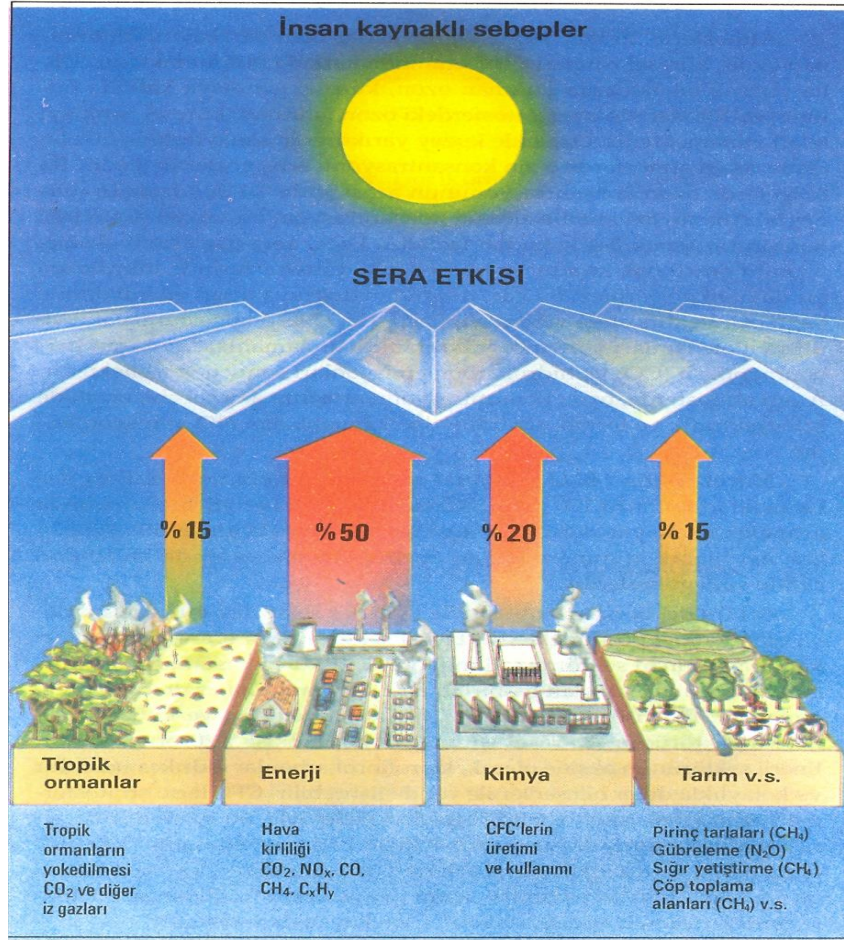
Şekil 15. Yerküre atmosfer sisteminde sera gazlarının absorpsiyonu ve yansıması ile ilgili bazı yapay görüntüler (RSHM ve ATİT, 2000).

Güneş ışınlarının yeryüzüne gelişi, soğurulması ve yansıması ile ilgili akışlar ayrıntılı olarak bilinmektedir. Güneşten gelen enerji %100 olarak kabul edilirse, bunun %70'i Yerküre Atmosfer Sistemi içinde soğurulmakta ve büyük miktarı yeryüzünde olmak üzere ısıya dönüşmektedir. %30'luk bir radyasyon ise atmosfere tekrar yansımaktadır. Yeryüzü de atmosferdeki kızılötesi radyasyon ışınlarıyla ısınmaktadır. Isı dengesini sağlamak üzere, Yerküre yüzeyinin kendisi de kızılötesi radyasyonu atmosfere vermektedir. Bu radyasyon da bulutlar ve sera gazları tarafından tutulmaktadır. Radyasyonun yaklaşık %13-15 kadarı ise uzaya dönmektedir (RSHM ve ATİT, 2000).

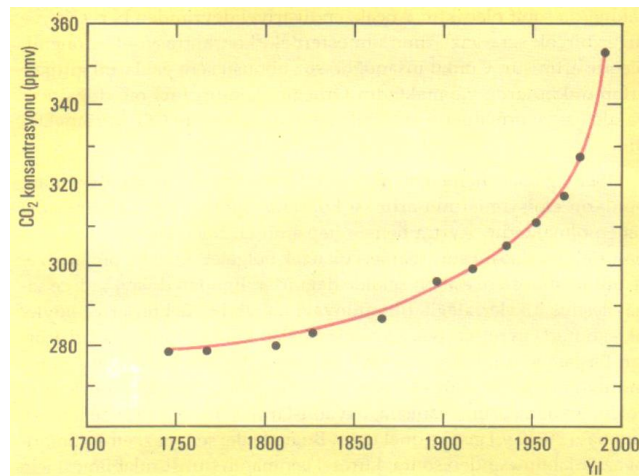
Şekil 16'da ise, sanayide sektörel dağılıma bağlı olarak, insan kaynaklı sera gazlarının etkilerinin nedenleri ve % oranları görülmektedir. Özellikle son yıllarda bu gazların atmosferdeki derişimleri önemli ölçüde artmıştır. Çünkü insanoğlu tarafından fosil yakıtların yakılması ve ormanların tahribatı sonucu atmosferde gittikçe artan oranda CO₂ yoğunlaşmaktadır.

Ne var ki sanayi devriminden sonra, CO₂ başta olmak üzere çeşitli gazların atmosfere daha fazla verildiği görülmektedir. Burada, CO₂'in sera gazlarının oluşumundaki katkı payı'nın su buharının katkısı dışında %50 dolayında olduğu görülmektedir. Atmosferdeki CO₂'in derişiminin (konsantrasyonunun) özellikle sanayi döneminde zamana bağlı olarak değişimi de Şekil 17'de görülmektedir.

Sonuç olarak, çeşitli etkinlikler sonucu ortaya çıkan sera gazlarının atmosferin belli bir düzeyinde artması ve yoğunlaşması, yeryüzünden (elektromanyetik dalgalar halinde) yansıyan ısı-radyasyonun uzaya yayılmasını önleyerek, bu ısının tekrar yeryüzüne yansımasına neden olmaktadır. Bu durum aynı zamanda küresel ısınmaya neden olan bir olgudur. Hesaplanan yıllık ortalama sıcaklıklar, 1900-2000'li yılların, yani yirminci yüzyılın en sıcak yılları olduğunu göstermektedir.



Şekil, 16. İnsan kaynaklı sera gazlarının sektörlere göre % dağılım oranları (RSHM ve ATİT, 2009).

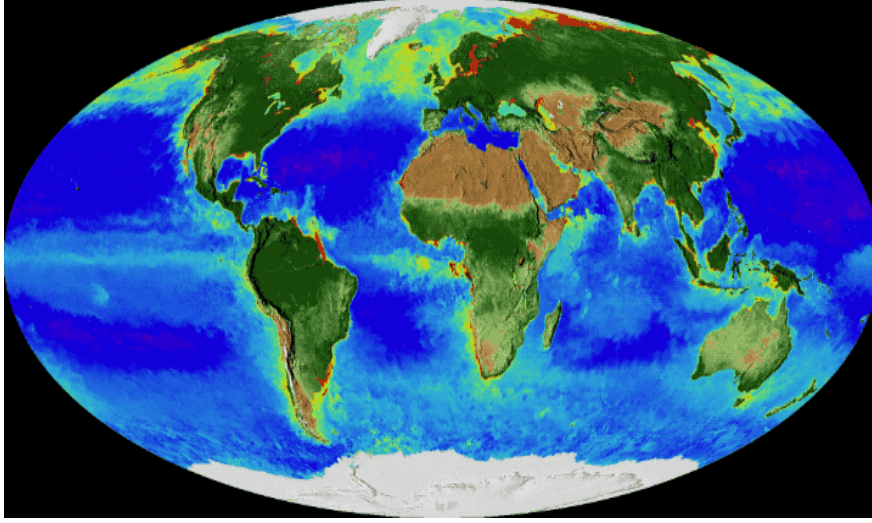


Şekil 17. Atmosferdeki CO₂ derişiminin Sanayi döneminde yıllara göre değişimi (RSHM ve ATİT, 2000).

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN YERKÜRE'YE VE ÜLKEMİZE ETKİLERİ

Yer'in iklimin etkileyen başlıca doğa kaynaklı etmenler, yukarıda da belirtildiği gibi kıtaların devinimi ve volkanik etkinlikler, güneş radyasyonundaki dalgalanmalar, Yer'in yörüngesindeki değişimler ve canlı yaşamın atmosferin bileşimine etkileridir. Bu etmenler jeolojik geçmişte de Yer'in iklimini etkilemiş, günümüzde de etkilemekte ve gelecekte bu etmenlerin etkileri devam edecektir.

Yer'in jeolojik tarihi gözden geçirildiğinde iki önemli olguyla karşı karşıya olduğumuz açıkça görülmektedir: 1- Jeolojik geçmişte, günümüzden çok daha sıcak ve çok daha soğuk dönemlerin yaşandığı ve yaşamın da iklim koşullarının denetiminde şekillendiği açıkça görülmektedir. 2- Günümüzdeki küresel ısınmadan ağırlıklı olarak bizzat insanın kendisi sorumludur. Şekil 18'de NASA'nın son zamanlarda yayınladığı videodan alınan görüntüde, Dünya'daki dramatik iklim değişikliği açıkça görülmektedir. Şekil 19'da ise, uydudan çekilen başka bir görüntüye göre ülkemizin de risk altında olduğu görülmektedir.



Şekil 18. *NASA'nın Yayınladığı Video Dünya'daki Dramatik İklim Değişikliğini Gözler Önüne Seriyor.*
<http://ekolojist.net/nasanin-yayinladigi-video-dunyadaki-dramatik-iklim-degisikligini-gozler-onune-seriyor/> (04 Haziran 2019, saat 09.00).



Şekil 19. *Uydudan çekilen ve daha yakında başka bir görüntü*
<https://www.facebook.com/KitapKoyu/photos/a.316817798488361/1204653993038066/?type=3&theater> (04 Haziran 2019, saat 09.25).

Küresel iklim değışikliği, özellikle kutuplardaki buzulların erimesi ve **deniz düzeyinin yükselmesi, düzensiz yağışlar, kuraklık ve küresel salgınlar** gibi afetlere yol açacaktır.

Deniz düzeyinin yükselmesi, yaşam alanlarının sınırlandırmasına ve büyük göçlere yol açacaktır. Örneğin, yalnızca Antarktika ve Grönland'daki buzulların var olan erime hızı ile erimelerinin devam etmesi durumunda 2100 yılında deniz seviyesinin; en iyimser rakamla 0,75 metre, kötümser rakamla 2,5 metre yükseleceği değerlendirilmektedir. Diğer taraftan dünya üzerindeki, iç kesimlerdeki dağlarda bulunan buzullar dâhil tüm buzullar eridiği takdirde; deniz seviyesinin 71 metre (216 feet) yükseleceği kestirilmektedir. Buna göre, Türkiye ve yakın dolayı (Şekil 20) ve ülkemiz (Şekil 21) doğrudan etkilenecektir. Küresel ısınmadan özellikle İskenderun körfezi-(Çukurova), Marmara denizi ve Ege denizi kıyılarının etkileneceği açıkça görölmektedir.



Şekil 20. 2100 yılında Türkiye ve yakın dolayının olası görünümü.

<https://odatv4.com/dunya-koronadan-sonra-bunu-konusacak-mega-gel-gitler-21122045.html>
(21.12.2020 21:44).



Şekil 21. 2100 yılında Türkiye'nin kıyılarının olası görünümü.

<https://odatv4.com/dunya-koronadan-sonra-bunu-konusacak-mega-gel-gitler-21122045.html>
(21.12.2020 21:44).

Türkiye'deki buzullar da 20. yy'ın başından beri, iklim değişikliğine bağlı nedenlerden dolayı gerilemektedir. En hızlı geri çekilme güneydoğu Toroslar'da ve Doğu Karadeniz Dağları'nda bulunan buzullarda gözlenmektedir (Erinç, 1952). Ortalama gerileme hızı bu bölgelerde sırasıyla yılda 27.2 m/yıl ve 11.1 m/yıl'dır (Sarıkaya, 2011a ve b). Bu bölgelerde belirlenen buzulların gerileme hızları, Erciyes (4.2 m/yıl) ve Süphan (7.2 m/yıl) gibi volkanik dağlardaki gerilemeden daha fazladır (Sarıkaya, 2012; Sarıkaya, 2019'dan).

Küresel iklim değişikliğinin diğer bir sonucu **düzensiz ve ani yağışların** kaçınılmaz oluşudur. Yağışların düzensiz olması nedeniyle sel ve taşkınların artacağı öngörülebilir. Özellikle son yıllarda, ülkemizde kent merkezlerinde oluşan sellerin giderek arttığı ve bunların can ve mal yitimine neden olduğu görülmektedir. Bu afetleri gözeterek, Ankara ili kentsel dönüşüm çalışmaları sırasında yer seçimi ölçütleri çerçevesinde yeni bir planlama yapılmalıdır. Jeolojik, hidrojeolojik (yerel su havzaları gözetilerek) ve jeoteknik (zemin) özellikler gözetilerek, yerleşim için uygun alanlarla, riskli alanlar ayırt edilmelidir.

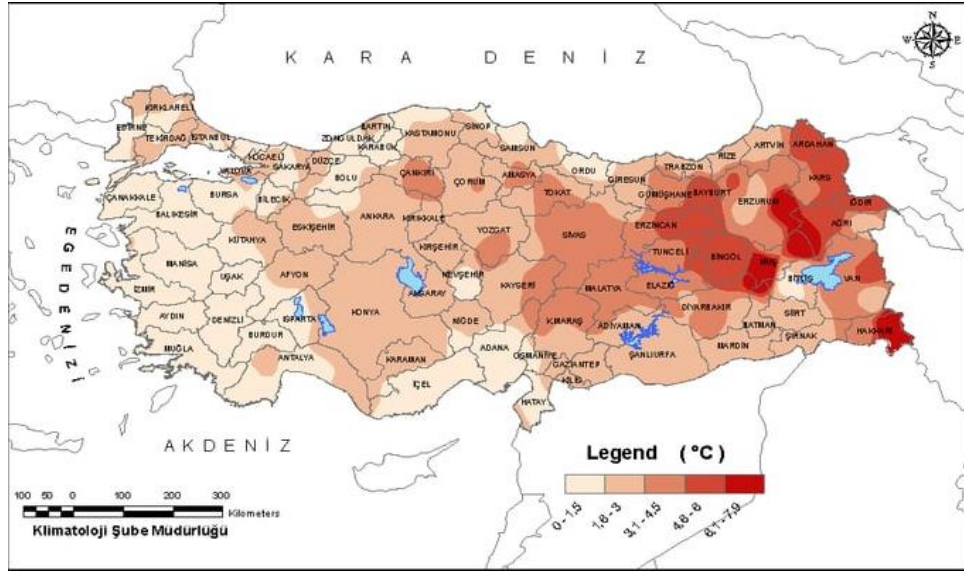
Kuraklık başlı başına önemli sorundur. Kuraklığın, su kaynaklarının verimli kullanılmaması durumunda tarım-gıda sektörlerini ve biyolojik çeşitliliği etkileyeceğini bilmekte yarar vardır. Tarım-Gıda sektöründe gözlenen etkileşim diğer tüm sektörlerle yansımacaktır. Dolayısıyla önce var olan koşullar dikkate alınarak, ülkemizin su potansiyelinin (Yüzey ve yeraltı suları birlikte) ve kullanım miktarının güncellenmesi ve dengelenmesi gerekir. Önümüzdeki süreçte bölgesel ve küresel mücadeleler, ne yazık ki, tarım alanları ve su kaynaklarına sahip olmak amacıyla yapılacaktır.

Su kaynaklarının verimli kullanımı için toplumsal ve bireysel olarak alınabilir önlemler vardır. Toplumsal önlemler, doğrudan kurumları da kapsayacak şekilde olmalı; bireysel olanlar da herkesin evinde alabileceği önlemleri kapsamalıdır. Bu konuda farkındalık-özendirme önemlidir. Örneğin, bireysel olarak (aile fertlerinin sayısı dikkate alınarak) daha az su kullananlardan daha az ücret istemi bir farkındalık yaratabilir. Özellikle Güneydoğu Anadolu ve Konya yöresinin kuraklıktan etkileneceği de göz ardı edilmemelidir. Küresel ısınmaya yol açan bir durumla karşılaşırsa, nelerin yapılması gerektiği önemli bir sorundur. Ayrıca söz konusu sıcaklık artışının, doğrudan insan kaynaklı etkinliklerin ürünü olduğu genel kabul görmektedir.

Ülkemiz de küresel ısınmadan en çok etkilenen bir bölgede yer almaktadır. Örneğin, dünyanın ortalama sıcaklığındaki artış 1,5 dereceyi bulduğunda, ülkemizdeki artışın 2 dereceyi bulması olasıdır. Ülkemiz açısından bir durum değerlendirmesi yapıldığında, ülkenin önemli bazı sorunlarla karşı karşıya olduğu görülmektedir. NASA'dan izlenen verilere göre **'Türkiye son 900 yılın en kötü kuraklığını'** yaşamaktadır. (<https://onedio.com/haber/nasa-turkiye-son-900-yilin-en-kotu-kurakligini-yasiyor--685740>) 30 Temmuz 2019, saat 10.25). Örneğin Şekil 22'de da görüldüğü gibi 2018 yılı, Ocak ayında bir bahar havasının yaşanması ve aylık sıcaklık ortalamasının **2.1 °C'nin üstünde** olması bir iyiliğe kanıt değildir. Konuya dair çeşitli nedenler bulunabilir. Dolayısıyla, **Küresel ısınma, çok tartışmalı bir konudur. Zamanla, tartışmalar politikadan soyutlanıp daha bilimsel bir temele oturacak ve gerçek nedenler görülecektir. Çünkü insanlık tarihine her zaman akıl ve bilim yön vermiştir.**

Günümüzde yaşanmakta olan Covid 19 dâhil, **küresel salgınlar** da küresel iklim değişikliği sonucu, mikro-ekosistemde oluşan değişimin sonucudur. Söz konusu değişimin sonucu olan sıcak dalgalar, uyanan ve yeniden başkaldıran enfeksiyonlar ve doğa kaynaklı hava olayları insan ve toplum sağlığını derinden etkilemektedir. Örneğin, dünyanın sıcaklığının artmasına bağlı olarak oluşan sıcak dalgalara bağlı hastalık ve ölümler mevsimsel olarak görülmeye başlanmıştır. Artan ortalama çevresel sıcaklık sivrisinek gibi vektörlerin dağılım oranını etkilemekte, patojenlerin daha hızlı çoğalmalarına ve hastalık yapma güçlerinin artmasına neden olmaktadır.

Öte yandan küresel iklim değişikliğinin, yaşamın her alanını etkilediği yeterince bilinmektedir. Yani, yaşama dair tüm sektörler, küresel iklim değişikliğinden etkilenmektedir. Bu sektörlerden önemsenen iki sektöre ait değerlendirmeler ve etkileşim de aşağıda sunulmuştur:



Şekil 22. 2018 yılı Ocak ayı, sıcaklık normalin 2.1 °C'nin üstünde.
(<https://www.yesilist.com/wp-content/uploads/2018/02/2018-Ocak-%C3%9CTrkiye-socakl%C4%B1k.jpg>; 23 Ağustos 2019, saat 10.50).

İklim değişiminin tarım sektörüne etkileri

Tarım sektörü, iklim değişikliği çerçevesinde değerlendirilirse hem sera gazı kaynağı hem de karbon yutak alanı olarak işlevi olan bir uygulamadır. Ayrıca, tarım, ekosistemlerle toplumun kesiştiği biricik alandır. İklim değişikliği başta meteorolojik bir sorunmuş gibi algılanıyor olsa da doğal ekosistemlerde (özellikle besin maddesi döngülerinde veya hidrolojik döngüde) birçok çevresel unsuru etkileme potansiyeline sahiptir (Demirbağ, 2019). Gerçekten, tarım yaşamın her alanını doğrudan etkilemektedir. Ayrıca iklimin değişimi tarımı, tarımın da iklimi etkilemekte olduğu göz ardı edilmemelidir. Dolayısıyla, iklim, tarım ve yaşam arasındaki ilişkiler sorgulanırken geniş bir çerçevenin gözetilmesi gerekir.

Ancak, iklimin doğrudan tarım üzerindeki etkileri, sınıflandırılarak ele alınabilir. Bu sınıflama, başlıca bitkisel üretime, biyolojik çeşitliliğe ve hayvansal üretime ait etkiler biçiminde yapılabilir (Demirbağ, 2019):

Bitkisel üretim üzerine iklimin olumsuz etkileri, hava sıcaklığı, toprak sıcaklığı, sıcaklıktaki değişim gibi etmenlere bağlıdır. Bu nedenle bitkiler yaşamlarını sürdürmek ve normal fizyolojik fonksiyonlarını yürütmek için bulundukları ekolojik ortamın sıcaklık şartlarına büyük ölçüde bağımlıdırlar. Toprak sıcaklığı bitkiler üzerinde en büyük etkisini çimlenme devresinde ve kök gelişmesinde gösterir. Bitkiler, normal büyüme ve gelişmeleri için gece gündüz, sıcaklık farkının bulunmasını isterler. Kışlık bitkiler, generatif devreye geçmek için, gelişmelerinin ilk devrelerinde belli bir süre, büyümenin minimum sıcaklığının altında bir düşük sıcaklık gereksinimleri ve bir süre dinlenmeler için soğuklama (vernalizasyon) ihtiyacı vardır.

Biyolojik çeşitlilik üzerine iklimin olumsuz etkiler de önemlidir. İklim değişikliği ile (Avrupa dahil, dünyanın pek çok bölgesinde) türlerin kompozisyonu değişiyor ve türlerin soyu, normal olarak kabul edilen değere göre 100–1000 kez daha büyük bir hızla tükeniyor (Bakkenes et al., 2002). Değişikliklerin çoğu yanlış arazi kullanımı ve yaşam alanı bozulması nedeniyle ortaya çıksa da yapılan çalışmalar, bitki kompozisyonundaki değişiklikler ile günümüzde yaşanan iklim değişikliği arasında yüksek bir korelasyon olduğunu ortaya koyuyor. Ayrıca, iklim bitki tür dağılımını da etkilemektedir.

Hayvansal üretim üzerine iklimin olumsuz etkileri, küresel ısınmanın yol açtığı çevresel koşullara dayalıdır. Fiziksel çevre koşulları, bakım, besleme koşullarında ortaya çıkacak etkilerle kendini göstermektedir. Ekstrem (çok sıcak ya da çok soğuk) iklim koşullarından dolayı barındırma daha maliyetli duruma gelmekte, üreme, süt ve et verimi gibi performansla yönelik bazı özelliklerde gerilemeler ortaya çıkabilmektedir. Süt siğirilerinde normal vücut sıcaklığının yükselmesine neden olan

etkenlerin bileşkesine "Sıcak Stresi" denir. Sıcaklık stresinin bilinen ölçümü "Sıcaklık-Nem İndeksi (SNI-THI) dir. Sıcaklık-Nem İndeksi'nin etkileyebileceği alanlar Şekil 23'de görülmektedir.



Şekil 23. Sıcaklık-Nem İndeksi'nin etkileyebileceği bazı alanlar (Demirbağ, 2019).

Sonuç olarak küresel ısınmanın bitkisel üretimi, biyolojik çeşitliliği ve hayvansal üretimi derinden etkilediği açıktır. Ayrıca oluşan kuraklık da kaçınılmaz olarak tarımı etkiler. Bu sorunların önüne geçebilmek için, enerji, sanayi, ulaşım ve tarım sektörlerinde, başta fosil yakıt kullanımının ve sera gazı üretiminin azaltılarak sınırlandırılması gerekir.

Konuya dair yeni politikalar üretilirken, ormanların korunması, "iyi tarım" gibi bilinçli ve iklim dostu tarım uygulamaları, sera gazlarının salınımının azaltılması hedeflenmelidir (Demirbağ, 2019).

İklim değişikliğinin sağlık üzerine etkileri

İklim değişikliği öncelikle çevre sağlığını, başka bir deyişle doğanın sağlığını etkiler. Dolayısıyla çevre sağlığının koşulları sağlanmadan insan sağlığının güvence altına alınması olası değildir.

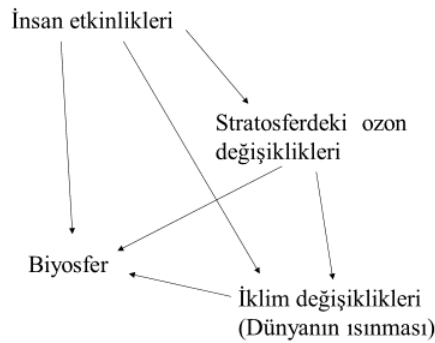
Çevre sağlığı çalışmaları, yerel faktörlere bağlı olarak insan sağlığına yönelik zehirli ya da enfeksiyona dayalı risklere ağırlık verir. Ayrıca, küresel değişime bağlı olarak, ekolojik sistemlerde oluşan değişiklikler sağlıkla ilgili yeni riskler yaratmış, dolayısıyla çevre sağlığının söz konusu sorunlarla da ilgilenmesi zorunlu hale gelmiştir.

Çevre sağlığını oluşturan tüm faktörler, küresel iklim değişikliğinin yarattığı risklerden doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenmektedir. Çevre, dışımızdaki her şeyi, sosyal, fizikojeokimyasal ve biyolojik çevreyi kapsar. Çevrenin bu bileşenleri birbiriyle etkileşim halindedir (Güler, 2019). Sosyal, fizikojeokimyasal ve biyolojik çevre bileşenleri de birçok etmenden doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenir (Şekil 24).



Şekil 24. *Sağlığı etkileyen sosyal, fizikojeokimyasal ve biyolojik çevrenin bileşenleri, doğrudan ve dolaylı olarak birçok etmenden etkilenir* (Güler, 2019).

Söz konusu etkileşimin sağlık açısından önemli sonuçları görülmektedir. Bu etkileşimin temel kaynağı insan eliyle yapılan etkinliklerdir. Bu etkinlikler, insanın kendi varlığını da tehlikeye düşürecek boyutlara ulaşmıştır. Oluşan çevresel değişiklikler insan varlığını tehdit eder duruma gelmiştir. Oluşan tehditler, başlangıçta yerel değişime yol açmış; daha sonra sıra ile önce bölgesel ve nihayet sonuçta günümüzdeki gibi küresel boyutlara ulaşmıştır (Güler, 2019). İnsan etkinliklerinin yol açtığı önemli küresel değişiklikler Şekil 25’de; oluşan küresel değişimin ürünü etmenlerin de toplum sağlığının düzeyini (Şekil 26) belirlediği açıkça görülmektedir.

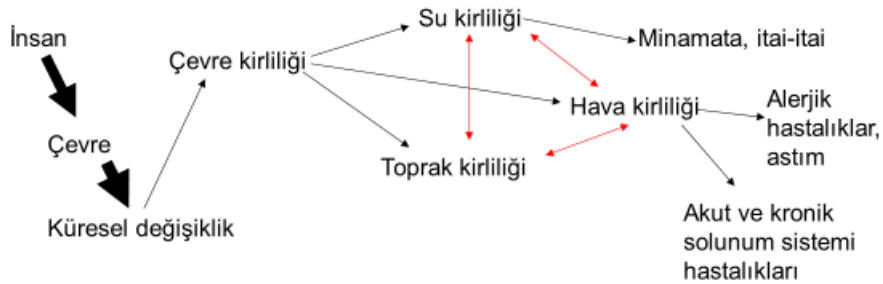


Şekil 25. *İnsan etkinliklerine bağlı önemli küresel değişimler* (Güler, 2019).



Şekil 26. Küresel iklim değişikliğinin ürünü etmenlerle toplum sağlığı düzeyi ilişkileri (Güler, 2019).

Çevre sağlığı güvence altında olmadığında, yerel faktörlere bağlı olarak insan sağlığına yönelik zehirlenmeler ya da enfeksiyonlar oluşur. Çünkü çevre sağlığını belirleyen tüm etmenler küresel değişikliğin yarattığı yeni ortamlardan doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenmektedir. Örneğin, yerel ve küresel çevre kirliliğinin doğadaki akışı, insan sağlığını ve çevre bütünlüğünü tehlikeye sokmaktadır (Şekil 27). Aslında, çevre kirliliği; su kirliliği, hava kirliliği ve toprak kirliliği bileşenlerine ayrılırsa da bu ortamlardan birinde oluşan kirliliklerden diğer ortamlar da etkilenir. İnsan sağlığını tehdit eden hastalıklar da insan kaynaklı etkinlikler sonucu kirlenmiş olan çevrenin temel sonuçlarıdır.



Şekil 27. Küresel değişikliklerden biri de çevre kirliliğinin doğadaki akışı (Güler, 2019).

Öte yandan, küresel iklim değişikliklerinin sonucu olarak oluşan sıcak dalgalar, uyanan ve yeniden başkaldıran enfeksiyonlar ve doğa kaynaklı hava olayları da insan ve toplum sağlığını derinden etkilemektedir (Güler, 2019). Örneğin, dünyanın sıcaklığının artmasına bağlı olarak oluşan **sıcak dalgalara** bağlı hastalık ve ölümler mevsimsel olarak görülmeye başlanmıştır. Ayrıca vektörlerle yayılan hastalıkların artması, vektör üreme bölgelerinin genişlemesi ve değişmesi diğer bir önemli sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Artan ortalama çevresel sıcaklık sivrisinek gibi vektörlerin dağılım oranını, dağılımını ve çokluğunu etkileyecek, patojenlerin daha hızlı çoğalmalarına ve hastalık yapma güçlerinin artmasına neden olmaktadır. Ülkemizde konuya dikkati çeken halk sağlığı kaynakları da artmaya başlamıştır (Güler, 2002; Vaizoglu ve diğerleri, 2007; Güler, 2019'dan).

Dünyanın geleceğini etkileyen önemli diğer hastalık grubu **uyanar ve yeniden başkaldıran enfeksiyonlardır** (WHO, 1992; Roizman, 1995; Horton, 1996; Güler, 2019'dan). Örneğin, değişen çevresel koşullarda, HIV pandemisi, tüberküloz, frengi gibi hastalıklar ortaya çıkmaktadır. Diğer uyanar enfeksiyonlar arasında ebola virüs, hanta virüs, borelia burgdorferi (lyme hastalığı), Legionella pneumophila (lejyoner hastalığı) ve covid 19 sayılabilir. Üstelik bazı bulaşıcı hastalıklar da eski hastalıkların tekrar ortaya çıkmasıyla yayılmaktadır. Bu sorunları aşmanın yolu, koruyucu hekimliğin ve kamusal sağlık sisteminin çağdaş ve bilimsel gelişmelere göre oluşturulmasıdır.

Doğa kaynaklı hava olayları (kuraklık, sel ve taşkın, fırtına ve bunlara bağlı diğer atmosferik olaylar) küresel iklim değişikliğinin ürünüdür ve bunların da sağlık üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi gerekir. Çünkü bu olayların ikincil sonuçları veya bunlara bağlı olarak gecikmiş bir şekilde ortaya çıkan sonuçları hakkında kesin bilgiler sınırlıdır. Doğa kaynaklı afetlerin etkisi ve görülme sıklığı gün geçtikçe daha da artmaktadır. Geçmişe ait veriler incelendiğinde; özellikle 1960'lı yıllarla kıyaslama yapıldığı zaman, son 10 yılda doğa kaynaklı afetlerin sayısının üç kat arttığı ve her bir afetten etkilenenlerin sayısının daha fazla olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, tarım ve sağlık sektörlerinde yaşanan sorunların, özü itibarıyla diğer sektörlerde de yaşandığı söylenebilir. Dolayısıyla, küresel iklim değişikliğiyle, tümüyle bir mücadele zorunludur.

YAŞAMIN VE ÇEVRENİN GELECEĞİ

Yer'in evrimine bakıldığında, geçmişte yaşamış günümüzde benzeri dahi olmayan bazı varlıkların yeryüzünü şenlendirdiği söylenebilir. Bu varlıkların büyük bir bölümü, toplu yok olmalarla yeryüzünden silinmiştir. Toplu yok olmaların nedeni, çoğu kez, büyük meteoritlerin yeryüzüne düşmesi ile ilişkilendirilmiştir. Yani neden, biraz da Yer'in dışında aranmıştır. Oysa neden bir gök cismi olsa bile, bunun yeryüzündeki koşulları değiştirmesi kaçınılmazdır. Toplu yok olmaların oluştukları dönemlere bakıldığında, çevre koşullarındaki önemli değişimler hemen dikkat çeker. Örneğin Prekambriyen ile Paleozoyik, Paleozoyik ile Mezozoyik, ya da Mezozoyik ile Senozoyik (Tersiyer) geçişleri kıtasal riftleşmenin ya da dağ oluşumlarının en yoğun olduğu dönemlere rastlar. Yani, doğa kaynaklı yer süreçlerinin, örneğin aktif volkanizmadan ileri gelen atmosferik kirlenmenin, en yoğun olduğu dönemlerde toplu yok olmalar yaşanmıştır. Dolayısıyla, söz konusu yok olmalarda, doğal çevre koşullarının belirleyici olduğu söylenebilir.

Ancak, gene de Yerbilimleri'nin insanlığa en belirleyici katkısı, doğa yasaları olarak tanımlanan temel bilgilerin aslında bir varsayımdan ibaret olduğu gerçeğidir. Yani zaman ve yerden bağımsız kuralların doğa yasaları olduğu görüşü denetlenmesi gereken bir varsayımdır. Çünkü geçmişten günümüze yalnızca uzay-zaman geometrisi değil, onu yöneten kurallar da değişmiş olabilir. Deney ve gözlemlerle test edilemeyen her varsayım bilim dışıdır.

Günümüzde, Yer'in temel özelliklerini ve çevre koşullarının nasıl değiştiğini kısmen de olsa kavrayan insan, aynı zamanda bu koşulları kendi beklentileri doğrultusunda değiştirme hevesi içindedir. Bu heves, dizginlenemez bir boyuta ulaşmıştır. Dolayısıyla, Dünya bu kez doğa kaynaklı değil, insanın yarattığı büyük bir yapay kirlenme tehdidi altındadır. Oluşan yapay kirlenme, çevre koşullarını değiştirecek düzeydedir.

Yukarıda belirtildiği gibi, insan kaynaklı kirlenmenin sonucu olarak küresel ısıma iklim değişimine, iklim değişimi de doğal yaşamın ve insanlığın geleceğinin kararmasına yol açmaktadır. Sera gazlarının atmosferde yaklaşık 100 yıl dolayında bir ömrü vardır. Bu süre içinde gazlar tüm atmosfere dağılırlar. Dolayısıyla sorun, yalnızca sanayileşmiş ülkelere değil, tüm ülkelere aittir. Başlamış olan küresel ısınmanın geriye dönüşü, hemen hemen olası değildir. Çünkü sera gazlarının atmosferdeki ömürlerinin çok uzun olmalarının yanı sıra, okyanusların ısı kapasiteleri de küresel ısınmayı 30-40 yıl geciktirmektedir. Bu da 'Okyanusal hafıza' olarak bilinmektedir. Dolayısıyla, sera gazları emisyonlarının azaltılmasından sonra, küresel ısınmanın durdurulabilmesi için ayrıca 30-40 yıl gerekecektir.

Sera gazlarının derişimleri, emisyonları azaltılsa bile, belirli bir süre artmaya devam edeceğinden, gelecek birkaç yıl içinde dünya genelinde küresel ısınmayı durdurmak üzere herhangi bir önlem alınmazsa, çok geç kalınmış olacaktır. Oysa doğanın ve doğanın bir bileşeni olan insanın katlanabileceği sınırlar vardır. Kuramsal da olsa, doğaya ve insana ait bu sınırlara ilişkin bazı ayrıntıların

gözetilmesinde yarar vardır. Bu sınırlamalara bakıldığında ne kadar kırılgan bir gezegende yaşamın sürmekte olduğu daha iyi anlaşılmaktadır.

Sorun, uluslararası boyuttadır. Durum böyle olunca sorunun çözümü uluslararası bir dayanışmayı gerektirir. Bu alanda çeşitli çabalar da vardır. Örneğin 1997 yılında 159 ülkenin temsilcileri Japonya'nın Kyoto şehrinde toplanarak Kyoto Protokolü'nü imzaladılar. Buna göre, 38 ülkenin sera gazı emisyonlarının düşürülmesi kararlaştırıldı. Aynı amaçla 2009 yılında Kopenhag, 2015 yılında ise Paris'te de toplantılar yapıldı. Bu dönemlerde ise küresel emisyonlarda artış bile devam etti. Gelişmiş ülkelerin takıntıları bir yana, gelişmekte olan ülkeler de teknolojik alanda gelişmelerini duraklama durumuna getirebilecek bu kararlara taraftar olmadılar. Bu ülkeler, sera gazlarından gelişmiş ülkelerin sorumlu olduklarını, dolayısıyla gerekli önlemleri önce onların alması gerektiğini vurguladılar.

Öte yandan, fosil yakıtların kullanımından çok, yenilenebilir (hidroelektrik, biyokütle, biyogaz, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidrojen enerjisi gibi) enerji kaynakları ve jeotermal enerji kullanımına yönelik teknolojiler geliştirilirse, belki başka bir çıkış yolu bulunabilir. Çünkü tüm önlemlere karşın fosil yakıtlar, küresel ısınmayı önleyici bir seçenek olamazlar. Dünyanın enerji gereksiniminin bir bölümü de, nükleer reaktörlerin teknolojisinin geliştirilmesi, ortaya çıkan atıkların güvenli bir şekilde uzaklaştırılması ve nükleer silahların denetimi gibi koşullar sağlanabilirse, nükleer enerjiden de karşılanabilir.

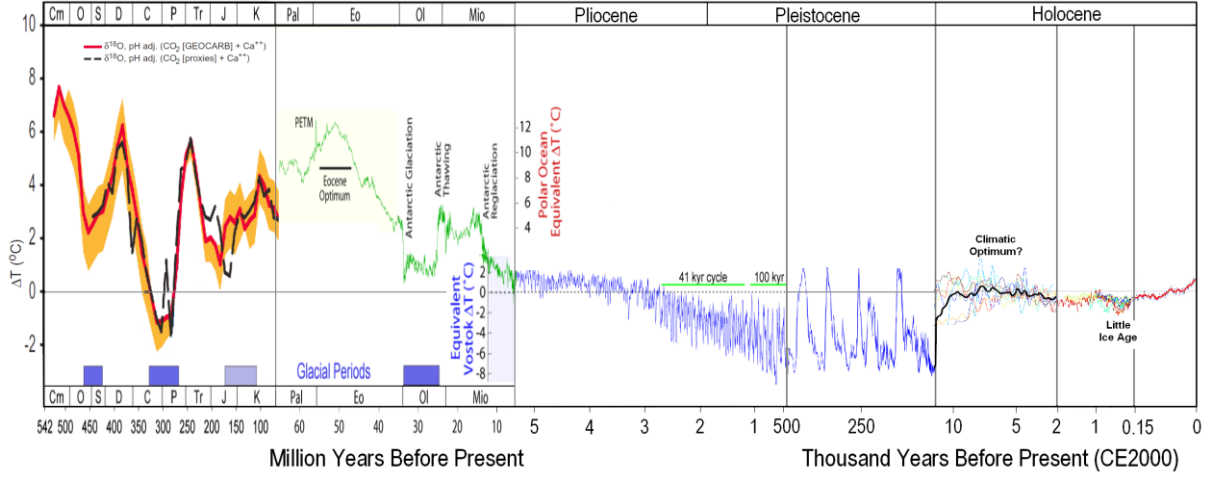
Özü itibarıyla nüfus artışı, küresel ısınma ve iklim değişimi, ormanların tahribi ve çölleşme, devasa atıkların uzaklaştırılması gibi önemli çevre sorunları birbiriyle ilişkili olarak büyümektedir. Dolayısıyla bu çevre sorunlarının sosyo-ekonomik, mühendislik ve çevre sağlığı çerçeveleri gözetilerek bütünsel bir anlayışla değerlendirilmesi zorunluluğu vardır.

İnsan, günümüzde yeni bir yol ayrımına gelmiş bulunuyor. Dünya'nın da nihayet bir taşıma kapasitesi vardır. Ya bu kapasiteye uygun bir yaşam biçimi benimsenecek ve gelişen koşullara uyum sağlanacak ya da değişen koşullar biyo-çeşitliliğin giderek yok olmasına neden olacaktır. Ve sonuçta insan da doğanın ve biyo-çeşitliliğin bir üyesi olarak bu yok olmadan kaçınamayacaktır. Yer'in jeolojik tarihi gözden geçirildiğinde iki önemli gerçeğe karşı karşıya olduğumuzu açıkça görebiliyoruz: 1- Jeolojik geçmişte, günümüzden çok daha sıcak ve çok daha soğuk dönemlerin yaşandığı ve yaşamın da doğal olarak iklim koşullarının denetiminde şekillendiği açıkça görülmektedir. 2- Günümüzdeki küresel ısınmadan ise insanın bizzat kendisi sorumludur.

Günümüzdeki küresel ısınma, 17. yüzyılda sanayi devrimiyle başlamıştır. Öte yandan, Sargosa denizindeki sıcaklıkla ilgili son 3000 yılı içeren verilere göre (Keigwin, 1996), günümüzdeki küresel ısınmanın geçici olduğu ve uzun süreli küresel soğumanın geçerli olmadığı da ileri sürülmektedir. Böyle bir sonucu destekleyen jeolojik veriler de vardır. Örneğin, 200-100 milyon yıl önce kalın bir buz örtü yer yüzeyinde yoktu ve ortalama sıcaklık 20°C'deydi. Bu sıcaklık, günümüzde ise yaklaşık 15°C dolayındadır. Buna göre, yeni bir buzul çağı başlamıştır. Senozoyik başlangıcında Antarktika buzullarla kaplanmış ve düzenli periyodik buzullaşmalar Kuvaterner sırasında Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya kıtalarında oluşmuştur. Her küresel iklim değişimi, atmosferdeki değişimle ilişkilendirilebilir. Bu açıdan bakıldığında aslında dünyamızın iklimi de hiçbir zaman durağan olmamıştır diyebiliriz. Atmosfer sıcaklığının jeolojik çağlarda değişimi Şekil 28'de görülmektedir.

Yapılan kimi kestirimlere göre Yer yüzeyinin ortalama sıcaklığı 250 milyon yıl içinde 0°C'ye kadar azalacaktır. Buna göre buzul arası devrelerde sıcaklık 0°C'nin üstünde 5-8°C dolayında kalacaktır. Yer'in tektonik etkinliğinin genel olarak azalması nedeniyle Dünya okyanusları yaklaşık 200 m kadar alçalacaktır. Sonuç olarak tüm kıta sahanlıkları su yüzeyine çıkacaktır. Bu değişimlere rağmen yüksek düzeyde yaşamın gelişmesi için çevresel koşullar ekvatora yakın ve orta enlemlerde yeterli bir düzeyde korunacaktır. Yaklaşık olarak 400 milyon yıl içinde Yer yüzeyinin ortalama sıcaklığı yaklaşık -5°C'ye kadar düşecek ve bu dönemde okyanus düzeylerinde günümüzdeki konumlarına göre 400 m kadar alçalacaktır. Böyle bir durumda tüm kuzey ve güney yarım küredeki kıtalar, orta enlemlere kadar buzullarla kaplanacaktır. Hatta ekvator da bile, kıtaların yüksek olan tepeleri buzullarla kaplanacaktır.

Temperature of Planet Earth



Şekil 28. Dünya atmosfer sıcaklığının jeolojik çağlarda değişimi (Hansen ve Sato, 2012; Sarıkaya, 2019'dan).

Bu soğuma evresi, sürekli olarak devam etmeyecektir. Yaklaşık olarak 40 milyon yıl içinde azot tüketen bakterilerin etkinlikleri nedeniyle azalan sıcaklık, Güneş'in ısınımındaki artışa bağlı olarak artacaktır. Daha sonra, 600 milyon yıl içinde oluşan denge, Yer'in mantosundaki mağmanın yüzeye doğru çıkmasıyla ortaya çıkan abiyojenik oksijenin artışı nedeniyle bir kesintiye uğrayacaktır. Eğer ortaya çıkan tüm oksijen atmosfere verilirse, oksijenin yeni kısmi basıncı, her milyon yıl içinde 4 atm oranında artacaktır. Gerçekte bu oran yaklaşık bir yılda 0,2 atm'e karşılık gelen bir düzeyin 2 katıdır. Bunun anlamı, mantodan oksijenin çıkışına bağlı olarak 200 milyon yıl sonra atmosferdeki kısmi basınç yaklaşık 4 atm düzeyine ulaşacaktır. Sonuç olarak Yer yüzeyinin ortalama sıcaklığı (Sera etkisi nedeniyle) 76°C'ye yükselecektir. 200 milyon yıl daha eklenirse (yani günümüzden bir milyar yıl sonra), Oksijenin kısmi basıncı 14 atm'i aşacak ve Yer yüzeyinin sıcaklığı da 110 °C'ye yükselecektir.

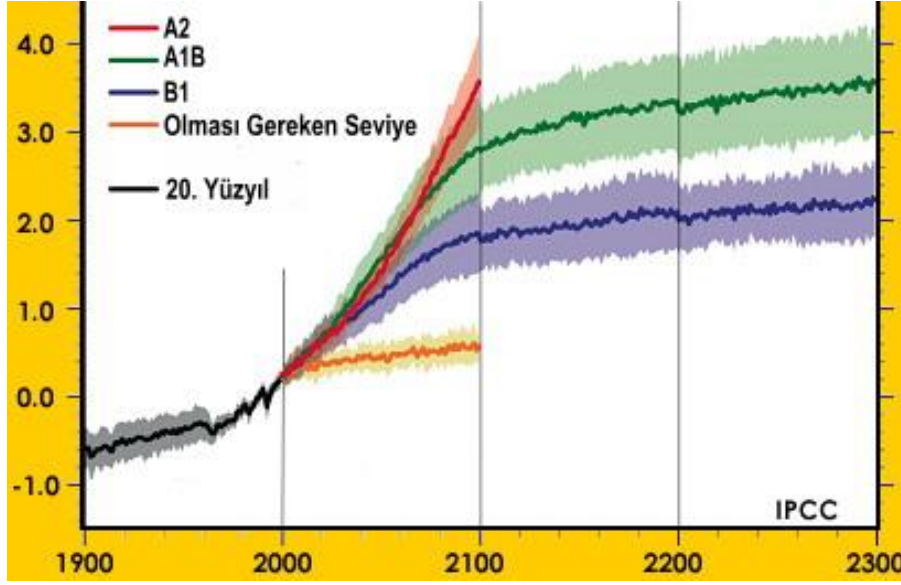
Böylece, Yer'in derinliklerinden çıkan endojenik oksijenin ortaya çıkışından sonra oluşan atmosfer, yanmakta olan bir atmosfere dönüşecektir. Yalnızca okyanuslarda (suda oksijenin düşük derecede çözünmesi nedeniyle), yüksek düzeyde uyum sağlayan formlar, suyun tümü kaynayınca da değin var olacaktır. Okyanuslar kaynamaya başladığında (1,5 milyar yıl sonra) geri dönmeyen sera etkisi (550°C' yaklaşık sıcaklıkta) gelişecek ve böyle bir ortamda ilkel termofilik prokaryotlar (ısıya dayanıklı ilkel organizmalar) bile yaşayamayacaklardır.

Böylece Yer yüzeyindeki yaşamın uzunluğu yaklaşık 4,6 milyar yıl (4 milyar yıl 0,6 milyon gelecekte) olacaktır. Yüksek düzeydeki yaşamın varlığı ise daha kısa zaman aralığına karşılık gelir. Bu da okyanuslarda 1,3 milyar yıl (600 milyon yılı geçmiş, 700 milyon ise olası gelecekte), kara yaşamı için bu süreç 1 milyar yıl olacaktır (400 milyon yıl geçmiş, 600 milyon yılda gelecekte devam edecektir). İnsan türünün yaşam süresi ise yaklaşık 600 milyon yıl olarak kestirilmektedir. Fakat gerçekte çok daha az bir sürede insan türü de yok olacaktır.

Gelecekte Yer için en büyük tehlike, Güneş'ten beklenmektedir. Nükleer reaksiyona bağlı olarak (hidrojen, helyum, karbon vb.) Güneş'e benzer yıldızlar da nükleer reaksiyonların hızı merkezi bölgelerden çevreye doğru giderek artmaktadır. Bu da yıldızların yüzey sıcaklığında ve çapında bir artışın yanı sıra parlaklığında da bir artışa neden olur (Zel'dovich ve Novikov, 1971; Aller, 1976). Böylece gelecekte, Güneş'in ısınımı 4,7 milyar yıl öncesine göre %30 artacaktır. Dolayısıyla Güneş'in ısınımı çok daha hızlı artacak bu da yoğun bir biçimde abiyojenik oksijenin ortaya çıkması nedeniyle güçlü bir sera etkisi yaratacaktır.

Şekil 29'da geleceğe yönelik ilkim senaryolar sunulmuştur. Bu senaryolardan iyimser olan bir geleceği gerçekleştirmek için mutlaka atmosferin kirlenmesinde önemli katkısı olan fosil yakıtların kullanımının sınırlandırılması gerekmektedir. Yani, küresel ısınmada belirleyici olan CO₂ oranının, olması gereken düzeyde tutmak zorunludur. Bu oran aşılsa, A1B ve B1 senaryolarının gerçekleşmesi halinde

belki bir süre daha yaşam devam eder. Ancak, CO₂ oranı denetlenemez bir düzeye erişirse, neler olabileceğini kestirmek olanaksızdır.



Şekil 29. Gelecekteki iklim senaryoları.

(<https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=19;30> Temmuz 2019, saat 10.45).

SONUÇLAR

Yer'in iklimin etkileyen başlıca etmenler, kıtaların devinimi ve volkanik etkinlikler, güneş radyasyonundaki dalgalanmalar, Yer'in yörüngesindeki değişimler ve canlı yaşamın atmosferin bileşimine etkileridir. Bu etmenler, jeolojik geçmişte de Yer'in iklimini etkilemiş, Günümüzde de etkilemekte ve gelecekte de bu etmenlerin etkileri devam edecektir.

İklimin etkileri deniz tabanına yakın yerlerde yaşayan organizmalara da yansımaktadır. Dolayısıyla paleontolojik kayıtlar kullanılarak sıcaklık değişimleri belirlenebilmektedir. Bu değişimler fosillerin CaCO₃'tan oluşan kabuklarındaki oksijen izotop oranlarından anlaşılabilir. Çünkü bu oran, suyun sıcaklığındaki değişimlere dolayısıyla iklime bağlı olarak değişmektedir.

Yapılan değerlendirmelere göre, Prekambriyen'de Günümüz'den daha sıcak ve daha soğuk dönemlerin yaşandığı söylenebilir. Buna göre, Prekambriyen'de üç buzullaşma dönemi yaşanmıştır. Ancak, olasılıkla yeryüzündeki suyun fazla olmaması nedeniyle bu buzullar uzun süre korunamamıştır. Prekambriyen sonu ve Paleozoyik başında Yer'in ikliminde önemli ölçüde gelişen soğuma nedeniyle IV. grup buzullaşma oluşmuştur. Bu sırada Baykaliyen orojenezi oluşmuş ve canlı yaşam büyük ölçüde yok olmuştur.

Paleozoyik ve Mezozoyik sırasında ise iklimde ısınma ve soğuma dönemleri birbirini izlemiştir. Özellikle sıcak dönemlerde karasal bitkilerin ve planktonların biyolojik oksijen üretmesi yeryüzündeki yaşamın ileri düzeyde gelişmesini kolaylaştırmıştır. Paleozoyik-Mezozoyik geçişinde Hersiniyen orojenezi oluşmuş ve bu dönemde de yaşam büyük ölçüde yeniden yok olmuştur. Mezozoyik sırasında özellikle Jura- Erken Kretase döneminde önemli okyanusal havzalar açılmış ve gelişmiş, buna bağlı olarak sıcaklık artmış, bu süreç maksimum düzeye erişerek çiçekli bitkilerin ortaya çıkışına yol açmıştır. Geç Kretase sırasında yay magmatizması egemen olmuş ve bu magmatizmanın ürünü kirlilik de yaşamı olumsuz yönde etkilemiştir. Mezozoyik sonunda da canlı yaşam büyük ölçüde yok olmuştur.

Senozoyik sırasında yaşam yeniden canlanmış, ancak yaklaşık 35 milyon yıl önce (Oligosen'de) son büyük buzul çağı (V. evre) başlamıştır. Oligosen-Orta Miyosen'de yeryüzü geniş buzullarla kaplanmıştır. Bu dönem de önemli kıtasal blokların çarpıştığı bir dönemi karakterize etmektedir.

Pleyistosen'de yaklaşık 100 -120 bin yıllık sürelerle 8-10 °C'lık yavaş ve düzenli soğuma ve ısınma dönemleri görülmektedir. Son kalın buz örtülerinin oluşumundan sonra, yalnızca birkaç bin yıl

Küresel ısınmaya dair tartışmalar bundan sonra da devam edecektir. Zamanla, tartışmalar politikadan soyutlanıp daha bilimsel bir temele oturacaktır. İnsanlık tarihinde her zaman akıl ve bilim kazanmıştır.

Sonuç olarak, yapılan öneriler, temel çevre sorunlarının ancak çok disiplinli bir anlayışla çözülebileceğini göstermektedir. Mesleki kaygılar taşımadan, ekip çalışmalarını esas alarak, önyargısız olarak yapılacak çalışmalarda, daha kapsamlı ve çevreyi koruyucu bilgilerin üretilebileceğine kuşku yoktur. Doğal çevrenin korunması ve geliştirilmesi için mesleki alanlarda ortak mücadelenin sürdürülmesi zorunludur. Daha fazla kâr ve sömürü için doğal çevreyi tahrip eden politikalara karşı çıkmak yetmez; yaşamın her alanında toprağa, suya, havaya, kıyılara, meralara, ormanlara kısaca tüm yaşam alanlarına hep birlikte sahip çıkmak gerekmektedir.

Doğanın ve çevrenin korunması mücadelesi, çevre ile ilgili sorumluluk duyan diğer kurumların çalışanlarıyla ortaklaşarak, sürdürülmelidir. Kirlenmeden ve kirlenmeden barış içinde eşit, özgür, adil ve aydınlık bir dünya; bağımsız ve demokratik bir Türkiye dileğiyle...

'Bilimle, Emekle, İnatla, Umutla'

KAYNAKLAR

- Aller, L., 1976. Atoms, Stars and Nebulas. Mir, Moscow, 352 pp
- Attenborough, D., 1979, Life on Earth. Oxford University Press, London, 399 pp.
- Bakkenes, M., Alkemade, J. R. M., Ihle, F., Leemans, R., Latour, J. B. 2002. Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. Global Change Biology, 8 (4), s. 390-407.
- Behe, M. 1996, Darwin's Black Box, The Free Pres, Newyork, USA.
- Berry, A., 2001, Bilim ve Teknik, TÜBİTAK Aylık popüler bilim dergisi (Çev. Ayşe Turak), Sayı ? ,s.46-52.
- Brinkmann, R., 1966, Abriss der Geologie, Band 2-Historische Geologie F. Enke, Stuttgart.
- Chumakov, N. M.,2001. General tendency of the Earth's climate changes during the past 3 billion years. Reports of the Russian Academy of Sciences, 381 (5), 652-655.
- Chumakov, N. M., 2004. Glacial and interglacial climate in Precambrian. In:Climate during Global Biosphere Changes. Nauka, Moscow, 299 pp.
- Coch, N.K., ve Ludman, A., 1991, Physical Geology, Macmillan Publishing Company, New York, USA, 678s.
- Dede, N. Ö., 2006, Evrim Kuramı'nda sona doğru büyük adımlar: Cumhuriyet Bilim Teknik, 997, 12-15.
- Demirbağ, N. Ş., 2019. İklim değişimi ve tarım. 2. Çevre Jeolojisi Çalıştayı Sonuç Raporu, Küresel İklim Değişikliğinin Yerküre'ye ve Ülkemize Etkileri Oturumu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Yayın No: 142, Ankara, s. 315-323.
- Demirsoy, A. 1999, 4.5 milyar yıl önceden günümüze canlıların evrimi ve evrimi yönlendiren mekanizmalar, Bilim ve Teknik, Aylık popüler bilim dergisi, TÜBİTAK yayını, 375,34-45.
- Dott, R. H. ve Batten, R.L., 1971, Evolution of the Earth: Mc Graw-Hill Comp.,
- Ehlers, J., Gibbard, P.L. ve Hughes, P.D. 2011. Quaternary glaciations-Extent and Chronology, A Closer Look. In: Jaap, J.M., (Ed.), Developments in Quaternary Science, Vol. 15, Elsevier, Amsterdam, 1108 pp.
- Ering, S. 1952. Glacial evidences of the climatic variations in Turkey: Geografiska Annaler, 34, 89--98.
- Galimov, E. M., 2001. The Phenomenon of Life: Between Equilibrium and Linearity. Origin and Principles of Evolution. URSS Editorial, Moscow, 256 pp.
- Gamlin, L., 1999, Evrim-Eyewitness Science Evolution: TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları 116, Başvuru Kitaplığı 3, (Çev. Aksu Bora), Ankara, 645.
- Gerhard, L. C., Harrison, W. E., and Handon, B. M., 2001. Introduction and overview. In: L. C. Gerhard, W. E. Harrison, and B. M. Hanson (Eds). Geo logical Perspective of Global Climate Change. AAPG Studies in Geology, 47, 3-15.
- Glaessner, M. F. 1971, Geographic distribution and time range of the Ediacara-Precambrian fauna. Geol. Soc. Amer. Bull. 82,
- Gore, A., 1993. Küresel Denge, Ekoloji ve İnsan Ruhu. Promat Basın ve Yayın San. Ve Tic. A.Ş., Sabah Yayınları, İstanbul, 368s.
- Gören, A., 2001, Yaşamın kökeni hakkında yeni bir yaklaşım: Bilinçli Tasarım: Bilim ve Teknik, Aylık popüler bilim dergisi, TÜBİTAK yayını, 408, 44-45.

- Güleç, E. ve Kaya, F., 2007, 'İnsan' Nasıl 'İnsan' Oldu? TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni, 2007/2, s.62-75.
- Güler, Ç., 2002. İklim değişikliği ve sağlık, Hacettepe Tıp Dergisi, 33/1, 34-39.
- Güler, Ç., 2019. İklim değişikliği ve sağlık. 2. Çevre Jeolojisi Çalıştay Sonuç Raporu, Küresel İklim Değişikliğinin Yerküre'ye ve Ülkemize Etkileri Oturumu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Yayın No: 142, Ankara, s. 325-339.
- Gürdilek, R., 2001, Evrim tartışmaları; "Evrime rastlantı değil ki..."Bilim ve Teknik, Aylık popüler bilim dergisi, TÜBİTAK yayını, 408, 42-43.
- Hansen, J.E. ve Sato, M., 2012. Paleoclimate implications for human-made climate change. In Climate change (pp. 21-47). Springer, Vienna.
- Hoffman, P.F., Kaufman, A.J., Halverson, G.P. ve Schrag, D.P. 1998. A Neoproterozoic Snowball Earth, Science, 281 (5381), 1342-1346.
- Holland, H. D., 1984, The Chemical Evolution of the Atmosphere and Oceans, Princeton University Press, USA.
- Holmes, A., 1965, Principles of Physical Geology, T. Nelson, London.
- Horton R., 1996. The infected metropolis. Lancet 347:134-135.
- https://www.sciencealert.com/record-smashing-heatwaves-are-hitting-antarctica-and-the-arctic-at-the-same-time?utm_source=ScienceAlert+-+Daily+Email+Updates&utm_campaign=1b1737cb58-MAILCHIMP_EMAIL_CAMPAIGN&utm_medium=email&utm_term=0_fe5632fb09-1b1737cb58-366039650 (23 MARCH 2022).
- [https://tr.pinterest.com/pin/21462535711457440/?utm_campaign=category_pp&utm_content=21462535711457440&utm_source=31&utm_term=5&utm_medium=2012\(28](https://tr.pinterest.com/pin/21462535711457440/?utm_campaign=category_pp&utm_content=21462535711457440&utm_source=31&utm_term=5&utm_medium=2012(28) (28 Şubat 2019, saat 09.50).
- <https://yesilgazete.org/ipccnin-yeni-yayimlanan-iklim-degisikliginin-etkileri-uyum-ve-etkilenebilirlik-raporu-bize-neler-soyluyor/> (28 Mart 2022) .
- Hughes, P.D. ve Woodward, J.C. 2008. Timing of glaciation in the Mediterranean mountains during the last cold stage. Journal of Quaternary Science. 23, 575-588.
- IPPC, 2022. Climate Change 2022 (IPPC-Intergovernmental Panel on Climate Change), Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers, Switzerland, 40s.
- İnan, N., 2006, İnsanın doğuşu: Şenlik; ve Toplu yok olmalar: Konferans notları. CÜ Mühendislik Fakültesi, Mavi Salon, Sivas.
- JMO, 2019, II. Çevre Jeolojisi Çalıştay Sonuç Raporu. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO), Yayın No; 142, Ankara, 354 s.
- Kakaç, S., 2005, Küresel Isınma ve Nükleer Enerji: Günce, Türkiye Bilimler Akademisi Yayını, 32, 11-13.
- Ketin, İ., 1977, Genel Jeoloji, Cilt I, Yerbilimlerine Giriş, İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu-İstanbul, 597 s.
- Keigwin, L. D., 1996. The little ice age and medieval warm period in the Sargasso Sea. Science, 274, 1504-1508.
- Lamb, H.H., 1972. The cold Little Ice Age climate of about 1550 to 1800. Climate: present, past and future. London: Methuen. p. 107.
- Lewin, R., 1998, Modern insanın kökeni (The origin of modern human 1993'den Çeviren Nazım Özüydin) TÜBİTAK popüler bilim kitapları dizisi, Ankara, 246s.
- Lovelock, J. 1987, Gaia: a New Look at Life on Earth, Oxford and New York, Oxford University Press, USA
- Maga, M. 1999, Dört ayaktan iki ayağa... İnsanın Evrimi: Bilim ve Teknik, Aylık popüler bilim dergisi, TÜBİTAK yayını, 375, 48-51.
- McKinney, M.L., Schoch, R.M. ve Yonnavjak, L., 2007, *Environmental Science, Systems and Solutions, Forth Edition, Jones and Bartlett Publishers, Boston, USA, 642 s.*
- Meyen, S. V., 1971. The contemporary paleobotanics and the theory of evolution. Priroda, 2, 48-57.
- Meyen, S. V., 1981. The Traces of Indian Grasses. Mysl', Moscow, 159 pp.
- Miller, S., 1959. Formation of organic compounds on the primitive Earth. In: The Origin of Life on Earth. Pergamon Press, London, pp. 123-135.
- Mintz, L. W., 1972, Historical Geology; The science of a dynamic earth. Ch. E. Merrill, Ohio, USA.
- Nesis, K. N., 2001. When did the life appear in deep ocean?. Priroda, 4, 68-69.

- Oerlemans, J. 2005. Extracting a climate signal from 169 glacier records, *Science*, 308, 675-677.
- Oldroyd, D., 2003, İnsan Düşüncesinde Yerküre; TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları (Çev. Ülkün Tansel), Ankara, 563s.
- Oparin, A. I. (1957). The Origin of Life. Izd. AN SSSR, Moscow, 343 pp.
- Oro, J. (1965). Investigation of organo-chemical evolution. In: Current Aspects of Exobiology. Pergamon Press, London, pp. 13-76.
- Oro, J. (1966). Prebiological organic systems. In: The Origin of Prebiological Systems. Academic Press, NY, pp. 137-162.
- Polat, A., 2013, İçimizdeki balık. Tiktaalik ve Entelognathus'tan insana uzanan 420 milyon yıllık bir evrim serüveni ve evrensel bağlantılar. Cumhuriyet Bilim Teknoloji (CBT), no: 1395 (13 Aralık 2013), s. 8-9.
- Robinson, A. B., Baliunas, S. L., Soon, W., and Robinson, Z. W. (1998). Environmental Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide. 8 pp; info@oism.org; info@marshall.org.
- Roizman B., 1995. Infectious Diseases in an Age of Change; The Impact of Human Ecology and Behavior on Disease Transmission. Washington, DC: National Academy Press, USA
- RSHM ve ATİT, 2000, Küresel Çevre Problemleri; Sera Etkisi, Ozon tabakasının parçalanması ve Ormanların tahribatı: Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi (RSHM) ve Alman Teknik İşbirliği Teşkilatı (ATİT) yayını, Ankara, 149s.
- Rutten, M. G., 1971, The origin life by natural causes. Elsevier, Amsterdam.
- Sakıncı, M., 2006, Yer'in evrimi, Jeolojik evrim ve biyolojik evrim iç içe: Bilim ve Gelecek, Aylık, bilim, kültür, politika dergisi, 26, 8-33.
- Sarıkaya, M.A., 2011a. Türkiye'nin güncel buzulları Editör: Deniz Ekinci, Fiziksel Coğrafya Araştırmaları: Sistemik ve Bölgesel, Türkiye Coğrafya Kurumu Yayınları, 6, İstanbul, 527-544.
- Sarıkaya, M.A., Çiner, A. ve Zreda, M. 2011b. Quaternary Glaciations of Turkey. In: Ehlers, J., Gibbard, P.L., Hughes, P.D. (Eds.), Quaternary Glaciations: Extent and Chronology, A Closer Look, Europe. Amsterdam, Elsevier, 15, 393-403.
- Sarıkaya, M.A. 2012. Recession of the ice cap on Mount Ağrı (Ararat), Turkey, from 1976 to 2011 and its climatic significance. *Journal of Asian Earth Science*, 46, 190-194.
- Sarıkaya, M. A., 2019, İklim değişikliğinin jeolojik tarihi. 2. Çevre Jeolojisi Çalıştayı Sonuç Raporu, Küresel İklim Değişikliğinin Yerküre'ye ve Ülkemize Etkileri Oturumu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Yayın No: 142, Ankara, s. 305-312.
- Schidlowski, M. 1971, Probleme der atmosphärischen evolution im Prekambrium. *Geol. Rundschau*, Bd. 60, Heft, 4, Stuttgart.
- Semikhatov, M. A., Raaben, M. E., Sergeev, V. N., Weis, A. F., and Artemova, O. B., 1999. The biotic events and positive isotopic anomaly of carbonate's carbon 2.3-2.06 billion years ago. In: Stratigraphy. Geologic Correlation. Nedra, Leningrad, pp. 3-27.
- Sezen, F., 2001, Genel Jeoloji Ders Notları, Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas.
- Shopf, T., 1982. Paleo-oceanology. Mir, Moscow, 311 pp.
- Shubin, N., 2008, Your Inner Fish. Pantheon Books, New York, 229s.
- Shubin, N., 2013, The Universe Within. Pantheon Books, New York, 225s.
- Smith, A. G. and Briden, J. C., 1977. Mesozoic and Cenozoic Paleogeographical Maps. Cambridge University Press, London, 63 pp.
- Sorokhtin, O. G., 1974. The Global Evolution of Earth. Nauka, Moscow, 184 pp.
- Sorokhtin, O. G., St Sorokhtin, N. O., 2002. Origin and evolution of the Earth's atmosphere. *Herald Russian Academy of Natural Sciences*, 2 (3), 6-18.
- Sorokhtin, O. G., and Ushakov, S. A., 1991. Global Evolution of Earth. Moscow University, Moscow, 446 pp.
- Sorokhtin, O. G., and Ushakov, S. A., 2002. Development of Earth. Moscow University, Moscow, 559 pp.
- Sorokhtin, O. G., Chilingar, G. V., and Khilyuk L. F., 2007. Global Warming and Global Cooling Evolution of Climate on Earth. Elsevier, Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands Linacre, House, Jordon Hill, Oxford OX2 8DP, UK.
- Tarlacı, S., 2017. Mağaradan Mars'a. Destek yayınları, İstanbul, 416s.
- Vaizoglu, S., A., Tekbaş, Ö. F., Güler, Ç., 2007. Küresel İklim Değişikliğinin Halk Sağlığına Etkileri, İstanbul Dış Hekimleri Odası Dergisi, 113, 77-79.
- Walker, J. C. G., 1996, Yer'in Tarihi (Çev. E. Uluhan), Nar Yayınları, Ankara.
- WHO, 1992. Our planet, our health, Report of the World Health Organization (WHO) commission on

health and environment, Geneva

www.scotese.com/earth.htm

Yılmaz, A., 2008. Çevre Jeolojisi, CÜ Mühendislik Fakültesi yayın no.107, Sivas, 379 s.

Zel'dovich, Y. B., ve Novikov, I. D., 1971. The Theory of Gravitation and Evolution of Stars. Nauka, Moscow, 484 pp.