



An ecological perspective on climate change scenarios

Serkan ÖZDEMİR ^{*1}, Kürşad ÖZKAN ², Ahmet MERT ²
ORCID: 0000-0000-0000-0000; 0000-0000-0000-0000; 0000-0000-0000-0000

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz MYO, 32950, Sütçüler, Isparta, Türkiye

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye

Abstract

Climate change is expressed as one of the most important problems of the last century. The main reason of the problem is due to fact that the effects of global warming become increasingly apparent. In recent years, many researchers from various disciplines have begun to do considerable studies on this issue. However, many of them were generated in the area of nature science (i.e. forestry, ecology, biology). Because, as stated by many researchers, plant species and wild animals are more easily affected by climate change. Moreover, both plant species and wild animals drift in an adaptation process due to abnormalities in the climate. As a result of this situation the species need to adapt to their habitat to be able to survive. But all species are not able to succeed it easily. That is why, it is important to estimate the potential distribution areas of species current climate and simulated climate change. Climate change simulations make it possible to get accurate results in planning for sustainable of the species. Climate data needs to be used in order to be able to carry out future simulations. This climate data is produced by the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) and used to determine and simulate the potential distribution areas. The IPCC provides climate data for both present and future with the reports issued with certain periods. The mentioned climate data are shared with researchers in the WorldClim database. Various scenarios for the future are presented through continuous updating of these data. When the history of the reports prepared by the IPCC is examined, it is seen that SRES (Special Report on Emissions Scenarios) scenario groups, which are set up under the 4th Evaluation Report between 2007-2013, are used. However, this approach was changed in the 5th Assessment Report submitted in 2013 and the RCP (Representative Concentration Pathways) scenarios were put forward. Within the context of the RCP scenario, four different scenarios have been put forward. Currently, the 6th evaluation report is being prepared. Data from the Shared Socio-Economic Pathways (SSP) scenario groups have been shared recently. In the present study, differences of the scenarios were asserted by informing about SRES, RCP and SSP scenario groups. In addition, information on the ecological evaluation of the data is presented.

Keywords: IPCC, climate change, climate scenarios, global warming, RCP, SRES, SSP

----- * -----

Ekolojik bakış açısı ile iklim değişimi senaryoları

Özet

İklim değişikliği son yüzyılın en önemli sorunlarından birisi olarak ifade edilmektedir. Bu durumun başlıca nedenleri arasında küresel ısınmanın etkilerinin her geçen gün artması gösterilmektedir. Hal böyle olunca, son yıllarda, çeşitli disiplinlerden birçok araştırmacı iklim değişikliği üzerine çalışmalar yapmaya başlamıştır. Bu çalışmalar içerisinde de doğa bilimleri üzerine (ormancılık, ekoloji, biyoloji, vd.) yapılanlar dikkat çekmektedir. Bu durumun sebebi olarak ise bitki türleri ve yaban hayvanlarının iklim değişikliğinden etkilenme noktasında kırılğan bir yapıya sahip olmaları işaret edilmektedir. Şöyle ki, hem bitki türleri hem de yaban hayvanları, iklimdeki anormallikler nedeniyle bir adaptasyon sürecine sürüklenmektedir. Türlerin ise hayatta kalabilmek için, iklim değişikliği neticesinde karşılaşılan koşullara uyum sağlamaları gerekmektedir. Ancak tüm türler bunu kolayca başaramamaktadır. Bu noktada,

* Corresponding author / Haberleşmeden sorumlu yazar: Tel.: +905548076171; Fax.: +902463512901; E-mail: serkanozdemir@isparta.edu.tr

türlerin potansiyel dağılım alanlarını belirlemek ve bu alanları gelecek için simüle etmek önem arz etmektedir. Çünkü bu simülasyonlar türlerin sürdürülebilirliğini planlamada pratik ve etkin sonuçlar almayı mümkün kılmaktadır. Gelecekteki simülasyonları gerçekleştirebilmek için ise iklim verilerinin kullanılması gerekmektedir. İklim verileri hususunda IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) tarafından önemli çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalar neticesinde geçmiş, günümüz ve gelecek için üretilmiş iklim verileri WorldClim veri tabanında araştırmacılara sunulmaktadır. Bu veriler türlerin potansiyel dağılım alanlarını belirlemek ve simüle etmek için kullanılabilir. IPCC, belirli dönemlerde yayınlanan raporlarla geçmiş, günümüz ve gelecek için iklim verileri sağlamaktadır. Bu veriler söz konusu raporlarda belirli periyotlar ile güncellenmektedir. IPCC tarafından hazırlanan raporların geçmişi incelendiğinde, 2007-2013 yılları arasında 4. Değerlendirme Raporu altında oluşturulan SRES (Emisyon Senaryoları Özel Raporu) senaryo gruplarının kullanıldığı görülmektedir. Ancak bu yaklaşım 2013 yılında sunulan 5. Değerlendirme Raporunda değiştirilmiş ve RCP (Temsilci Konsantrasyon Yolları) senaryoları ortaya konulmuştur. RCP senaryosu kapsamında dört farklı senaryo ortaya konmuş ve çalışmalarda bu senaryoların kullanılmasının gerekliliği ifade edilmiştir. Şu an ise 6. değerlendirme raporu hazırlanmaktadır. Geçtiğimiz günlerde de Ortak Sosyo-Ekonomik Rotalar (SSP) senaryo gruplarına ait veriler paylaşılmıştır. Bu çalışmada, SRES, RCP ve SSP senaryo grupları hakkında bilgi verilerek senaryoların farklılıkları ileri sürülmüştür. Ayrıca, bu senaryolara ait verilerin ekolojik anlamda değerlendirilmesine yönelik bilgiler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: IPCC, iklim değişimi, iklim senaryoları, küresel ısınma, RCP, SRES, SSP

1. Giriş

İklim değişimi son yüz yılın en önemli problemlerinden birisi olarak gösterilmektedir. İklim değişikliğinin başlıca sebebi artan nüfus, sanayileşme faaliyetleri ve gelişen teknoloji süreçleri içerisinde ekolojik odaklı düşünce yapısına gerektiği kadar eğilimin olmaması ya da iklim değişiminin engellenmesine yönelik plan ve programların uygulanması noktasında yetersiz kalınmasıdır. Antropojenik faaliyetlerin hız kazanması iklim de istenmeyen anormalliklerin meydana gelmesine yol açmıştır. Özellikle CO₂ salınımının giderek normal seviyelerin üstüne çıkması sera etkisinin kritik seviyelere gelmesine neden olmuştur (McNutt, 2013).

Sera etkisi, karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), klorflorkarbonlar (CFCs), diazotmonoksit (N₂O) gibi gazların ve su buharının atmosferde birikerek yeryüzünden yansıyan ışınların bir kısmını absorbe etmesi, bunun neticesinde de yeryüzüne yakın kısımlarda sıcaklığın artması şeklinde tanımlanmaktadır (Kirk-Davidoff, 2018; Ollila, 2019). Sıcaklıktaki bu istenmeyen artış, buzulların erimesi, okyanus sularının soğuması, buna bağlı olarak okyanus akıntılarının değişerek hakim rüzgarlar üzerinde etkili olması, akabinde özellikle okyanusa kıyısı olan bölgelerde vejetasyon yapısının değişmesi, ardından mikro iklimler üzerinde değişikliklerin meydana gelmesi ve meydana gelen bu değişimlerin tekrar sera etkisini tetiklemesi şeklinde bir döngüye neden olmaktadır. Bu döngü içerisinde bir de antropojenik baskı eklenince başta bitki türleri olmak üzere canlı türlerinin yayılış karakterlerinde değişikliklerinin olmasını hatta nesillerinin tükenmesini kaçınılmaz bir son haline getirmiştir (Türkeş vd., 2000; Aksay vd., 2005).

İklimde meydana gelen değişimlerin başta insan olmak üzere biyosfer içerisindeki tüm canlı toplumlarını olumsuz etkilemesi ve biyolojik çeşitliliğin kritik seviyeye ulaşması bu hususta birtakım önlemlerin alınmasını zorunlu kılmıştır. Bu amaçla Birleşmiş Milletler (BM)'e bağlı olan Dünya Meteoroloji Organizasyonu (DMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (BMÇP) ortaklığında insan faaliyetlerinden kaynaklanan iklim değişikliğinin muhtemel sonuçlarını değerlendirmek için 1988 yılında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur. Bu kuruluş yapmış oldukları çalışmalar neticesinde ortaya koyulan raporlar ile iklim değişikliğinin gelecekteki muhtemel sonuçlarını ve alınması gereken tedbirlere yönelik önerileri sunmaktadırlar. Şu ana kadar ilki 1990 yılında olmak üzere, 1995, 2001, 2007 ve 2013 yıllarında olmak üzere beş kez rapor sunulmuştur. 2016 yılında ön çalışmaları başlayan 6. değerlendirme raporunun ise 2022 yılının ikinci yarısında sunulması planlanmaktadır. IPCC'nin raporlarını oluştururken esas aldığı üç temel dayanak noktası bulunmaktadır. Bunlar bilimsel temel, uyum çalışmaları ve önleme tedbirleri olarak ifade edilmektedir. Bu noktada özellikle sahip olduğumuz biyolojik çeşitliliğin muhafaza edilmesi açısından önleme tedbirleri önem arz etmektedir. Bu denli önemi olan tedbirlerin alınabilmesi ve geleceğe yönelik öngörülerin yapılabilmesi için küresel ölçekte oluşturulan senaryolardan ve bu senaryolar temel alınarak oluşturulan modellerden faydalanılmaktadır (Akçakaya vd., 2013; MGM, 2015). Dolayısı ile iklim senaryolarının kavramsal çerçevesinin bilinmesi ve öngörülerin altında yatan temel sebepler ile farklılıkların anlaşılması yapılacak çalışmalar açısından önem arz etmektedir. Buradan hareketle de söz konusu çalışmada senaryoların temel hatlarının ifade edilmesi ve farklı dönemlerde sunulan senaryoların farklılıklarının ortaya koyulması amaçlanmıştır.

2. Küresel İklim Senaryoları

2.1. Emisyon Raporları Özel Senaryoları (SRES: Special Report on Emissions Scenarios)

İklim modeli çalışmalarının en önemli kısmını kullanılan senaryolar oluşturmaktadır. Senaryolar geleceğe yönelik bazı durumları resmetmek için kullanılan hikayeler olarak tanımlanmaktadır (Gregory ve Duran 2001). Farklı

bir açıdan tanımlamak gerekirse de iklim bilimciler tarafından oluşturulan senaryolar günümüzde alınan kararların gelecekteki durumlarını inceleyebilmek için kullanılabilen dokümanlar olarak ifade edilebilir. Bu noktadan hareketle IPCC'nin 2007 yılında yayınlamış olduğu 4. değerlendirme raporu kapsamında ortaya atılan SRES senaryoları birçok çalışma için altlık oluşturmuş ve geleceğe yönelik birtakım kestirimlerde bulunabilmesi için fırsat yaratmıştır. SRES senaryoları dört ana senaryo (A1, A2, B1, B2) ve bunların kendi içlerindeki alt senaryolardan oluşmaktadır. Bu senaryolar ilk olarak 1997 yılında oluşturulmaya başlanmıştır ve yaklaşık üç yıllık bir sürede tamamlanabilmiştir. İlk sonuçlar 2001'de yayınlanmasına rağmen nihai değerlendirmeler ancak 2007 yılındaki 4. değerlendirme raporunda ortaya koyulabilmiştir. Bu senaryoların oluşturulmasında sıralı yaklaşım olarak isimlendirilen bir sistem kullanılmıştır. Şöyle ki; bu sisteme göre, süreç birbirini takip eden fazlar şeklinde ilerlemektedir. Bu yaklaşımda ilk olarak sosyo-ekonomik senaryolar oluşturulmakta, daha sonra sosyo-ekonomik gelişmelere bağlı olarak meydana gelen emisyon salınımları için senaryolar oluşturulmaktadır. Ardından ise emisyon seviyelerine göre, emisyonların neden olacağı ışınımsal zorlamalar hesaplanarak iklim modellerinde kullanılmaktadır (Cayan vd., 2008, Özkan, 2010; Özkan ve Mert, 2010; MGM, 2015). SRES senaryoları kapsamındaki 4 ana emisyon senaryosu incelenecek olursa;

A1 senaryo grubu hızlı bir ekonomik büyümenin olduğu, yüzyılın sonunda teknolojinin hem geliştiği hem de daha etkin kullanıldığı, daha yoğun sosyo-kültürel etkileşimlerin hakim olduğu ve dünya nüfusunun en yüksek seviyesine ulaştığı homojen bir dünya görüşü kabulüne dayanmaktadır. Bu senaryoya göre CO₂ emisyonunun 2000 yılındaki değerine göre (380 ppm) artacağı ve 2080 yılında 800 ppm'e ulaşacağı, buna bağlı olarak da ortalama sıcaklıkta 3 °C'lik bir artış olacağını öngörmektedir. A1 senaryo ailesi kendi içerisinde üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar fosil yakıtların yoğun olarak kullanıldığı bir sisteme vurgu yapan A1F1, fosil yakıtların kullanılmadığı bir sistemi ifade eden A1T1 ve enerji kaynaklarının dengeli bir şekilde kullanıldığı bir yapıyı öngören A1B senaryolarıdır (IPCC, 2007; Bernstein vd., 2008; Özkan, 2010; Özkan ve Mert, 2010).

A2 senaryosuna göre, yerel kimliklerin korunduğu, kişi başına düşen gelirin ve teknolojik gelişmenin daha yavaş olduğu heterojen bir dünya söz konusudur. Nüfus artışının devam ettiği bu öngörü kapsamında 2000 yılında 380 ppm olan CO₂ miktarının 2080 yılında 700 ppm'e yükseleceğine ve sıcaklıkta 2080 yılı itibariyle 2.8 °C'lik bir artışın olacağına yönelik kestirimde bulunmaktadır (IPCC, 2007; Bernstein vd., 2008; Özkan, 2010; Özkan ve Mert, 2010).

B1 senaryosu, SRES senaryoları içerisindeki en iyimser senaryo olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu senaryoya göre ekonomik gelişmelerin artacağı, fakat yüzyılın sonlarına yaklaştıkça ekolojik tedbirlerin ön plana çıkacağı ve kirletici kaynaklara yönelik bir azalmanın vuku bulacağı bir durum öngörülmektedir. En iyimser değerler ile ifade edilen B1 senaryosuna göre CO₂ konsantrasyonunun 2080 yılında, 2000 yılında 380 ppm olan değerine göre nispeten daha az artış göstereceği ve 580 ppm olacağı, sıcaklık değerinin ise yaklaşık 1.8 °C artacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2007; Bernstein vd., 2008; Özkan, 2010; Özkan ve Mert, 2010).

SRES senaryo gruplarının sonuncusu olan B2 senaryosunda, A2 senaryosuna benzer şekilde heterojen bir dünya görüşü öngörülmektedir. A2 senaryosuna oranla daha az artışın olacağı bir nüfus yapısının söz konusu olduğu bu senaryoda ekonomide orta seviyede bir gelişme tahmin edilmektedir. Bunun yanında teknolojik olarak B1 ve A1 senaryolarından daha yavaş bir ilerleme olacağı kestiriminde bulunulmuştur. Ayrıca yine 2000 yılında 380 ppm olan CO₂ miktarının 2080 itibari ile 550 ppm olacağı, sıcaklıkta ise 2.1 °C'lik bir artış olacağı öngörülmektedir (IPCC, 2007; Bernstein vd., 2008; Özkan, 2010; Özkan ve Mert, 2010).

2.2. Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP: Representative Concentration Pathways)

SRES senaryoları kapsamında geleceğe yönelik farklı kestirimlerde bulunulmuştur. Bu senaryolar IPCC tarafından bahsetmiş olduğumuz periyodik çalışmalar ile revize edilmektedirler. Bahsi geçen senaryo grubu IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporu'nda (2013) ortaya koyulmuştur. Ancak bu iklim değişikliği senaryolarının oluşturulmasında, SRES senaryolarında esas alınan sıralı yaklaşım metodundan farklı bir şekilde paralel değerlendirme metodu kullanılmıştır. Bu yaklaşım ile sunulan yeni konsantrasyon senaryoları Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP: Representative Concentration Pathways) olarak isimlendirilmiştir. Raporda SRES senaryolarına benzer şekilde ışınımsal zorlama seviyelerine göre 4 farklı senaryo (RCP2.6-RCP4.5-RCP6.0-RCP8.5) ifade edilmiştir (IPCC; 2013; Osipova ve Sangermano, 2016). RCP senaryoları muhtemel konsantrasyon ve sıcaklık artış değerleri itibariyle incelenecek olursa;

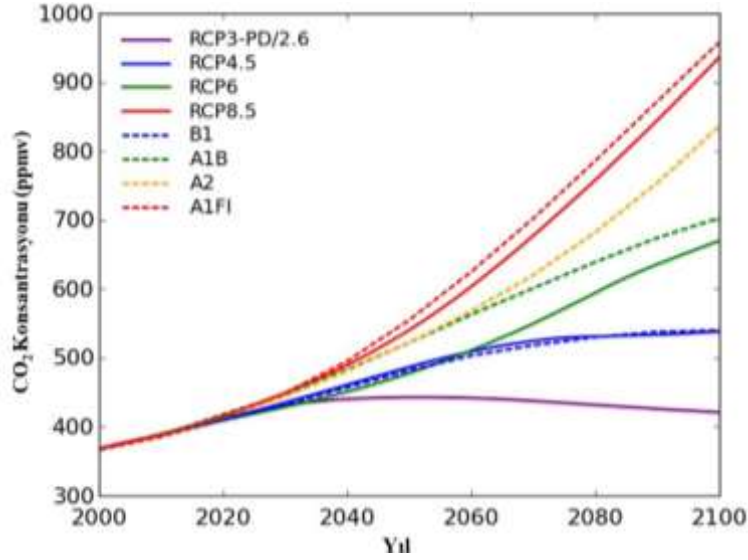
RCP2.6 senaryosu RCP senaryoları içerisindeki en iyimser olanıdır ki, bu senaryoya göre CO₂ miktarının artış göstereceği ve 2050 yılı itibariyle (442 ppm) zirveye ulaşacağı ardından ise ekolojik ve çevre odaklı koruma önlemlerinin ön plana çıktığı bir dünya görüşünün benimsenmesi ile CO₂ miktarının 2050 yılından itibaren azalan trend göstererek yüz yılın sonlarına doğru 421 ppm'e düşeceği tahmin edilmektedir. Bunun yanında yüzyılın sonlarına doğru sıcaklıkta ortalama 1.0 °C'lik (min: 0,3 °C /mak: 1,7 °C) bir artış olacağı öngörülmektedir (Demircan vd., 2014; MGM, 2015; Ayala vd., 2016; Shresta ve Lohpaisankrit, 2016).

RCP4.5 senaryosuna göre gelişen teknoloji ve artan nüfusa bağlı olarak CO₂ miktarındaki artışın yüzyılın sonuna kadar devam edeceği ve 2100 yılında 538 ppm'e ulaşacağı, sıcaklığın ise 1.8 °C'lik (min: 1.1 °C /mak: 2.6 °C) artış göstereceği kestiriminde bulunulmuştur (Demircan vd., 2014; MGM, 2015; Ayala vd., 2016; Shresta ve Lohpaisankrit, 2016).

RCP6.0 senaryosunda da RCP4.5’de olduğu şekilde giderek artan nüfus ve endüstrileşmeye paralel olarak CO₂ miktarının yüzyılın sonuna kadar artacağı, 2100 yılı itibariyle değerin 670 ppm’e ulaşacağı öngörülmüştür. Sıcaklıkta ise 2.2 °C’lik (min: 1.4 °C /mak: 3.1 °C) artış göstereceği tahmin edilmektedir (Demircan vd., 2014; MGM, 2015; Ayala vd., 2016; Shresta ve Lohpaisankrit, 2016).

RCP8.5 senaryosuna göre de nüfusun giderek artacağı, gelişen teknoloji ile beraber endüstrileşme faaliyetlerinin nispeten daha fazla olacağı, tüm bunların neticesinde de, meydana gelen ciddi artışla beraber CO₂ miktarının 2100 yılı itibariyle 936 ppm’e kadar ulaşacağı sıcaklığın ise yaklaşık 3.7 °C’lik (min: 2.6 °C /mak: 4.8 °C) bir artış göstereceği öngörülmektedir (Demircan vd., 2014; MGM, 2015; Ayala vd., 2016; Shresta ve Lohpaisankrit, 2016).

Görüldüğü üzere yeni oluşturulan RCP senaryoları ile SRES senaryoları arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. SRES ve RCP senaryolarının atmosferik karbondioksit (CO₂) konsantrasyonları (IPCC, 2014)

İklim senaryoları (SRES–RCP) itibariyle ifade edilen farklılıklar hem senaryoların oluşturulmasındaki metodolojide hem de genel görüştedir. Örneğin 4. değerlendirme raporunda “iklim değişimi muhtemelen vardır” şeklinde bir görüş söz konusu olmuştur. Ancak 5. değerlendirme raporunda ise değişiklik yapılarak “iklim değişimi kesinlikle vardır ve insan kaynaklıdır” şeklinde bir ifadeye yer verilmiştir. Basit bir şekilde düşünüldüğünde bile bu ifadeler arasındaki farktan iklim değişikliğinin etkilerinin nedenli artmakta olduğu ortaya çıkmaktadır (IPCC, 2013).

2.3. Ortak Sosyo-Ekonomik Rotalar (SSPs: The Shared Socio-Economic Pathways)

SSP senaryo grupları IPCC tarafından hazırlanan 6. Değerlendirme raporu kapsamında hazırlanmaktadır ve 21. yüzyıl senaryoları olarak ifade edilmektedir. Raporun sonuç raporunun 2022 yılının ikinci yarısında yayınlanacağı öngörülmektedir (O’Neill vd., 2016; Carbonbrief, 2018).

Yeni senaryo grubu içerisinde dünyanın alabileceği beş farklı yol sunulmaktadır. RCP senaryo grubunun hazırlanması aşamasında, bir grup senaryoların oluşturulması sürecinde ışınımsal zorlama seviyelerini dikkate alarak çalışmaları yürütülmüştür. İkinci bir grup ise sosyo-ekonomik olarak nasıl değişimlerin olabileceğini modellemeye çalışmaktadır. Bahsi geçen sosyo-ekonomik parametreler nüfus, ekonomik büyüme, eğitim, kentleşme ve teknolojik gelişme oranlarını kapsamaktadır. SSP senaryoları ise sosyo-ekonomik modellerle RCP senaryolarının hedeflerini birleştirerek iklim değişikliğine yönelik olarak dünyanın gelişebileceği beş farklı yol sunmaktadır. Esasında başlangıçta bu iki modelleme süreci tamamlayıcı olarak tasarlanmıştır. Şöyle ki, RCP senaryoları sera gazı konsantrasyonları için ve yüzyılın sonunda ulaşılacak ısınma miktarının etkin bir şekilde kestirilebilmesi için rotalar oluşturmaktadır. Sosyo-ekonomik senaryolar ise emisyonlardaki azalma hedeflerine ulaşılıp ulaşılamayacağı noktasında kestirimler sunmaktadır (O’Neill vd., 2016; Carbonbrief, 2018).

SSP senaryoları farklı temel dünyalar öngörüsü ile beş farklı temel yaklaşım sunmaktadır. Bu temel yaklaşımlar 6 farklı küresel iklim modeline ait olarak (AIM-CGE, GCAM, IMAGE, MESSAGE-GLOBIOM, REMIND-Magpie ve WITCH-GLOBIOM) ışınımsal zorlama değerlerine göre alternatif alt gruplara ayrılmaktadır (IIASA, 2020; WorldClim, 2020).

Senaryo grupları ifade edilen temel yaklaşımlar itibariyle incelenecek olursa; SSP1 sürdürülebilir odaklı büyüme ve eşitlik dünyası, SSP2 trendlerin tarihsel örüntülerini büyük ölçüde takip ettiği yolun ortasında bir dünya,

SSP3 parçalanmış ve yeniden dirilen milliyetçilik dünyası, SSP4 sürekli artan eşitsizliğin olduğu bir dünya, SSP5 ise ekonomik çıktı ve enerji kullanımında hızlı ve kısıtlamasız büyümenin olduğu bir dünya olarak ifade edilmektedir. Aşağıda bu senaryo gruplarına ait bilgilere daha detaylı olarak yer verilmiştir.

SSP1: Sürdürülebilirlik – Yeşil Yolun İzlenmesi (Azaltma ve Adaptasyon İçin Düşük Derecede Zorluklar)

Bu senaryoya göre dünya çevresel unsurlara saygı duyan giderek daha sürdürülebilir bir yaklaşımı esas olan bir yola doğru kaymaktadır. Küresel ölçekte halkın yönetimi yavaş yavaş gelişmekte, ekonomik büyümeye verilen önemden insan refahına verilen öneme geçiş olmaktadır. Dünya çapında (ülkeler içi ve ülkeler arası) eşitsizlik azalmaktadır. Tüketimde enerji ve kaynak kullanımı giderek azalmaktadır (O'Neill vd., 2016; Carbonbrief, 2018).

SSP2: Yolun Ortası (Etkilerin Azaltılması ve Adaptasyon için Orta Derecede Zorluklar)

Dünya sosyal, ekonomik ve teknolojik eğilimlerin tarihsel örüntülerini takip eden bir yol izlemektedir. Kalkınma ve gelir artışı eşitsiz bir şekilde ilerlemektedir. Bazı ülkeler nispeten daha iyi düzeyde ilerleme kaydederken, diğerleri beklentilerin altında kalmaktadır. Ulusal ve uluslararası kurumlar sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için çalışmaktadırlar ancak süreç yavaş ilerlemektedir. Bazı iyileştirmeler olmasına, kaynak ve enerji kullanımının yoğunluğunun azalmasına rağmen, ekolojik sistemler bozulma yaşamaktadır. Küresel nüfus artışı ılımlı bir şekilde ilerlemektedir ve yüzyılın ikinci yarısında azalmaktadır. Gelir eşitsizliği devam etmekte veya yavaş ilerlemektedir. Toplumsal ve çevresel değişikliklere karşı kırılganlığı azaltmaya yönelik zorluklar devam etmektedir (O'Neill vd., 2016; Carbonbrief, 2018).

SSP3: Bölgesel Rekabet – Kayalık Bir Yol (Azaltma ve Adaptasyon İçin Yüksek Derecede Zorluklar)

Bu senaryoya göre yeniden dirilen bir milliyetçilik, rekabetçilik anlayışı hüküm sürmektedir. Güvenlikle ilgili endişeler ve bölgesel çatışmalar, ülkeleri giderek daha çok iç ve dış meselelere odaklanmaya zorlamaktadır. Politikalar zaman içinde giderek daha fazla ulusal ve bölgesel güvenlik sorunlarına yönelmektedir. Ülkeler daha fazla gelişme için enerji ve gıda güvenliği elde etme hedeflerine ulaşmaya odaklanmaktadırlar. Eğitim ve teknolojik gelişim yatırımları giderek azalmaktadır. Ekonomik gelişme yavaş ilerlemekte, tüketim hammadde yoğun olarak gerçekleşmekte, eşitsizlikler devam etmekte hatta artmaktadır. Nüfus artışı sanayileşmiş ülkelerde düşük, gelişmekte olan ülkelerde yüksektir. Ekolojik yaklaşıma uluslararası bakış açısı azalan eğilim göstermekte, bu durum bazı bölgelerde ekolojik bozulmalara neden olmaktadır (O'Neill vd., 2016; Carbonbrief, 2018).

SSP4: Eşitsizlik – Bölünmüş Bir Yol (Azaltmada Düşük Zorluklar, Adaptasyonda Yüksek Derecede Zorluklar)

Beşeri sermayeye[†] olan yatırımlardaki eşitsizliklerin ekonomik fırsat ve siyasi iktidardaki artan eşitsizliklerle birleşmesi neticesinde ülke içinde ve dışında tabakalaşmanın artmasına neden olmaktadır. Zamanla küresel ekonominin bilgi ve sermaye yoğun sektörlerine katkıda bulunan toplumlar ile emek yoğun ve düşük teknoloji ile çalışan az gelirli, düşük eğitimli toplumlar arasındaki fark büyümektedir. Sosyal uyum[‡] azalmakta, toplumdaki çatışma ve huzursuzluk giderek yaygınlaşmaktadır. Teknolojiye olan yatırımlar artma eğilimindedir. Bununla beraber hem kömür ve petrol gibi karbon yoğun yakıtlara hem de düşük karbonlu enerji kaynaklarına olan yatırımlar desteklenmektedir. Çevresel politikaları ise orta ve yüksek gelirli alanlardaki yerel konulara odaklanmaktadır (O'Neill vd., 2016; Carbonbrief, 2018).

SSP5: Fosil Yakıtlı Kalkınma – Otoyolun Alınması (Etki Azaltmada Yüksek Seviyede Zorluklar, Adaptasyonda Düşük Seviyede Zorluklar)

Bu senaryoda ifade edilen dünyada, sürdürülebilir kalkınma yolu olarak hızlı teknolojik ilerleme, beşeri sermayenin geliştirilmesi için rekabetçi pazarlama, yenilikçi yaklaşıma ve katılımcı toplumlara artan inanç öngörülmektedir. Küresel pazarlar giderek birleşmektedir. Sosyal sermayeyi artırmak için sağlık ve eğitim alanlarında önemli yatırımlar söz konusudur. Aynı zamanda ekonomik ve sosyal kalkınma baskısı fosil yakıt kaynaklarının

[†] Bireylerin kişisel gelişimleri için kendilerine yapmış oldukları yatırımdır. Başka bir ifadeyle kişilerin eğitim, tecrübe ve yetenekleriyle kazanmış oldukları bilgi ve deneyim birikimi olarak da tanımlanmaktadır.

[‡] Sosyal uyum ifadesi ile toplumdaki bireylerin o topluluğa bağlılığı ve kendi aralarındaki uyumu anlatılmak istenmektedir.

kullanılması ve dünya çapında enerji yoğun yaşam tarzlarının benimsenmesi ile birleşmiştir. Tüm bu faktörler küresel ekonominin hızlı büyümesine yol açarken, küresel nüfus 21. yüzyılda zirveye ulaşmakta ve azalmaya başlamaktadır. Hava kirliliği gibi yerel çevre sorunları başarıyla yönetilmektedir. Sosyal ve ekolojik sistemlerin etkin bir şekilde yönetileceğine yönelik inanç hakimdir (O'Neill vd., 2016; Carbonbrief, 2018).

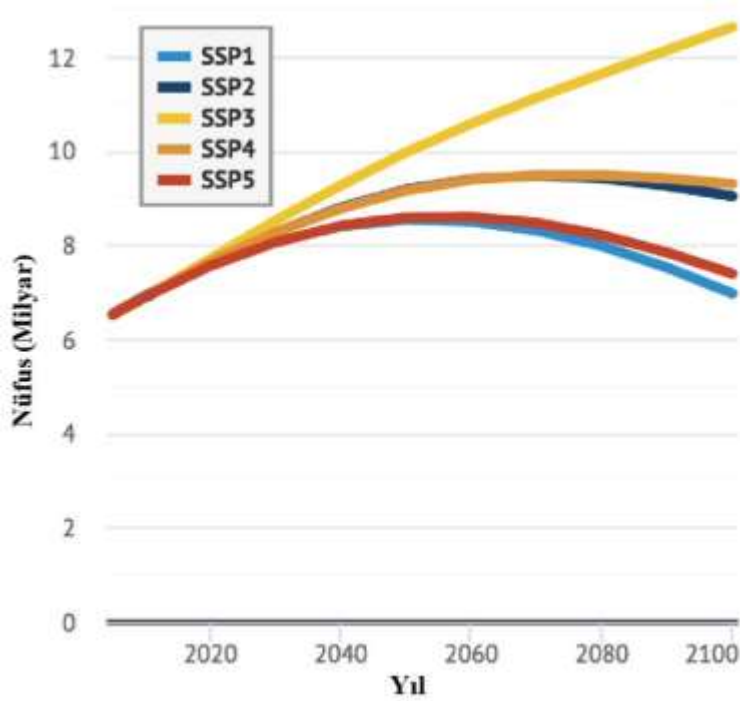
Yukarıda ifade edilen senaryolar geleceğe yönelik alternatif yolları ifade etmektedirler. Bu senaryolar içerisinde SSP1 ve SSP5 senaryoları eğitim ve sağlık için önemli yatırımlar, hızlı ekonomik büyüme ve iyi işleyen kurumları öngörmektedir. Birbirlerinden farklı oldukları noktalar açısından bakıldığında ise SSP1'de sürdürülebilir uygulamalara doğru bir geçiş söz konusu iken, SSP5 enerji yoğun, fosil yakıt bazlı bir ekonomi tarafından yönetileceğini varsaymaktadır. SSP3 ve SSP4 senaryoları fakir ülkelerdeki eğitim ve sağlık alanlarında yapılan yetersiz yatırımlar, hızla artan nüfus ve eşitsizlikler gibi öngörüler ile gelecekte ekonomik ve sosyal gelişmeler bakımından daha kötümser bir yapı tezahür etmektedir. SSP2 ise "yolun ortası" senaryosunu temsil etmekte ve 21. yüzyıl boyunca tarihsel gelişim örüntülerinin devam edeceğini öngörmektedir.

İfade edilen bu değerlendirmeler bakımından SSP senaryolarının IPCC'nin üçüncü ve dördüncü değerlendirme raporlarında sunulan SRES senaryoları ile benzerlik taşıdığı görülmektedir. Örneğin sürdürülebilir odaklı olan SSP1 ve SRES B1 oldukça benzerken, SSP2 ile SRES B2 benzer özellik göstermektedir. Küresel ölçekte parçalanmış bir yapı öngören SSP3, SRES A2 ile benzer özellik gösterirken, yüksek fosil yakıt bağımlılığı kestiriminde bulunan SSP5 ile SRES A1F1 ortak özellikler taşımaktadır. Ancak SSP senaryolarında CO₂ salınım değerleri açısından azaltma (mitigation) SRES senaryolarından farklı olarak düşünülmektedir. Her SSP'nin geleceği öngören temel bir senaryosu vardır ve SSP'ler daha sonra çeşitli emisyon azaltma hedefleriyle birleştirilebilir niteliktedir.

2.3.1. SSP senaryoları nüfus öngörülere

SSP'ler arasındaki temel farklılıklar, küresel nüfus artışı, eğitime erişim, kentleşme, ekonomik büyüme, kaynakların kullanılabilirliği, teknoloji gelişmeleri ve yaşam tarzı değişiklikleri gibi parametrelere yönelik varsayımlardan kaynaklanmaktadır.

Aşağıda yer alan şekilde beş farklı temel SSP senaryosu için öngörülen küresel nüfus projeksiyonları gösterilmektedir.



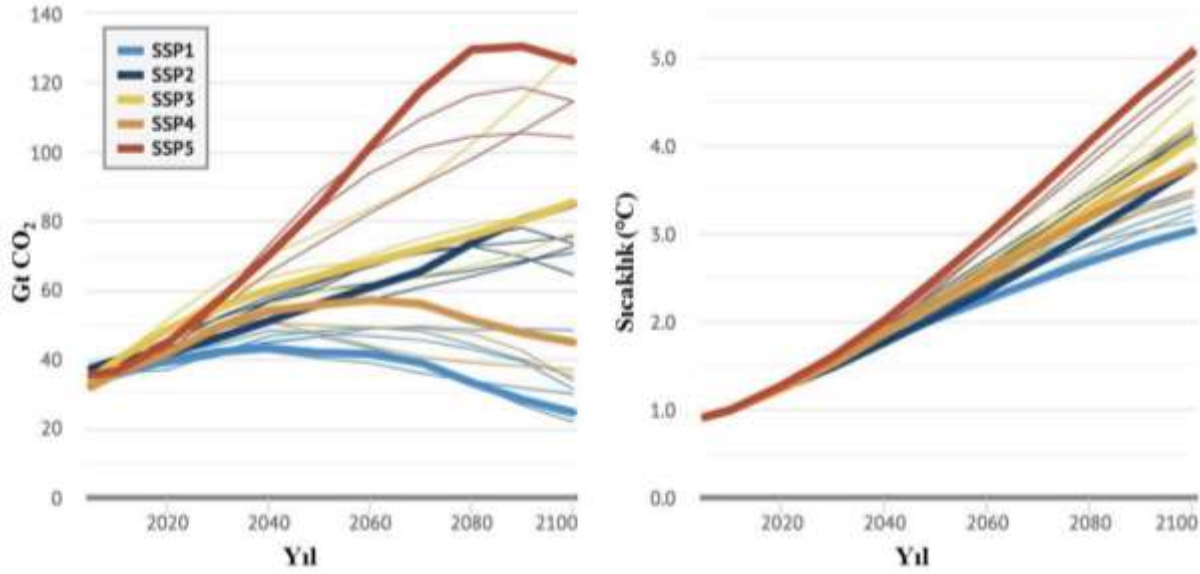
Şekil 2. SSP senaryolarına ait küresel nüfus öngörülere (Carbonbrief, 2018)

Nüfus seviyeleri SSP1 ve SSP5 senaryolarında en iyimser olarak öngörülmektedir. Şöyle ki, 2050 ve 2060 arasında 8.5 milyarla nüfus zirveye ulaşıyor ve 2100 yılına kadar giderek azalarak 7 milyar seviyesine düşüyor. SSP2 SSP4 senaryolarında nüfus 2070-2080 arasında 9.5 milyar civarına ulaşıyor. SSP3 senaryosuna göre ise nüfus artışı yüzyıl sonuna kadar artarak devam ediyor ve 12.6 milyar seviyesine ulaşıyor.

2.3.2. SSP senaryoları emisyon ve sıcaklık öngörülere

SSP senaryoları kapsamında sera gazı emisyonlarının kestirimi için daha önce ifade edilen altı farklı entegre değerlendirme modeli (IAM) kullanılmıştır. Bu modeller nüfusun ekonomik büyümenin ve enerji kullanımının iklimi nasıl etkilediğini simüle etmektedir. Ayrıca sosyo-ekonomik faktörlere bağlı olarak gelecekte sera gazı emisyonlarının nasıl değişebileceğine ve enerji azaltma hedeflerine ulaşmak için enerji kullanımı, üretim ve ekonomik faaliyetlerin nasıl değişebileceğine dair senaryolar üretmektedirler (O'Neill vd., 2016; Carbonbrief, 2018).

Aşağıda yer alan şekillerde her SSP'nin temel senaryosu için öngörülen emisyon ve sıcaklık değerleri yer almaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. SSP senaryolarına ait emisyon ve sıcaklık öngörülmesi (Carbonbrief, 2018)

CO₂ emisyon değerleri açısından SSP senaryoları arasında önemli ölçüde farklar bulunmaktadır. Örneğin sürdürülebilir odaklı olan SSP1'de emisyon değerleri 2040 ve 2060 arasında zirve yapmaktadır. Herhangi bir iklim politikası yürütülmediği koşulda bile 2100 yılına kadar yaklaşık 22 ile 48 gigaton(Gt)[§] CO₂'ye düşüyor. Sıcaklık artışı bakımından da 2100 yılı itibariyle 3-3.5 °C'lik sıcaklık artışı öngörülmektedir (Şekil 3).

SSP2'de ise emisyonlar yüzyılın sonuna kadar artmaya devam ediyor. Yüzyılın sonlarına doğru 65 Gt CO₂ ile 85 Gt CO₂ arasında bir artış öngörülmektedir. Sıcaklıkta ise 3.8-4.2 °C artış olacağı varsayılmaktadır (Şekil 3).

Bölgesel rekabet temalı senaryo olan SSP3'te 2100 yılına kadar 76-86 Gt CO₂'ye ulaşan emisyon değerleri öngörülmektedir. Sıcaklık değerlerin açısından ise 2100 yılı itibari ile 3.9-4.6 °C'lik bir artış olacağı düşünülmektedir (Şekil 3).

Bir diğer senaryo olan SSP4 için emisyonlar nispeten düşük olarak gözlemlenmektedir. SSP4 emisyonları 2100 itibariyle 34 -45 Gt CO₂ arasında değişmekte, sıcaklık artışı ise 3.5-3.8 °C olarak öngörülmektedir (Şekil 3).

Son olarak yüksek büyüme oranına sahip bir dünya betimleyen SSP5 senaryosuna göre 2100'de 104-126 Gt CO₂ arasında değişen emisyon değerleri ve 4.7-5.1 °C sıcaklık artışı öngörülmektedir (Şekil 3).

2.3. İklim Senaryolarının Geleceği

İklim senaryolarının son olarak 2013 yılında sunulmasının hemen ardından sonraki çalışmaların sürecinin nasıl işleyeceği ve raporda neler sunulacağı merak konusu olmaya başladı. Ancak çok kısa sürmedi ve IPCC tarafından bir sonraki rapora ilişkin bir takvim ve işleyiş şeması yayınlandı. Taslağın hazırlandığı ve sunulduğu toplandı 1-5 Mayıs 2017 tarihlerin de Etiyopya'da gerçekleştirildi. Eylül ayında ise toplantı da sunulan taslağın onaylandığı ilan edildi (IPCC, 2013; IPCC-Calendar, 2019). Taslakta ortaya koyulan bilgilere göre 6. değerlendirme raporu (AR6) kapsamında 3 özel rapor sunulması planlanmaktadır. Bu raporların konu başlıkları ise şu şekilde ifade edilmiştir.

[§] 1ppm CO₂ = .7.77 Gt CO₂

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)'ya göre 2019 yılı mayıs ayı için atmosferdeki ppm değeri 2018 yılına göre 3.5 ppm artarak 411.2 ppm değerine ulaşmıştır. SSP senaryoları için öngörülen değerler günümüz emisyon değerinden (411.2 ppm) artış veya azalış miktarlarını ifade etmektedir.

- İklim değişikliği
- Okyanuslar ve kriyosferler
- Çölleşme ve arazi bozulması
- Sürdürülebilir arazi yönetimi
- Gıda güvenliği
- Karasal ekosistemlerin üzerindeki sera gazı akışları

Ortaya koyulacak raporda ifade edilen bu temel altlıklar esas alınarak iklim değişikliğine ait çerçevenin oluşturulacağı belirtilmiştir. AR6 raporuna ilişkin verilen takvimde ilk olarak Ekim 2018’de 1.5 °C’ lik küresel ısınma öngörüsüne dayanan bir ara rapor yayınlanmıştır. 1.5 °C Küresel Isınma Özel Raporu hükümetler tarafından Güney Kore’de onaylanmıştır. Rapor genel hatları itibariyle incelendiğinde şu maddelerin öne çıktığı görülmektedir (IPCC, 2019).

- İnsan etkisi neticesinde sanayi dönemi öncesine göre 1.0 °C’ lik bir ısınma meydana gelmiştir.
- Sera gazı emisyonları bu trend ile devam ederse 2030 – 2050 yılları arasında küresel ısınma değeri 1.5 °C’ yi geçecektir.
- 1.5 °C değeri sürdürülebilir kalkınama açısından kritik bir sınırdır.
- Bu sınırı geçmemek adına küresel emisyonları 2030 yılında 2100 yılına göre %45 azaltmak ve 2050 yılında sıfır emisyon değerine ulaşmak gerekmektedir.
- Hali hazırda Paris Antlaşması nezdinde verilen taahhütler, küresel ısınmayı 1.5 °C’ de sınırlandırmaya yetmemektedir.

Daha sonraki kısımda RCP ve SSP senaryoları ile uygulanmaya başlanan paralel yaklaşım yöntemi kapsamında farklı gruplar ile gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları ortaya koyulacağı beklenmektedir. Bu noktada raporda çalışmaların üç farklı grup ile yürütüleceği ifade edilmiştir. İlk olarak Nisan 2021’de temel fizik bilimi kapsamında katkılarının sunulduğu bir rapor yayınlanacaktır. Ardından Haziran 2021’ de iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilmesine yönelik çalışmaların yer aldığı rapor sunulacaktır. Son olarak ise Ekim 2021’de iklime dayalı etki, adaptasyon ve hassasiyet süreçlerini kapsayan üçüncü rapor yayınlanacaktır. Son olarak ise Nisan 2022’ de sentez raporun sunulacağı belirtilmiştir. Nihai rapor yayınlandıktan sonra sonuçların yaygınlaştırılması için, farklı bölgeler de konferans, çalıştay, toplantı ve sosyal programların yapılması da planlanmaktadır.

3. İklim Verilerinin Temini

Daha önce iklim öngörülleri esas alan birçok senaryodan bahsedilmiştir. Bu senaryolar itibariyle gerçekleştirilmiş çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar incelendiğinde de büyük kısmında www.worldclim.org adresinde ücretsiz bir şekilde araştırmacıların kullanımına sunulan verilerden faydalandığı görülmektedir. Şu an itibariyle veri tabanının da Versiyon 2.1 yer almaktadır ve internet sitesinde güncellemeler devam etmektedir. Versiyon 2.1 içerisinde geçmiş, günümüz ve gelecek için veriler yer almaktadır. Veri tabanında günümüze ait olarak dört farklı mekânsal çözünürlükte (10 arc dakika, 5 arc dakika, 2,5 arc dakika ve 30 arc saniye) minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, yağış, solar radyasyon, rüzgar hızı, su buharı basıncı ve 19 adet bioiklim (Çizelge 1) verisi bulunmaktadır (Fick ve Hijmans, 2017; WorldClim, 2020).

Çizelge 1. Bioiklim değişkenlerinin açıklamaları ve kodları

Değişkenin açıklaması	Değişkenin kodu
Yıllık ortalama sıcaklık	BIO1
Gündüz sınıf ortalaması	BIO2
Eş ısı	BIO3
Mevsimsel sıcaklık	BIO4
En sıcak ayın en yüksek sıcaklığı	BIO5
En soğuk ayın en düşük sıcaklığı	BIO6
Yıllık sıcaklık	BIO7
En nemli üç ayın ortalama sıcaklığı	BIO8
En kurak üç ayın ortalama sıcaklığı	BIO9
En sıcak üç ayın ortalama sıcaklığı	BIO10
En soğuk üç ayın ortalama sıcaklığı	BIO11
Yıllık yağış	BIO12
En nemli ayın yağışı	BIO13
En kurak ayın yağışı	BIO14
Mevsimsel yağış	BIO15
En nemli üç ayın yağışı	BIO16
En kurak üç ayın yağışı	BIO17
En sıcak üç ayın yağışı	BIO18
En soğuk üç ayın yağışı	BIO19

Günümüze ait verilerin dışında 1960-2018 yılları arasına ait 10 yıllık periyotlar şeklinde aylık minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık ve yağış verileri yer almaktadır. Geleceğe ait olarak ise üç farklı mekânsal çözünürlükte veriler yer almaktadır. 30 arc saniye çözünürlüklü verinin yakın zamanda ekleneceği veri tabanında ifade edilmektedir. Ayrıca gelecek verileri önceki versiyondan (Versiyon 2.0) farklı olarak** 20 yıllık periyotlar için 4 farklı zaman diliminde (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, 2081-20100) sunulmaktadır. Her bir zaman aralığı için ise 9 farklı gruba ait küresel iklim modeline ait veri yer almaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. WorldClim veri tabanında gelecek için sunulan verilerin dahil olduğu küresel iklim modelleri (WorldClim, 2020)

BCC-CSM2-MR	Beijing Climate Center Climate System Model Version 2 Mixed Resolution
CNRM-CM6-1	Centre National de Recherches Météorologiques- Coupled Model Intercomparison Project
CNRM-ESM2-1	Centre National de Recherches Météorologiques-Earth System Model
CanESM5	The Canadian Earth System Model version 5
GFDL-ESM4	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory-Earth System Model
IPSL-CM6A-LR	Institut Pierre-Simon Laplace-Coupled Model Intercomparison Project-Low Resolution
MIROC-ES2L	Model for Interdisciplinary Research on Climate-Earth System Version 2 Long-Term Simulations
MIROC6	Model for Interdisciplinary Research on Climate Phase 6
MRI-ESM2-0	Meteorological Research Institute Earth System Model Version 2.0

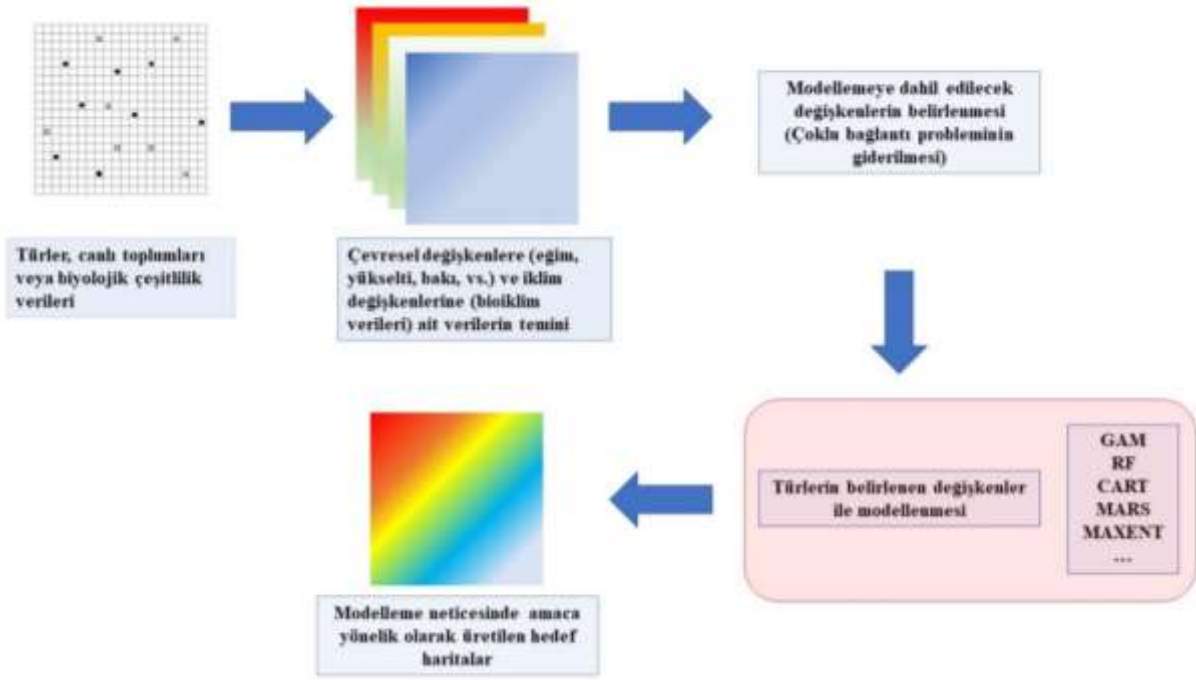
4. Ekolojik Açından İklim Değişimi Senaryoları

Doğal ekosistemlerdeki canlılık faaliyetlerinin devamı noktasında iklim koşullarının önemi herkes tarafından bilinmektedir (Özdemir, 2018). Çünkü iklimde meydana gelen değişimlerden insanların modern teknoloji imkanlarına sahip olmasına rağmen olumsuz bir şekilde etkilenmesi birçok şeyin farkına varabilmek adına temsil niteliğindedir. Özellikle son zamanlarda meydana gelen ve iklimsel anormalliklerin çıktıklarından birisi olarak ifade edilen Irma, Harvey ve Maria kasırgaları iklimsel olayların verebileceği zararlar noktasında fikir sahibi olunmasını sağlamıştır. Sadece bu üç kasırganın birçok can kaybı ve 200 milyar dolardan fazla maddi zarara neden olduğu belirtilmektedir (Independent, 2020; NYT, 2020). Bununla beraber son yıllarda zoonoz hastalıkların arttığı ve bunun başlıca nedenleri arasında iklim değişikliğinin olduğu da belirtilmektedir. İklimsel anormalliklerin etkileri her zaman bu kadar yıkıcı ve kısa süreli olmasa da uzun vade de daha çarpıcı sonuçlarının olabileceği düşünülmektedir (Talu, 2015). Öyle ki bu düşüncelerden ötürü iklim değişikliği konusunda paradigma noktasında farklı görüşler ortaya atılmaktadır. Bu noktada son yıllarda iklim değişikliği ifadesinin yerine “iklim krizi” kavramının kullanılması gündeme gelmektedir (Aron, 2019; Rinnan and Lawler, 2019).

Daha önce ifade edildiği gibi insanoğlunun sahip olduğu imkan ve kaynaklara rağmen çaresiz kaldığı durumlar söz konusu iken doğada yaşayan canlılar noktasında da geri dönüşümü olmayan olumsuzlukların yaşanması muhtemel olmaktadır. Özellikle canlı toplumlarının iklim değişimine adapte olamayıp nesillerinin tükenmesi durumu bunun en belirgin örneği olarak gösterilmektedir. Bu sebeptendir ki, ekoloji, biyoloji, ormancılık gibi canlı toplumlarının incelendiği bilim dalları içerisinde iklim değişikliğine yönelik çalışmaların yapılması kaçınılmaz bir gereksinim olmuştur. Daha spesifik anlamda ifade edilecek olunursa, sadece türlerin değil aynı zamanda canlı toplumlarının ve biyolojik çeşitliliğinin gelecekteki potansiyel dağılımlarının bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Bu süreç neticesinde elde edilen haritalar ile hem hedef türlerin devamlılığının sağlanması hem de biyolojik çeşitliliğin ekosistem tabanlı planlamalara entegre olabilmesi mümkün olacaktır (Özkan, 2014; Gao vd., 2016, Macfadyen vd., 2016; Özkan, 2016; Mert ve Kırış, 2017; Özdemir vd., 2017). Ekolojik anlamda sürecin nasıl işleyeceğini temsil eden bir şekil aşağıda verilmiştir.

Yukarıdaki şekilde yer alan metodoloji doğa bilimleri içerisinde farklı disiplinlerde türlerin korunması, planlanması, sürdürülebilir kullanımı gibi amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. Bu çalışmalar içerisinde özellikle iklimsel parametreler kullanılarak canlı toplumlarının gelecekteki muhtemel durumlarına yönelik kestirimlerin yapıldığı çalışmalar önem arz etmektedir. Çünkü hedef türlerde, canlı toplumlarında veya biyolojik çeşitlilikte meydana gelebilecek olası değişikliklere yönelik kestirimlerin yapıldığı çalışmalardan elde edilen çıktılar, uygulamada sağlamış olduğu pratik ve etkili yaklaşım ile gerek türlerin korunması gerek ise sürdürülebilir faydalanma noktasında göz ardı edilemez bir konumdadır. Keza, son yıllarda iklimin hızlı bir şekilde değişmesine bağlı olarak önemi artan “sürdürülebilirlik” ve “ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama” gibi yaklaşımların hedefe ulaşabilmesinin yolu bahsi geçen çalışmaların doğru metodolojiler kullanılarak yapılmasını gerektirmektedir. Dolayısı ile bu doğrultuda yapılacak olan çalışmalar özellikle Türkiye gibi endemik ve nadir tür çeşitliliğinin fazla olduğu yerlerde vazgeçilmez birer araç olarak görülmektedir.

** İklim verileri Versiyon 2.0 kapsamında 2050 ve 2070 olmak üzere iki farklı zamana ait olarak sunulmaktaydı.



Şekil 5. Ekolojik modelleme sürecinin işleyişi

Teşekkür

Bu çalışma 2017 yılında Trabzon'da gerçekleştirilen Uluslararası Ormanlık ve Çevre Sempozyumu'nda (International Forestry & Environment Symposium) sözlü bildiri olarak sunulan çalışmadan üretilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Akçakaya, A., Eskioğlu, O., Atay, H. & Demir, Ö. (2013). Yeni Senaryolarla Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları. MGM, Ankara.
- [2] Aksay, C.S., Ketenoğlu, O. & Kurt, L. (2005). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi, 1(25), 29-42.
- [3] Aron, A.R. (2019). The climate crisis needs attention from cognitive scientists. Trends in cognitive sciences, 23(11), 903-906.
- [4] Ayala, L. M., van Eupen, M., Zhang, G., Pérez-Soba, M., Martorano, L. G., Lisboa, L. S. & Beltrao, N. E. (2016). Impact of agricultural expansion on water footprint in the Amazon under climate change scenarios. Science of the Total Environment, 569, 1159-1173.
- [5] Bernstein, L., Bosch, P., Canziani, O., Chen, Z., Christ, R. & Riahi, K. (2008). IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. IPCC.
- [6] Carbonbrief. (2018). CMIP6: the next generation of climate models explained. <https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained>, Erişim: 14.03.2020.
- [7] Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan, A. & Akçakaya, A. (2014). Türkiyede Yeni Senaryolara Göre İklim Değişikliği Projeksiyonları. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [8] Fick, S.E. & Hijmans, R.J. (2017). WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 37 (12): 4302-4315.
- [9] Gao, Q., Guo, Y., Xu, H., Ganjurjav, H., Li, Y., Wan, Y., Qin, X., Ma, X. & Liu, S. (2016). Climate Change And Its Impacts On Vegetation Distribution And Net Primary Productivity of the Alpine Ecosystem in the Qinghai-Tibetan Plateau, Science of the Total Environment, 554, 34-41.
- [10] Gregory, W. L., & Duran, A. (2001). Scenarios and acceptance of forecasts. In Principles of forecasting (pp. 519-540). Springer, Boston, MA.
- [11] IIASA. (2020). International Institute for Applied Systems Analysis, IAM Scenarios. <https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb/dsd?Action=htmlpage&page=40>, Erişim: 15.03.2020.
- [12] Independent. (2020). Hurricanes Harvey, Irma and Maria pushed natural catastrophe insurance costs to record high last year, study shows. England, <https://www.independent.co.uk>, Erişim: 14.03.2020.

- [13] PCC. (2007). Mitigation of Climate Change, Summary for Policymakers, 10(5.4).
- [14] IPCC. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- [15] IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- [16] IPCC. (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. In Press.
- [17] IPCC-Calendar. (2019). The Intergovernmental Panel on Climate Change Schedule, <https://www.ipcc.ch/calendar/> Erişim: 13.03.2020.
- [18] Kirk-Davidoff, D. (2018). The Greenhouse Effect, Aerosols, and Climate Change. In Green Chemistry, Elsevier, pp. 211-234.
- [19] Macfadyen, S., McDonald, G. & Hill, M. P. (2016). From Species Distributions to Climate Change Adaptation: Knowledge Gaps in Managing invertebrate Pests in Broad-Acre Grain Crops. Agriculture, Ecosystems & Environment. 208-219.
- [20] Mert, A. & Kıraç, A. (2017). Isparta-Sütçüler Yöresinde *Anatololacerta danfordi* (Günter, 1876)'nin Habitat Uygunluk Haritalaması. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 1(1), 16-22.
- [21] Mert, A., Özkan, K., Şentürk, Ö. & Negiz, M.G. (2016). Changing the potential distribution of Turkey Oak (*Quercus cerris* L.) under climate change in Turkey. Polish Journal of Environmental Studies, 25(4), 1633-1638.
- [22] MGM. (2015). Yeni Senaryolar ile Türkiye için İklim Değişikliği Projeksiyonları, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [23] NYT. (2020). 2017 Set a Record for Losses From Natural Disasters, <https://www.nytimes.com/2018/01/04/climate/losses-natural-disasters-insurance.html>, Erişim: 14.03.2020.
- [24] Ollila, A. (2019). The Greenhouse Effect Definition. Physical Science International Journal, 1-5.
- [25] O'Neill, B. C., Tebaldi, C., Van Vuuren, D., Eyring, V., Friedlingstein, P., Hurtt, G., Knutti, R., Kriegler, E., Lamarque, J.F., Lowe, J., Meehl, J., Moss, R., Riahi, K. & Sanderson, B.M. (2016). The scenario model intercomparison project (ScenarioMIP) for CMIP6.
- [26] Osipova, L. & Sangermano, F. (2016). Surrogate species protection in Bolivia under climate and land cover change scenarios. Journal for Nature Conservation, 34, 107-117.
- [27] Özdemir, S., Negiz, M. G., Turhan, U. U., Şenol, A. & Arslan, M. (2017). Kuyucak Dağı yöresinde alfa çeşitliliğinin gösterge bitki türleri. Türkiye Ormancılık Dergisi, 18(2), 102-109.
- [28] Özdemir, S. (2018). Random Forest Yöntemi kullanılarak potansiyel dağılım modellemesi ve haritalaması: Yukarıgökdere Yöresi örneği. Türkiye Ormancılık Dergisi, 19(1), 51-56.
- [29] Özkan, K. (2010). Küresel İklim Değişim Senaryoları, Orman Mühendisliği Dergisi, 47(1-2-3), 12-17.
- [30] Özkan, K. & Mert, A. (2010). Isparta Yukarı Gökdere Yöresinde Kasnak Meşe'sinin Senaryolarına Göre 2050 ve 2080 Yıllarında Muhtemel Potansiyel Yayılış Alanlarının Coğrafi Modellemesi, Çölleşme İle Mücadele Sempozyumu (17-18 Haziran, 2010), Anitta Otel, Çorum.
- [31] Özkan, K. (2014). Odun Dışı orman Ürünlerinin Potansiyel Dağılım Haritalaması Neden Önemlidir? Nasıl Gerçekleştirilmelidir? Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Eczacılık ve Ormancılıktaki Önemi Sempozyumu (20-21 Mart), 86-100, Malatya.
- [32] Özkan, K. (2016). Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (α , β ve γ) Nasıl Ölçülür. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın, 98, Isparta.
- [33] Rinnan, D.S. & Lawler, J. (2019). Climate- niche factor analysis: a spatial approach to quantifying species vulnerability to climate change. Ecography, 42(9), 1494-1503.
- [34] Shrestha, S. & Lohpaisankrit, W. (2016). Flood Hazard Assessment Under Climate Change Scenarios in the Yang River Basin, Thailand, International Journal of Sustainable Built Environment, 14.
- [35] Talu, N. (2015). Türkiye'de iklim değişikliği siyaseti. Phoenix.
- [36] Türkeş, M., Sümer, U.M. & Çetiner, G. (2000). Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK GN. MD., Ankara.
- [37] WorldClim. (2020). Global climate and weather data, <https://www.worldclim.org/> Erişim: 13.03.2020.