

Ali Alper Akyüz*

Ekolojik Gezegen Modellemeleri ve Anlam Dünyası Olarak Geleceğin Coğrafyası *Ecological Planetary Models and Future Geography as a World of Meaning*

Öz

Endüstriyel kapitalizmin ve tüketim toplumunun ekoloji üzerindeki etkilerini ve olası gelecekleri tespit etmek için sistem dinamiği prensiplerini kullanarak dünyayı ve insan etkinliklerinin etkisini modelleyen çalışmaların yankısı ve tartışmalar her dönem akademik çevreleri aşan bir nitelik sergiledi. Bu çalışmada 1970'lerden bu yana farklı dönemlerde oluşturulan ve en çok bilinen ve referans verilen üç gezegen modelleme çalışması olan Büyümenin Sınırları, Ekolojik Ayakizi ve Gezegen Eşikleri karşılaştırmalı olarak ele alınmış, karşılaştıkları eleştiriler ve politik tartışmaya yansımaları incelenerek insan kaynaklı küresel iklim değişikliğinin oldukça belirleyici olmaya başladığı günümüz için anlamları üzerinde durulmuştur. Küresel düzeydeki modellemelerin yerel ve bölgesel düzeyler için yorumlanma ve uyarlanma çabaları ile fiziksel ve beşeri coğrafya ile var olan ve olası etkileşimleri ihtiyaç duyulan toplumsal dönüşümler ve anlamlandırma süreçleri için önemli olanaklar sunmaktadır.

263

Abstract

Echoes of and debates around modelling Earth and human activity using system dynamics principles to analyze impact of industrial capitalism and consumer society over ecology, and possible futures thereof, has always found a platform extending beyond academia. In this article, three most well-known planetary models produced in different contexts since 1970's, Limits to Growth, Ecological Footprint and Planetary Boundaries has been comparatively discussed together with criticisms and their reflection in political debate as well as their particular meaning for today's context of a highly determining anthropogenic global climate change. Efforts of interpreting and adjusting these global models in a local and regional scale and their existing and potential interactions with physical and human geography present significant opportunities for most needed societal transformations and sense-making processes.

Anahtar kelimeler

Gezegen modelleri, ekoloji, fiziksel ve beşeri coğrafya, sistem dinamiği, dönüşüm

Keywords

Planetary models, ecology, physical and human geography, system dynamics, transformation

* İstanbul Bilgi Üniversitesi, alper.akyuz@bilgi.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4417-9025.

Giriş

İnsanlığın yeryüzü üzerindeki varlığı ve faaliyetlerini sınırlı bir sistem olan gezegen çerçevesinde analiz etmeyi amaçlayan popüler modelleme çalışmaları, sonuçları itibarıyla gelecek tasavvurlarını bazen açık olarak (1972 tarihli Büyümenin Sınırları raporu ve 20. ve 30. yıl güncellemelerinde olduğu gibi), bazen de alt metin olarak (Ekolojik Ayak İzi ve Gezegen Eşikleri çalışmalarında olduğu gibi) vurgularlar. Bu modellere özellikle son 20 yılda küresel iklim değişikliğinin gelecekteki etkilerini çeşitli senaryolarla ortaya koymaya çalışanlar da eklenmiştir. Bu makale kapsamında dünyada en çok kullanılan ve referans verilen üç gezegen modelleme çalışması (Büyümenin Sınırları [Limits To Growth], Ekolojik Ayak İzi [Ecological Footprint] ve Gezegen Eşikleri [Planetary Boundaries]) tarihsel gelişimleri, yazarlarının görüşleri ve güncelleme çabaları açısından ele alınarak yerleştirilme ve spesifikleştirilme perspektifleri incelenecek ve sosyal bilimler ve politikaya yansımaları ve ilişkilene potansiyelleri değerlendirilecektir.

Endüstriyel kapitalizmin ve özellikle 1950'lerden sonra yaşama geçirilmeye başlanan küresel tüketim toplumunun gezegenin ekolojisi üzerindeki etkileri 1960'lardan itibaren yaygınlaşan bir kaygı konusu olmuş ve bugün bildiğimiz anlamdaki çevre ve ekoloji hareketleri ve ekolojist düşünce akımları görünür ve etkili hale gelmeye başlamıştı.¹ Özellikle 2. Dünya Savaşı sonrasında tarımın Yeşil Devrim olarak bilinen süreçle birlikte kimyasal girdi yoğun ve mekanize bir hal alması, Fordizmle birlikte endüstrinin tüketim mallarının kitlesel üretimi için yeniden yapılanması, bütün bu üretimin satış ve pazarlanması için ihtiyaç duyulan altyapının inşası ve emek gücünün hızla kırlardan kentlere aktarılması bir yandan ekonomik büyümeyi ve insan nüfusunu hızla artırırken öte yandan gezegenin peyzajını daha önce görülmemiş bir hızda değiştirmeye, ürettiği toksik atıkların kontrolsüz bir şekilde yaşam alanlarına verilmesiyle de ciddi ekolojik tahribata ve sağlık sorunlarına yol açmaya başlamıştı. Ancak sonradan "Büyük İvmelenme" adı verilen bu dönemin ekosistemlere ve insan sağlığına yerel düzeydeki etkilerini incelemenin ötesine geçen ilk bilimsel modelleme çalışması 1972 yılında "Büyümenin Sınırları" başlığıyla yayımlandı (Meadows ve diğerleri, 1972) ve doğmakta olan yeşil hareketin argümanlarının bilgi altyapısını oluşturdu. Döneminde çok tartışma yaratan çalışmanın güncellemeleri yapılsa ve yankısı hala sürse de sonraki dönemlerde insan faaliyetlerinin gezegene ve ekolojik sisteme etkisini farklı açılardan inceleyen başka modelleme çalışmaları da ortaya çıktı. Bunlardan en çok bilinen ve atıfta bulunan ikisi 1990'larda geliştirilen Ekolojik Ayakizi (Wackernagel ve Rees, 1998) ve ilk versiyonu 2009'da yayımlanan Gezegen Eşikleri (Rockström ve diğerleri, 2009b) başlıklı çalışmalardır. Çalışmaların her üçü de Dünyayı güneş kaynaklı enerji giriş ve çıkışı açısından açık, madde giriş-çıkışının ise ihmal edilebilir düzeyde olduğu bir yarı açık sistem olarak ele almakta ve modellemelerinde sistem dinamiği ilkelerini uygulamaktadır. Bunun dışında her bir modelin üretildiği dönem ve bağlam, ekolojik kaygıların yeni bir aşamaya erişmiş olduğu zamanlara denk düşer ve araştırmacıları modellemelerin sonuçlarının küresel politikalara yansımalarını amaçladıklarını açıkça belirtirler. Ancak çalış-

maların coğrafi yaklaşımları küresellik üst çatısında birleşmeler de kullandıkları veriler, hesaplama ve analiz yöntemleri, coğrafyaya yaklaşımları ve daha alt coğrafi düzeylere ve gelecek tahminlerine uygulanabilirlikleri açısından farklılaşır.

Bu çalışma kapsamında bugüne kadar akademik çevrelerin ötesinde en çok etkili olmuş bu üç gezegen modellemesi arasında “coğrafya” ve dönem analizi perspektifinden yararlanılarak disiplinlerarası ve yorumlayıcı bir karşılaştırma yapılmıştır. Üç modellemenin metodolojileri ve ulaştıkları sonuçlar ile araştırmacıların motivasyonları hakkında birincil kaynaklar kullanılmış, modellemeler hakkında gezegen sistem dinamiği ve küresel çevresel değişim alanındaki bilimsel kaynaklarda ve politik ekoloji ve eleştirel coğrafya literatüründe yer alan çalışma, eleştiri ve tartışmalar derlenmiş ve sunulmuştur. Bununla birlikte modellerde veya modellerin de içinde olduğu tartışmalarda kullanılan ve makale içinde değinilen “Antroposen”, “Büyük İvmelenme”, “Küçülme” [Degrowth] gibi imleyici kavramların kendileri hakkında ayrıntılı tartışma bu makalenin sınırlarını aşmaktadır. Makalenin izleyen bölümlerinde önce her bir modelleme çalışması kendi bağlamları içinde açıklanacak, coğrafi yaklaşımları karşılaştırmalı olarak incelenecek, literatürdeki tartışmalarla birlikte sundukları ve/veya ima ettikleri gezegen geleceği perspektifleri toplumsal ve politik söylem açısından ortaya konulmaya çalışılacaktır.

Antroposeni Modellemek

İnsan faaliyetlerinin gezegenin doğal sistemleri ile etkileşimi insanlık tarihinin her dönemi için incelenebilir. Bununla birlikte 20.yüzyılın ikinci yarısından itibaren gezegenin yer katmanlarında türün yok olması sonrasında da varlığını sürdürecekt kalıcı izler bıraktığımız argümanından yola çıkan Nobel ödüllü kimyager Paul Crutzen ve biyolog Eugene Stoermer, içinde bulunduğumuz dönem için ‘İnsan Çağı’ anlamına gelen yeni bir jeolojik çağ isimlendirmesi önerisinde bulundular: Antroposen (Crutzen ve Stoermer, 2000). Bu öneri Uluslararası Stratigrafi Komisyonu tarafından henüz sonuçlandırılıp resmîyet kazanmasa da özellikle 2010’ların başından itibaren yer bilimcilerin tartışma çevrelerinin dışına taşınıp sosyal bilimler, felsefe ve sanat çevrelerinde de yaygınlık kazandı ve bir temel kavram olarak benimsendi. Kavrama yüklenen anlamlardaki farklılıklar, başlangıç zamanının belirsizliği ve bununla ilgili önerilerin çeşitliliği ve ileri sürülen kanıtların spesifik insan faaliyetleriyle ilişkilendirilmesi önerinin resmî kabul sürecini ikinci plana itti; kavramın yarattığı tartışma ve üzerine düşünme olanakları ve kullanım yaygınlığı yer bilimciler tarafından resmen kabul edilmese de şimdiden benimsendiğinin ve varlığını sürdüreceğinin bir göstergesi sayılabilir. Özellikle tarımla birlikte yeryüzü peyzajını ve arazi sistemlerini kalıcı olarak değiştirmeye muktedir hale gelmiş olsa da yer katmanlarında, okyanuslarda ve atmosferde bırakılan kalıcı izler aslen endüstri devrimi ve özellikle de 2. Dünya Savaşı sonrasındaki “Büyük İvmelenme” dönemine tarihlenebiliyor. Bu izler arasında yeraltı nükleer denemelerinin katmanlara etkileri ve radyoaktif kalıntıları, atmosferdeki karbon birikimi, ozon tabakasındaki incelme, dev baraj göllerinin yarattığı değişimler gibi tür olarak yok olsak da varlığını uzun zaman sürdürecekt göstergeler bulunuyor.

Coğrafyacı Noel Castree'ye göre "Antroposen fikri (...) 'doğa' gibi ulvi ve çok anlamlı bir kelimeden daha da büyük bir anlamsal uzama ve şimdilerde daha aşına olduğumuz 'küresel çevresel değişim' teriminden daha zengin çağrışımlara sahip, gerçekten kapsayıcı bir kavram" ve bu nedenle "fiziksel, çevresel ve beşeri coğrafyacılar arasında yeni tartışmalara yol verebilir." (Castree, 2014a, s. 438) Antroposen olarak adlandırma önerisi görece yeni olsa da bu öneriye yol açan gezegen düzeyindeki etki incelemelerinin aslen Antroposen döneminin yeryüzünü konu edindiği iddia edilebilir.

Büyümenin Sınırları çalışmasıyla sonuçlanan World3 modellemesi sınırlı bir gezegen üzerindeki insan nüfusu ve endüstriyel çıktı büyüklüğünü incelediği için antroposentrik bir yaklaşıma sahip olsa da bu büyüklükleri sınırlayan değişken dünyanın ekolojik taşıma kapasitesiydi. Ekolojik Ayak İzi hesaplamasının yine kasti olarak sadece insan tüketiminin gerektirdiği toplam "biyokapasite" ile dünya üzerinde bu tüketim için halihazırda var olan "biyokapasite" arasında tarihsel verilere dayalı bir karşılaştırma yaparken tespit ettiği açığın ilk kez 1970'lerde ortaya çıkıp sonra hızlanarak arttığı iddia ediliyor. Son olarak Gezegen Eşikleri modellemesi ise gezegen üzerindeki insan etkisini değişken sayısını artırarak ve somutlaştırarak ölçmeye çalışıyor ve ilk ortaya atıldığı zamandan bu yana kendisini Antroposen kavramıyla ilişkilendiriyor. Ancak her bir modellemenin ortaya çıktığı bağlamdaki çevresel kaygıların ve çevreci söylemin modellemelerin yapılandırmasında ve sonuçlarının çerçevelenmesindeki etkisinin izlenebiliyor olması da sosyal hareketlerin tarihi ve etkisi açısından oldukça zengin çıkarımlara yol açabilir. Bu nedenle modellemeleri öncelikle ayrı ayrı inceleyeceğiz.

Büyümenin Sınırları

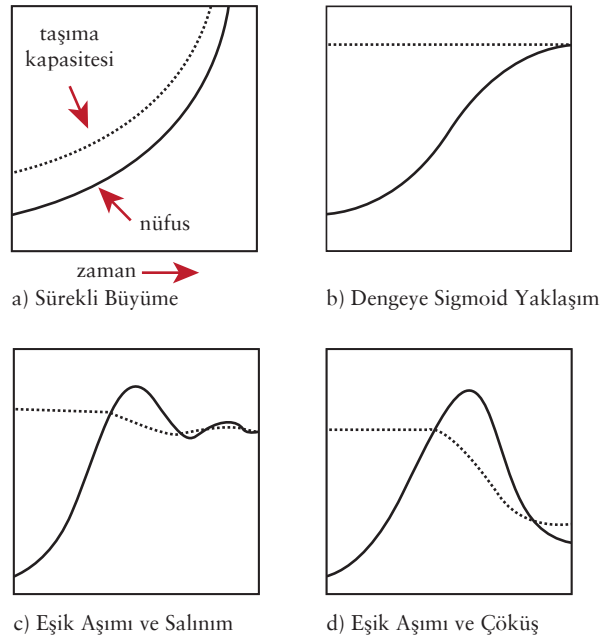
Çevre ile ilgili yasal düzenlemelerin ve denetimin çok sınırlı olduğu bir ortamda yaşanan endüstriyel üretim patlamasının yol açtığı yaygın çevre kirliliği 1960'larda çevresel kaygıların artmasına ve sonuçta oluşan çevre hareketleri aracılığıyla konunun endüstrileşmiş ülkelerde daha önce olmadığı kadar sıklıkla tartışılmaya başlamasına yol açtı. İtirazların çoğunluğu yerel ölçekte ve 'Arka bahçemde olmaz! [Not in my backyard!]' şeklinde olsa da küresel ölçekte de gidişattan kaygılanmaya başlayan kanaat önderleri ve bilim çevreleri için bir araya gelmenin koşulları oluşmuştu ve bu bir araya gelmenin ilk sonucu Büyümenin Sınırları başlıklı rapor oldu. İtalyan sanayici Aurelio Peccei'nin girişimiyle kurulan Roma Kulübü adlı düşünce kuruluşu ile Massachusetts Institute Technology'den Jay Forrester'ın liderliğinde dünya modellemeleri üzerine çalışan bir grup araştırmacının işbirliği sonucu yürütülen çalışma, türünün öncü örneklerinden bir bilgisayar modellemesi kullanıyor ve farklı politik ve ekonomik tercihleri içeren senaryolar için insan nüfusu, tarımsal üretim, yenilenemeyen kaynakların kullanımı, endüstriyel üretim ve kirlilik değişkenlerinin 2100 yılına kadar değişimlerini belirlemeyi hedefliyordu. Sistem dinamiği prensiplerine göre kurulan ve her büyüklüğü etkileyen neden-sonuç ilişkilerini, pozitif ve negatif geri besleme döngülerini ve bütün bunların birbiriyle bağlantısını içeren modelin çıktıları, aktif nüfus kontrolü ve küresel ekonomik büyümenin birlikte sınır-

landığı dört senaryo dışında tamamında (8 senaryo) 21. yüzyılın yarısından itibaren insan nüfusunda ve endüstriyel üretimde hızlı bir azalma gösterdi.

Raporun ve modelin dayandığı sistem dinamiği prensiplerine göre, ele alınan büyüklüklerin desteklenmesi açısından aşınabilir bir taşıma kapasitesiyle “sınırlı” bir sistemde, bu büyüklüklerin bu sınırları gözetmeden ve üstel olarak büyümeleri yolunda bir itki bulunması halinde sanıldığı gibi sınıra kendiliğinden asimptotik ve sigmoid bir yaklaşma ve sabitlenme eğiliminin görülmeyeceğini (Şekil 1.b), aksine eşik aşımı [overshoot] durumunun ortaya çıkacağını öngörüyor (Şekil 1.c ve Şekil 1.d; c ve d arasındaki fark taşıma kapasitesinin anlamlı bir zamanda yerine konulup konulamayacağıdır). Bu örüntüye göre sınırın aşılmasıyla büyüme hemen ve kendiliğinden durmayacak, aşılrken aşınmaya başlayan taşıma kapasitesinin yerine konulamayarak aşırı azalması durumunda ise bir devrilme noktasına [tipping point] ulaşılarak kontrolden çıkmış ani bir çöküş yaşanacaktır.

Şekil 1

Büyüklüklerin Kendisini Sınırlayan Taşıma Kapasitesiyle Zamana Göre Olası İlişkenme Biçimleri



Kaynak: Meadows, Randers ve Meadows, 2004, s. 138

Raporda sınırlı sistem dünya, taşıma kapasitesi gıda üretimi için yenilenebilir ve endüstriyel üretim için ağırlıklı yenilenemeyen kaynaklar bütünü, üstel büyüme eğilimindeki büyüklükler ise insan nüfusu ve endüstriyel çıktı olarak ele alınmıştır. Dünya aynı zamanda hem kaynak deposu, hem de atıkların alıcı ortamı olarak modellenmiştir ve nüfus ve endüstriyel

üretimle birlikte atıkların da üstel büyümesi aynı zamanda dünyanın yenilenebilir kaynakları yeniden üretme kapasitesini de düşürecektir. Ancak bir tür kara kutu olarak nitelendirilebilecek dünyanın toplam taşıma kapasitesi hakkında tahminler yürütülebilse de bu kapasite tam ve kesin olarak belirlenemez. Bu durum aynı zamanda sınırlara yaklaşıp yaklaşılmadığı konusunda nesnel bilgiye dayalı bir toplumsal uzlaşmaya ulaşılmasını zorlaştırır ve ontolojik olarak sürekli büyüme temelinde kurgulanan siyasi ve ekonomik kurumların tepki vermesinin önüne geçer. Bu noktada önlem alınmasının önünde sadece ekonomik ve siyasi değil, aynı zamanda (sosyal) psikolojik bir engelin de bulunduğunu belirtmek gerekir: ulus-devletler özelinde ekonomik büyümeyi sınırlandıracağını belirten bir siyasi partinin seçim kazanacak oyu toparlaması, ya da demokrasisi sorunlu ya da otoriter ülkelerde klientalist veya dar çevrelerin ekonomik çıkarları üzerine kurulu bir yönetimin ekonomik büyüklüğü sınırlayacak politikalar izlemeye ikna olması olasılığı oldukça düşüktür. İklim değişikliği müzakerelerinin bugüne kadarki seyrinin gösterdiği üzere bu uzlaşmanın uluslararası düzeyde ve zamanında gerçekleşmesi aynı varsayımlar üzerine kurulu olan hükümetlerarası kurumsal merteye nedeniyle daha da zordur.

Çalışmanın sonuçları dönemin ilgili kamuoyunu bir yanda uzun zamandır dile getirdikleri sezgisel argümanları için bilimsel bir temele kavuştuğu için modeli olumlayanlar, diğer yanda ise modelin yetersiz verilere ve yanlış varsayımlara dayandığını ileri sürerek eleştirenler olarak ikiye böldü (Bardi 2011, s. 50). Meadows 2012 yılında eleştirilerin tarih içindeki gelişimini “ilk yayımlandığında aslında sınır falan olmadığını iddia ettiler, 1980’lerde sınırların olsa da çok uzak gelecekte olduklarını, 1990’larda yaklaşıp da teknoloji ve piyasaların eşik aşımını engelleyeceğini, 2000’lerde ise ekonomik büyümenin eşik aşımından kaynaklanan sorunları çözmek için ihtiyaç duyacağımız daha fazla kaynağı bize sağlayacağını söylediler” şeklinde özetliyordu (Smithsonian 2012). Bardi eleştirilerin tarihine yer verdiği incelemesinde (2011, s. 51-63) ilk dönem eleştirilerin ya sadece en kötü baz senaryoyu temel alıp ara senaryoları ve hatta bazıları gerçekçi olamayacak kadar iyimser olan senaryoları görmezden geldiklerini, ya da araştırmacıların kendilerinin de kitapta belirttikleri sınırlılıkları modelin toptan yanlış olduğuna kanıt olarak öne çıkardıklarını, ancak 2000’lere kadar gelindiğinde hiç bir eleştirinin modelin temelden yanlış olduğunu kanıtlamadığını vurguluyor. Çalışmanın kaynaktan kuyuya materyal akışına dayan modelinin benzerini geriye doğru olarak gerçekleşen küresel verilerin hesaplanması için kullanan yakın tarihli bir çalışma da “Büyük İvmelenme” dönemiyle 2000 sonrası dönem arasında üstel büyüme açısından benzerlikleri tespit ediyor (Kraussmann, Lauk, Haas ve Wiedenhofer, 2018, s. 139), ancak taşıma kapasitesi olarak sınırları varsaymadıkları için gelecek senaryolarında hafriyattan atık ve emisiyona doğru akışta kişi başı büyümenin geleceğe doğru da sürmesini öngörüyor.

1972 yılında yapılan çalışma açıkça bir alarm zili çalarak çöküşe doğru gidişatı engelleyecek kararların küresel düzeyde alınmasını hedefliyordu; aynı yıl Birleşmiş Milletler tarafından ilk uluslararası çevre zirvesi olarak nitelenen Stockholm İnsan Çevresi Konferansı düzenlendi. 20 yıl sonra Rio de Janeiro’da düzenlenen ve iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik ve çölleşmeyle müca-

dele gibi bir dizi uluslararası sözleşmenin imzalanmasına sahne olan Dünya Çevre ve Kalkınma Konferansı (Yeryüzü Zirvesi) aynı zamanda Büyümenin Sınırları çalışmasının 20. yıl güncellenmesine de vesile oldu. Aradan geçen 20 yılda yazarların amaçlarının aksine somut bir politika değişikliği olmadığı gibi iklim değişikliğinin yakın bir tehlike olduğu ortaya çıkmış, küresel ticaret ağları giderek serbestleşen ekonomik rejimler sayesinde daha fazla mal dolaşımına açılmış ve endüstriyel kirlilik ve yenilenemeyen kaynakların hızla çıkarılarak tüketilmesi eğilimi bütün dünyaya yaygınlaşmıştı. Raporun aynı yazar ekibiyle son güncellenmesi Donella Meadows'un 2001'deki ölümüne karşın 30. yıl vesilesiyle yapıldı (Meadows, Randers ve Meadows, 2004). 30. yıl güncellenmesinde yazarlar 1972'deki amaçlarını hatırlatıyor ve arada geliştirilen Ekolojik Ayakizi hesaplamasının da teyit ettiği gibi dünyanın eşik aşımı durumunda olduğunu, çöküşü engellemek için hızla harekete geçilmesi gerektiğini söylüyorlardı. 40. yıla gelindiğinde ise Dennis Meadows artık çöküşü engellemenin olanaksız olduğunu ve bu yüzden yeni bir güncellenmenin anlamı olmadığını, kendisinin de çöküş döneminden küçük toplulukların insani değerlerini yitirmeden nasıl çıkabilecekleri üzerinde çalışmaya başladığını açıklıyordu (Smithsonian, 2012). Yazarlar veya oluşturan kurumlar tarafından güncellenmese de model çeşitli araştırmacılar tarafından yeni verilerle yeniden çalıştırıldığında ya da tarihsel olarak gerçekleşen verilerle karşılaştırıldığında nüfus ve endüstriyel çıktıda en erken dönemde çöküşün görüleceği baz senaryonun halen izlenmekte olduğu belirtiliyor (Bardi, 2011; Turner, 2014).

Raporun hayatta olan diğer yazarı Jorgen Randers ise Dennis Meadows'tan farklı bir yaklaşımla piyasa, teknolojik gelişmeler ve nüfus artışındaki azalma eğilimleri nedeniyle yakın zamanda çöküş olmayacağı tahminini "2052" adlı ve yine Roma Kulübü tarafından ismarlanan bir kitapta sundu (Randers, 2012). Büyümenin Sınırları çalışmasının senaryolarından birisini takip ettiğini ve 'bilgiye dayalı bir tahmin geliştirdiğini' söyleyen Randers'e göre fosil yakıtlardan çıkış erişim maliyetleri ve rakip yenilenebilir teknolojilerin ucuzlaması nedeniyle beklenenden daha hızlı olacak, dünya çapında şehirleşme ve kadınların eğitim düzeyinin artışıyla birlikte nüfus artış oranları düşerek sabitlenmeye doğru gidecek ve sonuçta toplam ekonomik büyüklük artış hızında ve kirlilikte azalma görülmesi yakın gelecekte bir çöküşü engelleyecek. Ancak kendisine göre 2052'ye kadar çöküş olmaması bu süre içinde daha iyi bir dünyada yaşayacağımız anlamına gelmiyor ve özellikle iklim değişikliği kaynaklı maliyetlerin (uyum için gereken devasa altyapı harcamalarının ve her halukarda üstel olarak artacak aşırı hava olaylarının ve deniz seviyelerindeki yükselmenin vereceği zararın tazmin ve telafisinin) Gayrisafi Yurtiçi Hasıladan daha fazla pay ayrılmasını gerektirmesi nedeniyle tüketim ekonomisinin bildiğimiz gibi süremeyeceğini, bunun hoşnutsuzluğu artıracığını ve bu durum karşısında acil ihtiyaçlara yanıt veremeyen demokrasilerin gerileyeceğini, otoriter rejim ve uygulamaların artacağını öngörüyor.

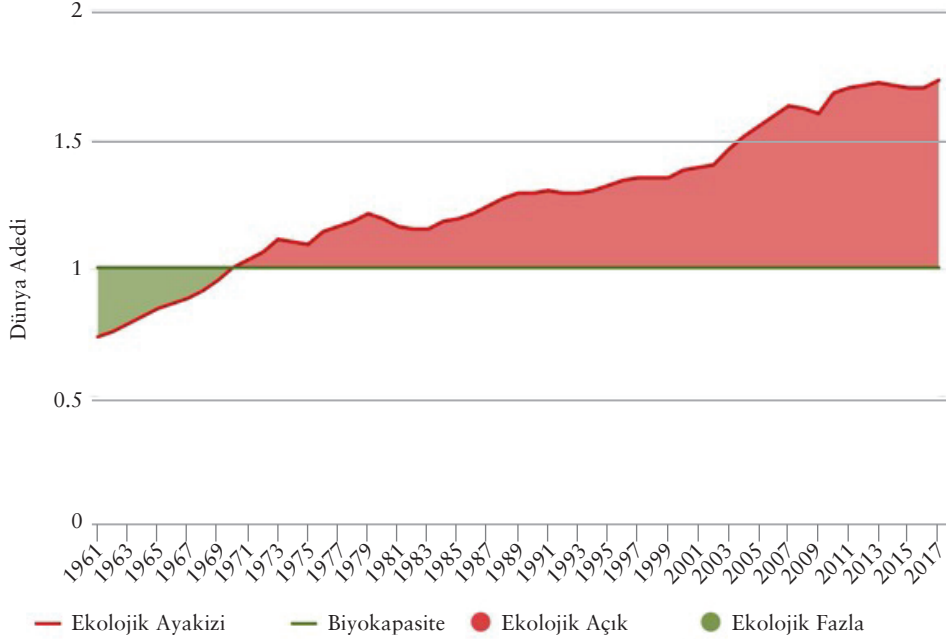
Ekolojik Ayakizi

1990'ların başında Rio zirvesinin beraberinde getirdiği Gündem 21 rüzgarıyla yeni bir aşamaya giren resmi çevrecilik bir yandan Çevre Bakanlıkları, Çevre Koruma Ajansları ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı gibi kurumları güçlendirirken öte yandan politikaları için “nesnel ölçütlere” ihtiyaç duyuyordu. 1990'ların ortalarında William Rees ve doktora öğrencisi Mathis Wackernagel tarafından ortaya atılan Ekolojik Ayakizi modellemesi ve hesaplama yöntemi 2000'lerin başına gelindiğinde kabul gören bir “sürdürülebilirlik ölçüsü” haline geldi. Özellikle Wackernagel'in dünya çapında sürdürdüğü politik girişimciliğiyle çok kullanılan bir kavram haline gelen Ekolojik Ayakizi, aynı zamanda yine kendisi tarafından kurulan Küresel Ayakizi Ağı [Global Footprint Network] adlı düşünce kuruluşu² aracılığıyla hesaplama yöntemlerini sürekli güncelleyerek bütün ülkeler ve dünya için her sene ayakizi hesaplaması yapılan süregelen bir gösterge oldu.

Büyümenin Sınırları raporunun dikkat çektiği üzere sanal bir birim olan para fiziksel ekonominin sürdürülebilirliği için ölçüt olamazdı (Meadows ve diğerleri 2004, s. 37-38); Ekolojik Ayakizi modellemesi bu nedenle üretken araziye maddi bir ölçüm birimi olarak seçti ve arazi üretkenliğine göre birim araziye atanan katsayılar yoluyla dünya yüzeyini “küresel hektar” adı verilen bir birim yoluyla modifiye eden bir biyokapasite ölçümü gerçekleştirdi. (Tüketimin) Ekolojik Ayakizi, (dünya sistemlerinin birim zamandaki doğal üretkenliğine zarar vermemek olarak tanımlanan) sürdürülebilirlik sınırları içinde ihtiyaç duyulan üretken arazi miktarını hesaplarken dünyanın ve ülkelerin halihazırda var olan/gerçek biyokapasiteleriyle karşılaştırma yaparak küresel ve ulusal açıkları ve fazlaları hesaplıyor. Birleşmiş Milletler aracılığıyla ulaşılabilen verileri ve istatistikleri kullanan hesaplama bu verilerin elde olduğu ilk tarih olan 1961 yılına kadar geriye doğru bir bakışla da tarihsel gelişimi sunmayı amaçlıyor. Sistem dinamiği yaklaşımını ve “eşik aşımı” ya da “taşınma kapasitesi” gibi kavramları kullanan model küresel biyokapasitenin tamamını o sene için “1 dünya” olarak sunarak tüketimin ekolojik ayakizinin bu sanal dünyaya göre ne kadar az ya da fazla olduğuna göre sürdürülebilirlik açısından anın fotoğrafını çekmeye çalışıyor. Sürekli güncellenen metodoloji sayesinde her sene her ülke ve dünya geneli için ve 1961'e kadar geriye doğru yeniden yapılan hesaplamalar toplam ve kişi başı olarak grafiğe dökülerek sunuluyor. En son 2020 yılında 2017 verileri üzerinden yapılan hesaplama göre “bir dünya eşiği” 1970 yılında aşılmış görünüyor. Aynı hesaba göre 2017 itibarıyla küresel Ekolojik Ayakizi 1,73 dünyaya eşdeğer görünüyor (Şekil 2).

Şekil 2

2020 Hesaplamasına Göre 1961-2017 Yılı Arası Küresel Ekolojik Ayakizinin "Dünya" Cinsinden Gelişimi

**Kaynak:** Global Footprint Network 2020

Ekolojik Ayakizi metodolojisi Büyümenin Sınırlarının aksine geleceğe dönük öngörülere model ve hesaplama içinde yer vermiyor ve geçmişten bugüne gelişimi ortaya koyarak geleceğin tahminini veya geleceğe doğru olası ekstrapolasyonu okura bırakıyor. 2012'de Türkiye'yi ziyareti sırasında bir grup ilgili akademisyenle birlikte görüştüğümüz Wackernagel'in kendi deyimiyle Büyümenin Sınırları çalışmasından etkilenerek oluşturulan modelin baz durumlar için gelecek tahminlerinde bulunmaması kasıtlı bir tercih ve sadece gidişatı olumluya (küresel eşik aşımından geriye) doğru çevirmek için neler yapılabileceğini göstermek için geleceğe dönük senaryoları kullanıyorlar (Wackernagel ve Beyers, 2019, s. 137-148 ve 242). Ekolojik Ayakizi modeli de Büyümenin Sınırları gibi odağına insan faaliyetlerini aldığı için insanmerkezci bir yaklaşıma sahip ve hesaplamalara insandışı canlıların ve ekosistemlerin korunmasını katması durumunda açığın daha da büyük olarak görüneceğini açıkça belirtiyor. Öte yandan üretken ekosistemlerin ekonomik faaliyetler (ör. yapılabilecek alan veya tarım alanları) için tahrip edilmesi, yani arazi sistemlerinin değişimi hesaplamasının yapıldığı ve ekonomik kullanımın sürdüğü yıllar boyunca ve bu arazi atıl kalana kadar biyokapasiteyi düşürmüyor, hatta çoğu durumda artırıyor. Dolayısıyla olduğundan ya da gelecekteki potansiyel olumsuzluklarla karşılaştırıldığında daha iyimser bir resim sunmuş oluyor.

Ekolojik ayakizi hesaplamalarının sadece küresel düzeyde yapılmayıp ülkeler, kentler, kurumlar ve hatta (web sayfasında bulunan kişisel ayakizi hesaplayıcısı algoritma yoluyla) bireyler düzeyine kadar indirgenebilmesi sayesinde politika yapıcılara ve bireylere kullanışlı bir araç sunuyor. Bu örnekler ve her sene değişen “Eşik Aşımı Günü”, bu günü tahmin etme ve ileri atmak için öneri geliştirme yarışması ya da online etkileşimli oyunlar gibi faaliyetlerde görülebileceği gibi Küresel Ayakizi Ağı çalışmalarını sadece hesaplama üzerine değil, aynı zamanda elde edilen sonuçların iletişimi ve sürekli bir kampanyacılık amacıyla da sürdürüyor, ülke ve kent yönetimlerine danışmanlık veriyor ve uluslararası bir sivil toplum kuruluşu olarak çalışıyor. Bu sayede kavramın dolaşımında kalması ve gündemden düşmeyen belirleyici bir söylem oluşturması için uğraş veriliyor. Öte yandan kavramın başarısı daha sonra enerji, karbon ve su gibi daha spesifik başka ayakizi ölçümlerinin de ortaya çıkmasına neden oldu (Fang, Heijung, de Snoo, 2014).

Gezegen Eşikleri

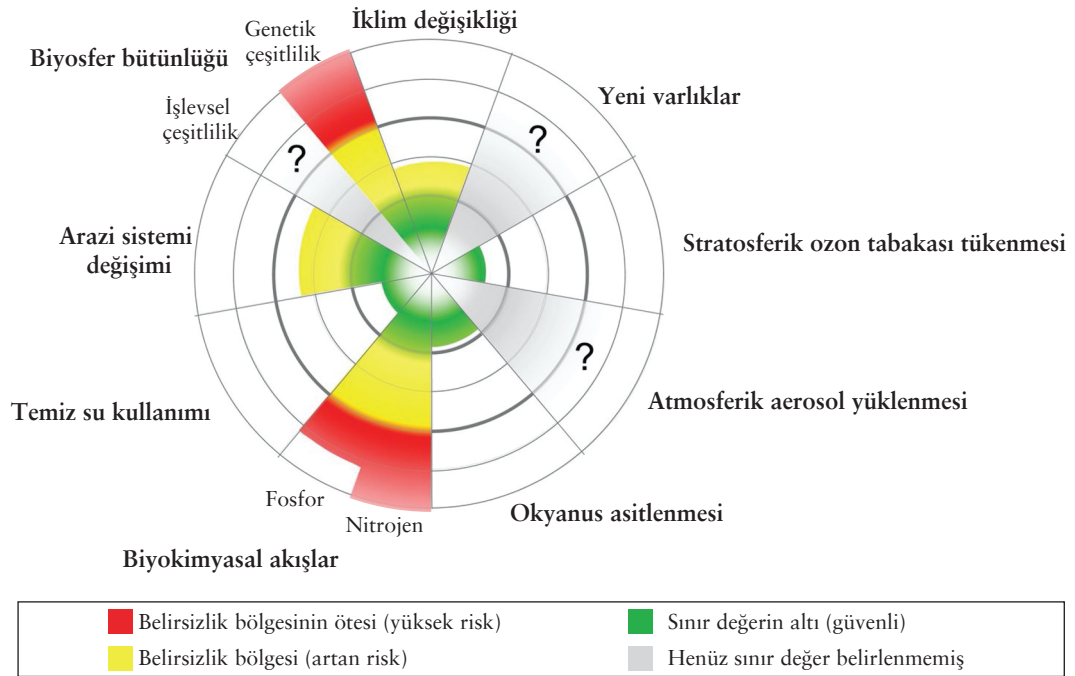
Modeller ve hesaplamaların sonucusu olarak 2009’da ortaya çıkan Gezegen Eşikleri, Stockholm Üniversitesi bünyesindeki Stockholm Dayanıklılık Merkezince [Stockholm Resilience Center] dünya çapında disiplinlerarası bir araştırmacı ekibinin bir araya getirilmesi sonucu ortaya kondu. Girişim daha en başından itibaren Antroposen kavramını söyleminin merkezine oturttu ve insanın gezegen sistemlerine etkisini kritik olarak seçtiği değişkenler için ölçümleri en somut haliyle derlemeyi hedefledi. Ölçümler ve model birbirlerinden bütünüyle bağımsız olmayan dokuz etki alanında güvenlik ve yüksek risk eşik değerleri tespit ederek çalışmanın yapıldığı ve revize edildiği anlar itibarıyla durumu göstermeyi amaçlıyor. Modelde kullanılan eşik değerler İklim Değişikliği, Okyanus Asitlenmesi, Stratosferik Ozon Tabakası Tükenmesi, Biyojeokimyasal Akışlar (Azot ve Fosfor Döngüleri), Tatlı Su Kullanımı, Arazi Sistemi Değişimi, Biyolojik Çeşitlilik Kaybı, Atmosferik Aerosol Yüklenmesi ve Kimyasal Kirlilik olarak belirlendi. 2015 yılında yayımlanan ikinci versiyonda (Steffen ve diğerleri, 2015) Biyolojik Çeşitlilik Kaybı değişkeni Biyosfer Bütünlüğü olarak revize edildi ve Genetik Çeşitlilik ve İşlevsel Çeşitlilik olarak ikiye bölündü. Kimyasal Kirlilik ise Yeni Varlıkların Girişi [Introduction of Novel Entities] olarak yeniden adlandırıldı. Bu değişkenlerden Yeni Varlıklar için henüz küresel bir somut değişken belirlenmedi; Atmosferik Aerosol Yüklenmesi için ise değişken belirlenmiş olmasına karşın küresel bir eşik değer tespit edilmedi. Bazı değişkenler için ise hem küresel hem de bazı kritik bölgesel/yerel eşik değerler tespit edilip ölçüldü.

Bu noktada ölçümleri araştırmanın yazarlarının kendilerinin yapmadığını ve genel kabul görmüş başka araştırmaların ölçümlerini kullandıklarını belirtmek gerekiyor. Örneğin iklim değişikliği için belirledikleri iki değişkenden birisi olan atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu NASA tarafından Hawaii’deki Mauna Loa Rasathanesinde günlük olarak ölçülen ve herkesin erişimine açık olarak yayımlanan bir veridir. Ekolojik Ayakizi modellemesinde olduğu gibi model içinde geleceğe dönük açık bir öngöründe bulunulmasa da eşik değerinin

aşılmasını belirsizlik, fazlasıyla aşılmasını ise yüksek risk durumu olarak nitelendirmesi ve eşik değerlerinin altını “güvenli işleyiş alanı” [safe operating space] olarak tanımlaması sonuçlara bağlı olarak “modern yaşamın yapısında önemli bir değişim ihtiyacını ima ediyor.” (Castree, 2014b, s. 471) Dokuz alan içinde Fosfor ve Azot Döngüleri ile Genetik Çeşitliliğin eşik değerlerini aşırı ölçüde aşarak “yüksek risk” bölgesinde seyrettiği, İklim Değişikliği ve Arazi Sistemlerinin Değişimi alanlarının ise yine eşik değerlerini aşıp “belirsizlik/artan risk” bölgesinde olduğu sonuçlarda belirtiliyor (Şekil 3).

Şekil 3

Gezegen Eşikleri Versiyon 2'nin Özet Bulguları



Kaynak: Steffen ve diğerleri, 2015

Başta Johan Rockström olmak üzere araştırmacılar çalışma hakkında akademik olmayan genel izleyicilere hitaben yaptıkları konuşmalarda ve popüler yayınlarda ise gelecekteki tehditler konusunda daha açık ifadeler kullanıyorlar (örnek olarak (World Economic Forum, 2017) veya (TED 2010)). İlk versiyonun yayımlanmasından hemen sonra araştırmacılar Kate Raworth tarafından eşik değerlerini “ekolojik tavan”, 11 kategori altında eşitlikçi bir şekilde dağıtılmış insan ihtiyaçlarının karşılanmasını ise “sosyal taban” olarak nitelendiren, Türkçeye “simit ekonomisi” [doughnut economics] olarak çevrilebilecek bir toplumsal ekonomik modeli de önerilerine eklediler (Raworth, 2012).

Gezegen Eşikleri çalışması diğer modellerden kaynakların tükenmesi, oluşan kirliliğin ekosistemlerdeki birikimi veya bu gelişmelerin doğal sistemlere doğrudan etkileri hakkında somut fiziksel değişkenlerdeki anlık durumun sayısal olarak belirlenmesiyle ayrışıyor. Çalışma kapsamında incelenen dokuz alanın etkilediği ve etkilendiği süreçler hakkındaki bilgiler oldukça gelişkin olduğu için politika yapıcılar, sektörler, işletmeler veya bireyler düzeyinde bu etkilerin giderilmesi için -henüz bir sınır değer belirlenmemiş eşikler dahil olmak üzere- bir çerçeve olarak kullanılması da mümkün hale geliyor ve bu yönde çeşitli çalışmalar da yayına dönüştürüldü (örneğin (Geyik 2021), (Campbell ve diğerleri, 2017), (Clift ve diğerleri, 2017)). Çalışmanın soyutlama boyutu ise Antroposen kavramını kullanması ve yorumlamasıyla tamamlanıyor ve amaç olarak diğer modelleme çalışmalarıyla paylaştığı kamuoyu yaratma ve politikaları etkileme için ihtiyaç duyduğu sembolik çerçeveyi bu şekilde oluşturmaya çalışıyor. Gezegen Eşiklerinin 3. versiyonu hakkındaki çalışma bu makale yazıldığı sırada Stockholm Üniversitesinden Sarah Cornell liderliğinde devam ediyordu (Stockholm Resilience Center, 2019).

Modeller Arası Bir Karşılaştırma ve Tartışmalar

Farklı dönemlerde gezegen üzerindeki insan etkinliğinin ekolojik etkilerine dönük kaygılarla geliştirilen modellerin her biri hala kullanımda olduğuna göre modeller arası bir karşılaştırma ilginç sonuçlar verebilir ve iyi bir tartışma zemini oluşturabilir. Bu bölümde modeller üretildikleri kurumsal ve tarihsel bağlam, ele aldıkları değişkenler, zamansal yaklaşım, coğrafi düzeyler ve alanlar, farklı ölçeklere uyarlanabilirlik ve güncellemeler temelinde karşılaştırılacaktır.

Öncelikle her bir modelin üretildiği zamanın bağlamını önemli ölçüde yansıttığına dikkat çekmek gerekir. Büyümenin Sınırları 2.Dünya Savaşı sonrası endüstriyel üretimde yaşanan patlamanın çevre üzerindeki kirletici sonuçlarının ilk görüldüğü ve nüfus artışının çok hızlı olduğu bir dönemde oluşturulmuştu. Her ikisi de 1968 yılında yayımlanan Paul Ehrlich'in "Nüfus Bombası" ve Garrett Hardin'in "Müştereklerin Trajedisi" eserleri yeni-Malthusçu nüfus korkusu ve kaynakların tükenmesi korkusunu görünür hale getirmişti. Çalışma da beklenilebileceği üzere Roma Kulübünce de paylaşılan bu kaygıları yansıtacak şekilde nüfusu, yenilenemeyen kaynakların miktarını ve kirliliği ele aldı. 1968 hareketleri ve sonrasında 22 Nisan 1970'te ABD'de çevre kirliliğine karşı 20 milyon kişinin sokaklarda protesto gösterisi düzenlenmesi tabandaki hareketliliğin de göstergesiydi; 22 Nisan daha sonra Dünya Günü olarak ilan edildi ve halen dünya çapında yaygın olarak kutlanıyor. Bu hareket sonrasında ABD'de çevre kanunları ve düzenleyici kurumlar oldukça güçlendirildi. Raporun yayımlandığı 1972 yılında ise Birleşmiş Milletler tarafından ilk uluslararası resmi çevre zirvesi toplandı ve konferansın ilk gününe denk gelen 5 Haziran tarihi de yine her yıl Dünya Çevre Günü olarak kutlanıyor. Yine modelin üretildiği dönemin dünyasında soğuk savaş, Sovyetler Birliği, silahlanma yarışı ve bu etkenlerin endüstriyel üretim üzerindeki baskısı gibi olgular da unutulmamalı. Ekolojik Ayakizi ise soğuk savaşın sona erip neoliberal yönetişimin küreselleşmeye eşlik ettiği 1980'leri izleyen 1990'ların bir ürünüdür. 1970'lerde pek bilinmeyen küresel iklim değişikliği³ artık ya-

kın bir tehlike olarak dünya kamuoyunda yoğun tartışma konusu olmuş ve çevre gündeminde kirliliğin önüne geçmişti. Bu nedenle endüstrilerin ve yaşam tarzlarının fosil yakıtlara bağımlılığı modelde tüketimin ekolojik ayakızinin hesaplanmasında gerçek dünya biyokapasite hesaplarında olmayan “karbon arazisi” şeklinde yerini buluyor ve ayakizi ile biyokapasite arasındaki açığın en temel nedenini bu sanal arazi türü oluşturuyor. Neoliberal yönetim anlayışının niceliğeleştirme, finansallaştırma ve ölçüm takıntısının (de Gaulejac, 2013) kendisi de bir politika aracı olarak kurgulanan model üzerinde doğrudan belirleyici olduğu vurgulanabilir. Bu sayıya çevirme yaklaşımı -modelin kendisi para gibi sanal bir değerdense fiziksel bir ölçü birimi kullanma kaygısıyla yola çıkmasına karşın- fazla biyokapasitenin ülkeler arası alışverişi yapılabilirliği gibi küresel ekoloji piyasasında bir borç-alacak paradigması şeklinde sunulmasına olanak verir. Son olarak Gezegen Eşikleri kavramı da sayısal olarak belirtilen eşikler belirleme ve bu eşiklere göre durumu göstermeye çalışsa da diğer iki modelde bulunmayan “etkenler ve etkilerin somutluğu, yaygınlığı ve çeşitliliği” kaygısının bir yansımasını sunuyor ve (2000’lerin ortalarında kurgulanmış olsa da) 2008 ekonomik kriziyle iklim değişikliğinin hızlanmasıyla oluşan bir ekolojik kriz algısının iç içe geçtiği bir döneme denk geliyor. Gezegen Eşikleri, örneğin Ekolojik ayakızinin hesaplara biyokapasite artışı olarak olumlu görünebilecek şekilde yansıttığı yapılaşma nedeniyle değişime uğrayan arazi sistemlerindeki doğal ekosistem kaybını ölçümlerine olumsuz bir gelişme olarak kaydedebiliyor, ya da ekolojik ayakizi hesaplarında görülmeyen bir çok kirlilik birikimini ve kaynak tükenmesini açıkça ortaya koyuyor. Gezegen Eşikleri çalışmasının özellikle Büyümenin Sınırlarına göre bir avantajı ele aldığı somut değişkenlerin durumunun tespitinde kullanılan başta coğrafi bilgi sistemleri ve uydu görüntüleme olanakları olmak üzere teknolojinin ihtiyaç duyulan verilere ulaşılmasını kolaylaştırdığı bir dönemde üretilmiş olmasıdır. Antroposen kavramını aktif bir şekilde kullanmasıyla ve diğer modellerin içermediği biyolojik çeşitliliği bir değişken olarak ele almasıyla insanmerkezciliğe hafif bir mesafe koyması ve araştırmacılarının çözüm ve umut kaynağı olarak şimdilerde Yeşil Ekonomi ve Yeşil Yeni Düzen kapsamında benimsenmeye başladığı görülen eko-Keynesçi “ekonomik” önlemleri önermeleri de krizden çıkış için önerilen kamusal yatırımlar nedeniyle neoliberalizmin zemin kaybettiği zamanın ruhuna uygun düşüyor. Coğrafi olarak ise her üç modelin de ABD ve Batı Avrupa’da üretildiğini vurgulamak gerekir.

Modellemelerden ilki olan Büyümenin Sınırlarının gelecekteki ekolojik kriz kaygısını (ve alternatif gelecekleri) sorunları ve çözümleri içeren senaryolar yoluyla doğrudan hesaplamasının temeline koymasına karşın diğer iki modelin bundan kasten kaçınmaları dikkat çekicidir. Ekolojik Ayakizi çalışmasını sürdüren kurum olan Küresel Ayakizi Ağı bir yan çalışma olarak eşik aşımından çıkılması için önerilebilecek farklı senaryolar üretse de Wackernagel’in deyişiyle çöküş senaryosunu özellikle oluşturmuyor, çünkü “bir çöküş tahminini oluşturmak istemiyoruz. Çöküşü engellemenin yollarını göstermek istiyoruz.” (Wackernagel ve Beyler 2019, s. 242) Ancak yine Wackernagel’e göre “Amazonların büyük kısmının kuruması, permafrostun çözülerek büyük miktarda metan salımına yol açması, kutuplardaki buz örtüsünün erimesi, veya Gulf Stream okyanus akımının durması” gibi ekosistem devrilme nok-

olarının herhangi birisi gerçekleşirse “biyokapasite ile insanın ayakizi arasındaki açık daha da büyüyecektir.” Devrilme noktalarının analizi konusunda işbölümü yaptığını ve birbirlerini tamamlayıcı olduklarını söylediği (Wackernagel ve Beyer, 2019, s. 236) Gezegen Eşikleri çalışması da modelin içinde geçmişe veya geleceğe dönük tespitlerde bulunmuyor ve bu öngörülerini okuyucuya bırakıyor, veya yazarlar bu öngörülerini kişisel ve sezgisel tahminler olarak ve “eğer gerekeni yapmazsak” kalıbıyla birlikte dile getiriyorlar. Ekolojik Ayakizi ile Gezegen Eşikleri çerçevelerini birlikte kullanan ve Wackernagel’in de katıldığı bir çalışma (McBain, Lenzen, Wackernagel, Albrecht 2017) modellerin yer vermediği “eşik aşımı durumunun ne kadar sürebileceği” sorusunun yanıtı olarak yine toplumsal tercihleri ve teknolojiyi gösteriyor. Bu noktada Büyümenin Sınırlarının yazarlarından Dennis Meadows diğerlerinden ayrışıyor ve “artık yapacak bir şey olmadığını” ve insan toplumları ve toplulukları içinde artık kaçınılmaz hale gelen ekolojik ve iklimsel şoklara karşı dayanıklılık geliştirmek gerektiğini söylüyor.

Modellerin tamamı gezegeni ve insan etkinliklerini ya da etkilerini küresel düzeyde modelleseler de ek olarak uygulanabildikleri coğrafi düzey ve alanlar açısından farklılaşmalar bulunuyor. Büyümenin Sınırlarının orijinal çalışmasında ve modelinde sadece küresel düzeydeki sonuçlar hesaplanmış, ancak kendisini izleyen raporlarda ve araştırmacıların yorumlarında dünyanın farklı bölgeleri hakkında çıkarımlarda da bulunulmuştu (Mesarovic ve Pestel, 1978; Randers, 2012). Ayrıca “sınırlı kaynak deposu olarak yeryüzü” ile “kapasitesi sınırlı atık kuyusu olarak yeryüzü” arasındaki materyal akış [throughput] ve bu akışın farklı safhalarına sermaye ve enerji girdisi ve çıktısı şeklindeki modelleme, farklı sektörlerin ekolojik etkisinin analizi için bir çerçeve de sunabiliyor. Modüler bir yapıda tasarlanan Ekolojik Ayakizi ise küresel düzeydeki hesaplamasına ülkeler düzeyindeki hesaplamaları bütünleştirerek ulaşıyor. Her bir ülkenin ortalama yurttaşının ekolojik ayak izini “tüm dünya nüfusu bu ortalamada yaşasaydı kaç dünya gerekirdi?” sorusunun yanıtıyla birleştiriyor ve ülkeler arası bir karşılaştırma için kullanıyor. Ülkelerin biyokapasitelerine göre açık ve fazla durumunu harita üstünde (dünyanın geri kalanına) borçlu ya da (onlardan) alacaklı olarak sergiliyor. Ayrıca hesaplama yöntemini kentler, kuruluşlar ve bireyler düzeyine kadar uyarlanabilecek şekilde basitleştiriyor ve bazı araştırmacılar bu uyarlamayı bölgesel düzeye indiriyor (Hopton ve White, 2012). Gezegen Eşikleri bütün değişkenlerin durumunu küresel olarak ölçüp küresel eşik değerler belirlerken bazı değişkenlerin (örneğin tatlı su kullanımı, tarım kaynaklı azot ve fosfor akışlarının aşırı olduğu bazı bölgelerde ve büyük nehirlerin deltalarında oluşan ötrofikasyon olayı, hava kirliliğini tanımlayan atmosferik aerosol yüklenmesi, arazi kullanımındaki değişiklikler,...) yerel veya bölgesel eşik aşımı durumlarının da önemli olduğunu tanıyarak bu düzeyde de eşik değerler ve ölçümler için bir çerçeve oluşturuyor. Ayrıca ana çerçeveden yola çıkarak bölgesel düzeyde uygulamaya çalışan araştırmacılar da var (Dearing ve diğerleri, 2014). Son olarak her bir değişkenin artmasına neden olan tekil veya kümülatif faktörler çoğunlukla bilinebildiği için faaliyet ve sektör bazında etki analizi için bir çerçeve olarak da kullanılabilir. Dolayısıyla bütün modeller coğrafi analiz olanakları farklılaşsa da farklı düzeylerdeki yönetsel veya

ekonomik aktivite biçimleri için çevresel/ekolojik etki ölçümü ve azaltımında kullanılabilir modüler çerçeveler sunabiliyor.

Düzey olarak coğrafya dışında her bir model bir yandan yeryüzünün fiziksel coğrafyasındaki büyük değişiklikleri tespit etmeye çalışırken aynı zamanda bu değişikliklerdeki insan tüketiminin ve ekonomik faaliyetlerinin etkisini ortaya koyduğu için fiziksel ve beşeri coğrafya alanlarında bir diyalog için de önemli bir zemin oluşturuyorlar. Modellerden sadece Gezegen Eşikleri ölçümlerini fiziksel coğrafyadaki etkilerle sınırlarken Büyümenin Sınırları ve Ekolojik Ayakizi beşeri ve ekonomik coğrafyayla ilgili boyutları farklı düzeylerde ele alıyor. Her üçü de sonuçta açık veya dolaylı olarak gerçekleşen veya gelecekteki değişimlerin muazzam kapsamını ortaya koyarak insanların yaşam biçimlerini ve toplumsal yapıyı yeniden değerlendirmesini, Castree'nin deyimiyle coğrafya sözcüğündeki "geo'yu [yeryüzü, toprak] hem tahayyülde, hem de pratikte yeniden şekillendirmelerini gerekli kılıyor" (2014b, s. 464). Yukarıdaki karşılaştırmanın bir özeti Tablo 1'de görülebilir.

Tablo 1

Üç Gezegen Modelinin Karşılaştırması

	Büyümenin Sınırları	Ekolojik Ayakizi	Gezegen Eşikleri
Kurumsal Bağlam	Roma Kulübü (Uluslararası) ve MIT (ABD)	University of British Columbia (Kanada), Küresel Ayakizi Ağı (ABD)	Stockholm Resilience Center (İsveç)
Tarihsel Dönem ve Bağlam	1970'lerin başı (1968 sonrası ve çevre hareketlerinin ilk dönemleri, kirlilik kaygısı, resmi çevreciliğin kuruluşu)	1990'lar (neoliberal yönetim dönemi, küreselleşme, iklim değişikliği kaygısı)	2010'lar (Antroposen, ekonomik, ekolojik, siyasal ve toplumsal krizler dönemi)
Ele Alınan Değişkenler	<ul style="list-style-type: none"> • İnsan Nüfusu • Endüstriyel Çıktı (bağlantılı olarak: <ul style="list-style-type: none"> • Gıda üretimi • Kirlilik • Yenilenemeyen Kaynakların Miktarı) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tüketimin ihtiyaç duyduğu üretken arazi, • Gezegen üzerinde var olan üretken arazi (Açık/Fazla) 	<ul style="list-style-type: none"> • İklim Değişikliği • Okyanus Asitlenmesi • Stratosferik Ozon Tabakası İncelmesi • Biyosfer Bütünlüğü • Biyojeokimyasal Döngüler • Arazi Sistemlerinin Değişimi • Atmosferik Aerosol Yüklenmesi • Tatlı Su Kullanımı • Yeni Varlıklar
Zamansal Yaklaşım	Geleceğe Dönük (2100 yılına kadar)	Retrospektif-Tarihsel Veri (1961'den itibaren hesaplanmanın yapıldığı anın bir kaç yıl öncesine kadar)	Anlık durum (2009, 2015,...)

Coğrafi Düzeyler ve Alanlar	Küresel düzey, Fiziksel, Ekonomik ve Beşeri Coğrafya	Küresel ve Ulusal düzey, Fiziksel ve Ekonomik Coğrafya	Küresel ve Bölgesel/Yerel düzey, Fiziksel coğrafya
Uyarlanabilirlik	Ülkeler ve sektörler bazında yorumlanabilir	Yerel, Kurumsal, Bireysel bazda hesaplamalar yapılabilir	Sektörel ve bölgesel bazda yorumlanabilir
Güncellemeler	20. ve 30. yıl (artık güncellenmiyor)	Her yıl	Düzensiz

Modellerin oluşturulma amacı son kertede kamuoyu görüşünü ve politikayı etkilemek olsa da özellikle sol entellektüellerden küresel ve ulusal genellemeler yaparken toplum içindeki sınıf ayrımlarını ve toplumlar arası eşitsizlikleri ve genel olarak iktidar ilişkilerini de görmezden geldikleri, bu yüzden “ne yapılması” gerektiğini söylerken bu yeni düzene “nasıl geçileceği” kısmında sessiz kaldıkları ve yeni bir yönetim çerçevesi ve “toplumsal sözleşme” önerdikleri zaman dahi aslında var olan ekonomik ve politik düzeni verili gerçek olarak kabul ettikleri eleştirisi alıyorlar (Brown, 2017). Küresel ölçekte muazzam değişimleri ortaya koyan ve dolayısıyla yaklaşan felaketi önlemek için yaşam ve yönetim biçimlerinde de aynı ölçekte ve muazzamlıkta değişiklikleri öneren araştırmacıların “bilimsel bilgilerin sunumu ve savunusu yoluyla politikaları yönlendirme” çabasının bir tür küresel post-politik düzen altmetnini içinde barındırdığı da yaygın eleştiriler arasında sayılabilir (Löwbrand ve diğerleri, 2015). Önemli eşiklerin aşılmasını önlemek amacıyla “bilimselleştirilmiş” post-politika, bilimsel gerçeklere dayalı olduğu iddia edilen argümanlarla bazı politik seçeneklerin tartışmadan kapatılması eğilimini tanımlar. Castree’ye göre bu eleştiri “bilim karşıtı bir duruşu ima etmez, ya da bilimin de başka türden bir politika olduğu önermesini kapsamaz. Aksine bilimsel otoritenin politik sonuçları belirlemesi gereken çoğulcu, demokratik tartışma alanına doğrudan el koymasına karşı bir savunmadır.” (2014b, s. 469) Bu görüşle bağlantılı bazı eleştiriler modellerden yola çıkılarak getirilen politika önerilerinin çoğunlukla teknokratik olduğunu, örneğin nüfus ve ekonomide büyümeyi savunan Herman Daly gibi erken dönem ekolojik ekonomistlerin nüfus kontrolü için kadınlara çocuk sayısı için karne dağıtılması, ya da Gezegen Eşikleri çalışmasını oluşturan Stockholm Dayanıklılık Merkezinin ekosistemlerin ekonomiye faydalarının parasal karşılıklarının hesaplandığı ekosistem hizmetleri kavramını merkeze almasını “karşı devrimci” olarak nitelendiriyorlar (Nelson 2015, s. 466-471).

Öte yandan bu çalışmalarını ya da arkaplanlarında yatan sistem dinamiği yaklaşımlarını kullanarak oldukça radikal önermelerde bulunan Küçülme [Degrowth] hareketine yönelik de tam tersi bir perspektiften, özellikle teknolojiye yaklaşımları konusunda (teknolojinin sermaye altyapısından ve iktidar ilişkilerinden bağımsız olmadıklarına dikkat çekerek teknolojik çözümlere şüpheci baktıkları için) reddiyeci olma eleştirisi getiriliyor (Robbins, 2020). Erik Gomez-Baggethun’a göre ise (2020) özellikle Büyümenin Sınırlarından ilham alan ve ekolojik ekonomi ve politik ekoloji çevrelerinde oluşmuş Küçülme hareketi yeryüzü sistemlerini göze-

ten, ancak kendi içinde tartışmalarını sürdüren ve farklılıklarını koruyan önemli bir politik entelektüel tartışma platformu haline gelmiş durumda. Küçülme hareketinin önemli bir kısmının aynı zamanda çevresel adalet ve gelir dağılımı adaletsizliğini gidermeye yönelik adımlar da atılmaması durumunda bu politikanın başarısız olacağını vurguladıkları düşünüldüğünde harekete yönelik eleştirilerin büyük kısmının indirgemeci ve genelleyici olduğu görülebiliyor.

Sistem dinamiği temelli ekolojik modellemeler ve sonuçlarından yola çıkarak getirilen politik önermelere yönelik eleştirileri ele alırken özellikle fiziksel coğrafya ve yer bilimleri alanında çalışan akademisyenlerin kendi çalışma alanlarıyla bağlantılı da olsa sosyal ve ekonomik konularda genel olarak büyük iddia ve önermelerde ve gelecek hakkında tahminlerde bulunmaktan kaçındıkları söylenebilir. İklim değişikliği ile ilgili en geniş kapsamlı bilimsel otorite olan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) üçlü çalışma grubu yapısına da yansıdığı üzere, gelecek tahminleri ve modellemeleri yaptıklarında da biyolojik ve fiziksel süreçlerle toplumsal etkileri birbirinden özenli bir şekilde yalıtma eğilimindedirler.⁴ Nesnellik adına taraf olmama tutumunu, ağırlıkla akademi gibi muhafazakar ve fonlara bağımlı kurumlarda istihdam edildiklerini ve “saf bilimcilerden” kamusal alanda daha açık sözlü olan “kaygılı meslektaşlarına” yönelik dile getirilen eleştirileri birlikte düşündüğümüzde coğrafya dahil yer bilimleri çevresinden topluma ve iktidar yapısına radikal bir eleştirinin çıkmasının zorluğu tahmin edilebilir. Ancak bu durum eleştirel yaklaşımda ve alternatif toplum ve ekonomi önermelerinin ve acil dönüşümlerin yaşama geçirilmesinde coğrafyanın konumunu ve potansiyelini görmezden gelmemizi gerektirmez. Coğrafyayla ilişkili disiplinlerin tek aktörünün akademi çevresi olmadığını, öğretmenlerden bağımsız ya da düşünce kuruluşlarında görevli araştırmacılara, uzmanlık desteğiyle teknik hizmet verenlerden bürokratlara ve hatta meraklı yurttaş-bilimcilere bir dizi başka rol ve pozisyonlarda da karşımıza çıktıklarını unutmamak gerekir.

Sonuç

Bu makalede insan etkinliklerinin yeryüzünün ekolojik sistemleriyle etkileşimini analiz etmeyi ve bu etkileşimi farklılaştırmak için farklı dönem ve bağlamlarda ortaya atılan ve her biri büyük yankı uyandıran üç gezegen modeli incelendi. Ekolojik bir dönüşümün bilgi atyapısını oluşturmayı amaçlayan gezegen modellerinin sunduğu veya altmetinlerinde, arkaplanlarında veya sundukları bilgilerin yorumlanması sırasında ima edilen gelecekler her üçünde de insan seçimlerine göre farklılaşıyor ve verdikleri mesaj ortaklaşıyor: “gerekli (ekonomik) önlemleri alma yolunda politik iradeyi ortaya koymazsak katastrofik düzeye kadar uzanan istenmeyen bir geleceğe doğru ilerliyoruz, ancak bu dönüşümü eğer zamanında gerçekleştirirsek bu felaketi önleyebiliriz.” Ancak Büyümenin Sınırları modeli bu söylemi hesaplamalarına gelecek senaryoları şeklinde taşımış ve baz senaryoda katastrofik sonuçlara ulaşmışken Ekolojik Ayakizi ve Gezegen Eşikleri modelleme içinde “kamuoyu ile iletişim hatasına” düşmemek adına gelecek tahminlerine yer vermemiş görünüyorlar; ancak araştırmacılar bu umut-felaket ikiliğini kamuoyunda yaptıkları konuşmalar ve yayınlarda kullanmaya devam ediyorlar.

Her bir modelin içinde oluştukları bağlamın söylemlerini içsel olarak taşıdıklarını ve birbirlerinden bu anlamda kavramsal olarak farklılaştıkları söylenebilir. Yine her model yankı uyandırmış ve her birinin etkisi sürüyor olsa da tartışmadan muaf kalmamışlardır. Sonuçta her modelleme çalışması mükemmellikten uzaktır, hiç bir modelleme gerçekliğin birebir temsili olamaz ve modeli oluşturanların kurguladığı yapı ve bu yapıya alıp almamayı tercih ettikleri değişken ve faktörlerle sınırlıdır. Bu seçimler de yazarları her zaman farkında olmasa da politiktir ve içinde bulunulan bağlamı bir şekilde yansıtır. Günümüzde ise ele alınan üç modelin içinde de bir şekilde olan küresel iklim değişikliğinin gezegenin gerek fiziksel, gerekse de insani yapısını çoktan değiştirmeye başladığı ve bu değişimin hızlanarak artacağı başta IPCC'nin derledikleri olmak üzere iklim modellerince ve ampirik saha çalışmalarıyla daha da açık bir şekilde gösterilmeye başlandı. Altıncısı 2021 yazından itibaren aşama aşama yayımlanacak IPCC Değerlendirme Raporları [Assesment Report] bu çalışmada ele alınan modellerin görece soyut öngörü ve hesaplamalarını geleceğe doğru da somutlaştırıyor. Öte yandan özellikle küresel düzeydeki her modellemenin malul olduğu 'yerel olanın küresel aleyhine görmezden gelinmesi ve ikincilleştirilmesi' iklim modellerine de içkin durumda: küresel düzeydeki yıllık ortalama sıcaklık artışını yereldeki etkilere göre daha güvenilir olarak tahmin edebiliyoruz.

İklim değişikliğinin etkilerinin ve mücadele ve uyum yöntemlerinin devasa ölçeğini (ve ekolojik sorunların iklim değişikliğiyle sınırlı olmadığını) düşündüğümüzde küresel düzeydeki modellemeleri yerel ve bölgesel düzeyde ve insan toplumlarına etkileri açısından ayrıntılandırmak için coğrafyanın alt disiplinlerine ve bu disiplinlerin kendi aralarında ve başka disiplinlerle kuracakları diyaloga ihtiyaç duyuyoruz. Coğrafyanın geçmişinde "yeryüzünü bütüncül, karmaşık, çoklu-ölçekli ve farklılaşmış toplumsal ve biyofiziksel etkileşimler ağı olarak anlamak üzere oluşturulmuş bir 'dünya disiplini'" olarak kurulması (Castree 2014b, s. 464-465) bu rol için elini güçlendiriyor. Fiziksel ve beşeri coğrafyacılar arasında disiplinlerin sınırlarını aşan böyle bir diyalog kurulması için Antroposen gibi 'büyük kavramlar' bir olanak sunuyor.

Gezegen modellemelerinin üzerine kurulu olduğu sistem dinamiği prensiplerinin koşullu olarak öngördüğü "ekolojik ve dolayısıyla insan toplumları ve ekonomilerinde çöküşün kaçınılmaz olup olmadığı" sorusu olası etkilerin yerel, bölgesel ve sınıfsal farklılaşması olasılığını ve eşitsizlikleri ikinci plana itiyor. Eğer bugünden baktığımızda ancak distopik veya apokaliptik görünen bir gelecekte bahsediyorsak, eldeki verilerden, bu verilerin tarihsel gelişimlerinden ve sistem dinamiğinden yola çıkan tahminlerin gösterdiği 'kader' neyin ve kimin kadridir? Bütün modelleme çalışmalarının üzerinde birleştiği genel öneri olan -şiddeti farklılaşsa da geleceğine kesin gözüyle baktıkları- "şoklara ve krizlere karşı 'dayanıklılığı' [resilience] artırmak" ne anlama geliyor? Bu söylemlerin ima ettikleri kıtlık ve felaket söyleminin kendisinin tehlikelerinin (Mehta, Huff ve Allouche, 2019) ve güvenlik rejimlerini güçlendirerek daha fazla iktidar yoğunlaşmasına yol açacak niyet edilmemiş sonuçlarının farkında mıyız? Modellerin sonuçları ve önerilerinin politika oluşum süreçleriyle ilişkisine yönelik önceki bölümde değinilen "teknokratiklik", var olan düzeni verili kabul etme ve bilimsel olarak üretilmiş bilgi ve önerileri diğer duruşların üstünde konumlandırma eleştirilerine katılsam da özellikle ilk

modelin oluşturulduğu dönem olan 1970'lerden bu yana toplum ve politika içinde bilim insanlarının konumunun da fazlasıyla değiştiğini unutmamak gerekir. O döneme göre bilimsel bilginin nesnel, tarafsız, dolayısıyla gerçekliğin en iyi ve en güvenilir temsili olduğu iddiasıyla talep ettiği iktidar konumunun ciddi bir aşımaya uğramış ve en aşırı uçta bilim karşıtlığının artarak popülist otoriter akımlar ve iktidarlarca da benimsenmiş olması, karşı karşıya olduğumuz ekolojik kriz ve aciliyet durumunda ihtiyaç duyduğumuz “yararlı bilgi” için bir yandan da bilim savunusunu gündeme almamızı gerektiriyor. Dolayısıyla modelleri ve sonuçlarını eleştirel süzgeçten geçirdikten sonra kamusal tartışmayı açmak ve zenginleştirmek ve onları oluşturan araştırmacıların önerilerinin ötesinde küresel ile yereli birbirine bağlayan bir politika ve tahayyül geliştirmek için kullanmak da mümkün.

Bu makale ekolojik krizin ekonomik, siyasi ve toplumsal krizlerin içiçe geçmeye ve birbirinin etkisini artırmaya başladığı bu dönemde üzerine düşünmemiz gereken bu soruları tartışmaya açmak için bir ilk deneme niteliği taşıyor. Coğrafya da ilk bakışta fiziksel ve somut görünse de sonuçta dil ve söylem tarafından belirlenen bir kavramsal çerçeve ise ekolojik süreçlerle birlikte tartışmanın gidişatı geleceğin coğrafyalarına yüklediğimiz anlamı da bire bir belirleyecektir.

- 1 Çevreci, ekolojist ve yeşil hareketin 1960'lardan itibaren gelişimini incelediğim bir yazı için bkz. Akyüz, 2019.
- 2 Küresel Ayakizi Ağının çalışmaları, güncel veriler ve hesaplama yöntemleri ve veri tabanları için sürekli güncellenen web sayfası incelenebilir: <http://www.footprintnetwork.org>
- 3 Aslında Büyümenin Sınırları raporunda atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonundaki üstel artış tespit edilmiş ve gelecekteki artış da modellenerek 2000 yılında 380 ppm'e erişeceği öngörüsüne yer verilmiş; bu artışın iklimsel değişimlere de yol açabileceği söylenmiş. Ancak olası ısınma ile ilgili o dönemde dikkat çektikleri tehlike ise karbondioksit kaynaklı sera etkisi değil, aşırı enerji kullanımından kaynaklanan atık ısının atmosferde birikmesi ve ısı adaları oluşturması olmuş (Meadows ve diğerleri 1972, s. 72-73).
- 4 IPCC'nin üç çalışma grubu sırasıyla “Fiziki Bilimler Temelleri” (Çalışma Grubu I), “Etkiler, Uyum ve Zarar Görebilirlik” (Çalışma Grubu II) ve “İklim Değişikliğiyle Mücadele” (Çalışma Grubu III) alanlarında çalışmalarını yürütür. IPCC, çalışmaları ve raporları hakkında ayrıntılı bilgi için bkz. <http://ipcc.ch/>

Referanslar

- Akyüz A.A. (2019). 1968'in Ürünü Olarak Çevreci, Ekolojist ve Yeşil Hareketler. Turan Ö. (der.), *1968: İsyân, Devrim, Özgürlük* içinde, Tarih Vakfı Yurt Yay.
- Bardi, U. (2011). *The Limits To Growth Revisited*. Springer.
- Brown, K. (2017). Global environmental change II: Planetary boundaries – A safe operating space for human geographers? *Progress in Human Geography* 41(1): 118-130.

- Campbell, B. M., Beare, D. J., Bennett, E. M., Hall-Spencer, J. M., Ingram, J. S. I., Jaramillo, F., Ortiz, R., Ramankutty, N., Sayer, J. A., ve Shindell, D. (2017). Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society* 22(4):8. <https://doi.org/10.5751/ES-09595-220408>.
- Castree N. (2014a). The Anthropocene and Geography I: The Back Story. *Geography Compass* 8/7: s. 436-449.
- Castree N. (2014a). The Anthropocene and Geography III: Future Directions. *Geography Compass* 8/7: s. 464-476.
- Clift, R., Sim, S., King, H., Chenoweth J.L., Christie, I., Clavreul, J., ... Murphy, R. (2017), "The Challenges of Applying Planetary Boundaries as a Basis for Strategic Decision-Making in Companies with Global Supply Chains", *Sustainability*, 9, 279; doi:10.3390/su9020279.
- Crutzen, P. J. ve Stoermer, E. F. (2000). The Anthropocene. *Global Change Newsletter* 41, s. 17-18.
- de Gaulejac V. (2013). İşletme Hastalığına Tutulmuş Toplum. Ayrıntı yayınları.
- Dearing, J.A., Wang, R., Zhang, K., Dyke, J.G., Haberl, H., Hossain S., ... Poppy, G.M. (2014) Safe and just operating spaces for regional social-ecological systems. *Global Environmental Change*, 28: 227-238.
- Fang, K., Heijungs, R., ve de Snoo, G.R. (2014). Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbon, and water footprints: Overview of a footprint family. *Ecological Indicators* 36: 508-518.
- Global Footprint Network. (2020). *Open Data Platform - Reserve/Deficit Trends*. <https://data.footprintnetwork.org/#/countryTrends?cn=5001&type=earth>
- Hopton, M.E. ve White, D. (2012). A simplified ecological footprint at a regional scale. *Journal of Environmental Management* 111. s. 279-286.
- Geyik, Ö. (2021). Sustainable and Nutrition-Sensitive Food Systems: The Planetary Boundaries Approach, IPC-MERCATOR Analysis, Istanbul Policy Center-Sabancı University-Stiftung Mercator Initiative.
- Gomez-Baggethun, E. (2020). More is more: Scaling political ecology within limits to growth. *Political Geography* 76: art.102095.
- Kraussmann, F., Lauk, C., Haas, D. ve Wiedenhofer, L. (2018). From resource extraction to outflows of wastes and emissions: The socioeconomic metabolism of the global economy, 1900–2015. *Global Environmental Change* 52: 131-140.
- Lövbrand, E, Beck, S, Chilvers, J, Forsyth, T, Hedrén, J, Hulme, M, ve Vasileiadou, E. (2015). Who speaks for the future of earth? How critical social science can extend the conversation on the Anthropocene. *Global Environmental Change* 32: 211-218.
- McBain, B., Lenzen, M., Wackernagel, M., ve Albrecht, G. (2017). How long can global ecological overshoot last? *Global and Planetary Change* 155: 13-19.
- Meadows, D. H., Meadows, D., Randers, J., ve Behrens III, W. W. (1972). *The Limits To Growth - A Report For The Club of Rome's Project on Predicament of Mankind*. Universe Books.
- Meadows, D.H., Randers, J., Meadows, D. (2004). *Limits To Growth: The 30-Year Update*. Chelsea Green Publishing.
- Mehta, L., Huff, A., ve Allouche, J. (2019). The new politics and geographies of scarcity. *Geoforum* 101: 222-230.
- Mesarovic, M. ve Pestel, E. (1978). *Dönüm Noktasındaki İnsanlık: Roma Kulübüne İkinci Rapor*, (çev. Tosun, K. ve diğerleri). İstanbul Üniversitesi Yayınları.

- Nelson, S.H. (2015). Beyond *The Limits to Growth*: Ecology and the Neoliberal Counterrevolution. *Antipode* 47(2): 461-480.
- Randers, J. (2012). *2052: A Global Forecast for the Next Forty Years*. Chelsea Green Publishing.
- Raworth, K. (2012). *A Safe and Just Space for Humanity: Can We Live Within the Doughnut?* Oxfam Discussion Paper, Oxfam.
- Robbins, P. (2020). Is less more ... or is more less? Scaling the political ecologies of the future. *Political Geography* 76: art.102018
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. Persson A., Chapin II, F. Lambin, E.F., Lenton, T.M. ... Foley, J.A. (2009a). A safe operating space for humanity. *Nature* 461: 472-5.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. Persson A., Chapin II, F. Lambin, E.F., Lenton, T.M. ...Foley, J.A. (2009b). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology & Society* 14 (2), pp. 1–24.
- Smithsonian (2012, 10 Mart) 5. *Dennis Meadows - Perspectives on the Limits of Growth: It is too late for sustainable development* [video] YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=f2oyU0RusiA>.
- Steffen W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., ..., Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 13 Şubat, Vol. 347 (6223): 1259855.
- Stockholm Resilience Center. (2019). *Ten years of nine planetary boundaries*. Erişim adresi: <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2019-11-01-ten-years-of-nine-planetary-boundaries.html>.
- TED. (2010, 31 Ağustos). *Johan Rockstrom: İlerlememizde doğayı rehber alalım*. [video] YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=RgqtrlixYR4>
- Turner, G. (2014) 'Is Global Collapse Imminent?', MSSI Research Paper No. 4, Melbourne Sustainable Society Institute, The University of Melbourne.
- Wackernagel, M. ve Beyer, B. (2019). *Ecological Footprint: Managing Our Biocapacity Budget*. New Society Publishers.
- Wackernagel, M. ve Rees, W., (1998). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers.
- World Economic Forum. (2017, 14 Şubat). *Beyond the Anthropocene | Johan Rockström* [video] YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=V9ETiSaxyfk>