

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KENTSEL
GENİŞLEMENİN İSTANBUL İLİNDE
YANGIN RİSKİNE ETKİLERİ**

**EFFECTS OF CLIMATE CHANGE
AND URBAN EXPANSION ON WILDFIRE RISK
IN ISTANBUL PROVINCE**

Prof. Dr. Yusuf Serengil
Ufuk Özkan
Erda Çeler
İkram Çelik

Prof. Dr. Yusuf Serengil / İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
serengil[at]iuc.edu.tr / ORCID: 0000-0001-5761-9822

1995 yılında İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesinden mezun olduktan sonra Havza Yönetimi Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini, ekosistemlerde madde döngüsü konusunda da doktorasını tamamlamıştır. 2005-2006 yıllarında ABD'deki Coweeta Hidroloji Laboratuvarında doktora sonrası projelerde görev almıştır. Yusuf Serengil 1995-2010 yılları arasında iklim değişikliği konularında bilimsel ve akademik çalışmalarda bulunmuş, 2010 sonrasında ise Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) süreçlerine hem müzakereler hem de envanter uzmanlığı bakımlarından ülkemizi temsilen katılmaya başlamıştır. Birçok BMİDÇS toplantısında ve projesinde Arazi Kullanma ile konularda Bakanlıklarımıza danışmanlık yapmıştır. 2012 yılında Birleşmiş Milletlerin AKAKDO sektörü Sözleşme ve Kyoto Protokolü, 2015 yılında Ulusal Bildirim ve İki Yıllık Raporlama, 2018'de de İki Yıllık Güncelleme Rapor uzmanlıklarını almıştır. 2012 yılından beri BMİDÇS tarafından Uzman Gözden Geçirme Heyetlerinde (ERT) görevlendirilmiş ve görevlendirilmektedir. Ülkemizin İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı dahil birçok dökümanı ve projesi yanında uluslararası projelerde görev yapmıştır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan Sulak Alanlar Kılavuzunda ülkemizi temsilen başyazar olarak görev almıştır. Halen İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Orman Fakültesinde profesörlük görevini yürütmekte olup 1 Eylül 2021-2 Temmuz 2022 döneminde Fulbright bursu ile ABD İklim Merkezinde görevlendirilmiştir.

Prof. Dr. Yusuf Serengil / Istanbul University-Cerrahpaşa
serengil[at]iuc.edu.tr / ORCID: 0000-0001-5761-9822

After graduating from Istanbul University Faculty of Forestry in 1995, he completed his master's degree in the Department of Watershed Management and his doctorate on matter cycle in ecosystems. In 2005-2006, he took part in postdoctoral projects at the Coweeta Hydrology Laboratory in the USA. Yusuf Serengil carried out scientific and academic studies on climate change between 1995 and 2010, and after 2010, he started to participate in the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) processes, both in terms of negotiations and inventory expertise, representing our country. He advised our Ministries on Land Use and issues in many UNFCCC meetings and projects. He received the expertise of the United Nations LULUCF sector Convention and Kyoto Protocol in 2012, National Notification and Biennial Reporting in 2015, and Biennial Update Report in 2018. Since 2012, it has been and has been commissioned by the UNFCCC in Expert Review Panels (ERT). In addition to many documents and projects of our country, including the Climate Change National Action Plan, he worked in international projects. He served as the lead author, representing our country, in the Wetlands Guidelines prepared by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). He is still a professor at Istanbul University Cerrahpaşa Faculty of Forestry and was assigned to the USA Climate Center with a Fulbright scholarship between September 1, 2021 and July 2, 2022.

Ufuk Özkan / İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
ufukozkn[at]gmail.com / ORCID: 0000-0002-4172-6954

Ufuk Özkan, 2011 yılında İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. Yüksek Lisans eğitimini 2015 yılında İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Havza Yönetimi Anabilim Dalı'nda tamamlamıştır. 2021 yılında ise "CBM-CFS3 modeli ile orman ekosistemlerinde karbon modellemesi" konusundaki doktora tez çalışmasını İÜC-Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Programında tamamlamıştır. Lisansüstü eğitimi sürecinde çeşitli TÜBİTAK projelerinde ve araştırma çalışmalarında bursiyer olarak görev almış olup 2018-2019 yıllarında TÜBİTAK 2214-A programı ile Kanada Ormanlık Servisi-Pasifik Ormanlık Araştırma Enstitüsünde ziyaretçi bilim

insanı olarak çalışmıştır. Çalışma konuları iklim değişikliğinin karasal ekosistemler üzerindeki etkileri, arazi kullanım sektöründe azaltım ve uyum, arazi değişimi, orman ekosistemleri için sera gazı envanteri, hidroloji ve orman zararlarının karbon modellemesidir.

Ufuk Özkan / İstanbul University-Cerrahpaşa

ufukozkn[at]gmail.com / ORCID: 0000-0002-4172-6954

Ufuk Özkan graduated from Istanbul University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering in 2011. He completed his master's degree at Istanbul University, Faculty of Forestry, Department of Watershed Management in 2015. He completed his doctoral thesis on "Carbon modelling in forest ecosystems with the CBM-CFS3 model" in Forest Engineering Program (Istanbul University-Cerrahpaşa) in 2021. Since 2011, he took part as a scholar in various TUBITAK (Scientific and Technological Research Council of Turkey) projects and research studies and worked as a visiting scientist at the Canadian Forestry Service-Pacific Forestry Research Institute with the TUBITAK 2214-A program in 2018-2019. His study subjects are the effects of climate change on terrestrial ecosystems, mitigation and adaptation in the land-use sector, land change, greenhouse gas inventory for forest ecosystems, hydrology and carbon modelling of forest disturbances.

Erda Çeler / İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

erdaceler[at]ogm.gov.tr / ORCID: 0000-0002-4587-6677

Erda Çeler, T.C Orman Genel Müdürlüğü'nde orman yüksek mühendisi olarak çalışmaktadır. Doktora öğrenimini İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Havza Yönetimi ana bilim dalında kentsel alanlarda iklim değişikliğine uyum ve azaltım konusunda devam etmektedir. 2008 yılında Gazi Üniversitesi Kastamonu Orman Fakültesinden mezun olmuştur. 2013 yılında Kastamonu Üniversitesi Silvikültür ana bilim dalında yüksek lisansını tamamlamıştır. 2009- 2010 yılları arasında Avrupa Gönüllü Eğitimi programı kapsamında İspanya'da kent içi yeşil alanların düzenlenmesi ve iklim değişikliğine uyum konulu projede görev almıştır. 2012 yılında Milli Eğitim Bakanlığı Yurtdışı Lisansüstü Eğitim Bursunu kazanmış ve 2017 yılında Oregon Eyalet Üniversitesi Orman Ekosistemleri ve Topluluğu ana bilim dalında Genetik ve Popülasyon Genetiği alanında ikinci yüksek lisansını tamamlamıştır. Birleşmiş Milletler Ulusal Bildirim ve İki Yıllık Raporlama uzmanlıkları vardır. AKAKDO envanter ekibinde ve ulusal uzman havuzunda yer almaktadır. Çalışma konuları iklim değişikliği, arazi kullanım sektöründe azaltım ve uyum, sera gazı envanteri, ekosistem hizmetleri, genetik ve popülasyon genetiğidir.

Erda Çeler / Istanbul University-Cerrahpaşa

erdaceler[at]ogm.gov.tr / ORCID: 0000-0002-4587-6677

Erda Çeler (F) works as a forest engineer (MSc) in the General Directorate of Forestry, Turkey. She is a Ph.D. candidate at İstanbul University-Cerrahpaşa, Department of Watershed Management on adaptation and mitigation to climate change in urban areas. She received her bachelor's degree at Gazi University in 2008 and her first master's degree at Kastamonu University Institute of Science and Technology in 2013, Turkey. Between 2009 and 2010, she took part in the project on the regulation of urban green areas and adaptation to climate change in Spain within the scope of the European Volunteer Education program. In 2012, she won the Ministry of National Education's Scholarship and received her second master's degree at Oregon State University in the Department of Forest Ecosystems and Society, Oregon, USA. She is a LULUCF (Land Use Land Use Change and Forestry) sector expert in GHG (Greenhouse Gas) inventories, carbon accounting, and Annual and Biennial submission expert. She is part of the LULUCF inventory team and national roster of experts. Erda's research focuses on climate change, mitigation, and adaptation in the land-use sector, GHG inventories, ecosystem services, genetics, and population genetics.

İkram ÇELİK / İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü**ikramcelik[at]ogm.gov.tr / ORCID: 0000-0002-4782-1936**

1970 yılında Artvin-Ardanuç' ta doğdu. İlk, Orta ve Lise tahsilini Ardanuç' ta tamamladı.1986 yılında girdiği KTÜ Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümünden 1990 yılında mezun oldu. 217. Dönem olarak askerliğini Yedek Subay olarak yaptı. Girdiği sınavı kazanarak Orman Genel Müdürlüğünde 1992 yılında Kastamonu - Cide'de Orman İşletme Şefi olarak göreve başladı. Giresun, Artvin ve İstanbul'da değişik birimlerde Yönetici ve Teknik Elaman olarak görev yaptı. 2015 yılından itibaren İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü (İstanbul, Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerini kapsamaktadır), Orman Yangınlarıyla Mücadele Şube Müdürlüğü görevini yürütmektedir. Orman yangınlarıyla mücadele uzmanı olup özellikle Ormanlık Konularında Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) ve bilgisayar ortamında Orman Yangın Risk Haritalarının yapımı konusunda çalışmakta olup, Türkiye'de ilk kez 15 değişik kriter kullanarak WEB tabanlı yazılımla İstanbul, Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ İllerine ait ormanlarının risk haritası yapımı ve Yangın Gözetleme Kulelerinin görünürlük analizi projesi yazımını ve koordinatörlüğünü yapmıştır. AB, TÜBİTAK ve Kalkınma Ajansı Proje yazılımlarını yapmakta olup, 5 adet büyük projede Proje koordinatörlüğü yapmıştır.

İkram ÇELİK / Istanbul Forest Regional Directorate**ikramcelik[at]ogm.gov.tr / ORCID: 0000-0002-4782-1936**

He was born in 1970 in Artvin-Ardanuç. He completed his primary, secondary and high school education in Ardanuç. He entered KTU Faculty of Forestry in 1986 and graduated from the Department of Forestry Engineering in 1990. He did his military service as a Reserve Officer in the 217th Period. He passed the exam and started to work as a Forestry Operations Chief in Kastamonu - Cide in 1992 at the General Directorate of Forestry. He worked as a Manager and Technical Staff in different units in Giresun, Artvin and İstanbul. Since 2015, İstanbul Regional Directorate of Forestry (includes the provinces of İstanbul, Tekirdağ, Edirne and Kırklareli), Forestry. He works as the Fire Fighting Branch Manager. He is a specialist in forest fire fighting, especially in forestry, he works on Geographical Information Systems (GIS) and the production of Forest Fire Risk Maps in computer environment, and for the first time in Turkey, using 15 different criteria and using WEB-based software, produced the risk map of the forests of İstanbul, Edirne, Kırklareli and Tekirdağ provinces. He wrote and coordinated the project of the construction and visibility analysis of the Fire Watchtowers. He is conducting EU, TÜBİTAK and Development Agency projects, and he has acted as Project coordinator in 5 big projects.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KENTSEL GENİŞLEMENİN İSTANBUL İLİNDE YANGIN RİSKİNE ETKİLERİ

Özet

İklim parametrelerindeki değişim ve dalgalanmalar özellikle ölü örtü nem içeriğini etkileyerek ormanlarda yangın oluşumu ve yayılışını kolaylaştırabilir veya zorlaştırabilir. İnsan faaliyetlerinin ormanların içi ve çevresinde artması ise hem yangın oluşum riskini artırmakta hem de bölgede yaşayan insanların yangından korunması konusunu gündeme getirmektedir. İstanbul her iki stres faktörünün yani iklim değişikliği ve kentsel genişlemenin etkisi altındadır. Birçok modelin ortalama sonuçlarına göre önümüzdeki on yıllar içinde sıcaklığın artması, yağışın ise azalması beklenmektedir. İstanbul ayrıca kişi başı orman alan oranı en düşük illerimizden birisi olmanın yanında kentsel genişlemenin en net görüldüğü ilimizdir. 1990-2015 arasında kent içinde geçirimsiz yüzeyler %20'nin üzerinde bir artış göstermiştir. Bu da kent nüfusunun arttığını ve ekosistem hizmetlerine olan talebin başta rekreasyon olmak üzere artacağını göstermektedir. Ayrıca son 30 yıla ait uydu görüntüleri kent içi ve çevresindeki tarım arazilerinin yerleşimlerle işgal edilmiş olduğunu ortaya koymaktadır. Bu da yerleşimlerle ormanlar arasındaki mesafenin daraltmış olduğunu göstermektedir. 2010-2020 döneminde orman yangını sayısı ve yanan alanda ciddi bir artış görülmemiş olsa da ekstrem sıcak yıllar veya dönemlerde geniş çaplı ve şiddetli yangın riski zamanla artacaktır.

Anahtar Kelimeler:

Orman yangını, İklim değişikliği, Kentsel genişleme, Yangın önleme, Afet yönetimi

EFFECTS OF CLIMATE CHANGE AND URBAN EXPANSION ON WILDFIRE RISK IN ISTANBUL PROVINCE

Abstract

Changes and fluctuations in climatologic parameters may enhance or reduce wildfire occurrence and spread possibility by affecting litter moisture. Furthermore, the increased human activities in or around the forests may influence both wildfire risk and evacuation of people in case of fire. Istanbul is under the threat of both stressors, climate change and urban sprawl. According to ensemble model outputs, the temperature is predicted to increase during precipitation decrease. Istanbul is also the province with the lowest per person forest area and a visible urban sprawl. From 1990 through 2015, impervious surfaces have increased more than 20 percent. This indicates an increase in urban population and demand for ecosystem services, especially recreation. In addition to this, we revealed that urban areas had consumed agricultural lands in and around the city for the last 30 years. This also means that the distance between urban areas and forests has decreased in many locations. We concluded that even though no apparent increase has been detected in the number of fires and areas for the period of 2010-2020, the risk for a widespread and severe fire is predicted to increase in due course.

Keywords:

Wildfires, Climate change, Urban sprawl, Wildfire prevention, Disaster management

GİRİŞ

Son yıllarda iklim değişikliğinin orman yangınlarını artırma yönünde etkili olabileceğine dair birçok araştırma ortaya konulmuştur (Bo vd., 2020; Resco de Dios vd., 2021). Hatta geçmişte yangın riski yüksek olmayan ekosistemlerin gelecekte risk altında olabileceğine dair bulgular söz konusudur (Garbolino, Sanseverino-Godfrin & Hinojos-Mendoza, 2017). İklim değişikliğinin bazı ülkelerde yağışı ve bağıl nemi artırması tahmin edilirken ülkemizin önemli bir kesiminin de içinde bulunduğu Akdeniz havzasında genellikle tersi bir beklenti söz konusudur (Bağçacı vd., 2021).

Orman yangınlarını etkileyen temel parametreler yakıt nemi, topoğrafya ve hava koşulları olsa da yangın başlangıcı yani tutuşma çok büyük oranda insan etkisiyle gerçekleşmektedir. Kaba bir ifadeyle, orman içi ve yakınında insan yoğunluğu ve dolaşımının artmasının yangın oluşumunu artıracığı söylenebilir (Modugno vd., 2016). Bu da yerleşimlerle ormanların arasındaki mesafe ve etkileşimle ilgilidir.

İstanbul ilinde kentsel genişleme genellikle tarım alanları ve “bozuk” olarak da tabir edilen seyrek (belli kapalılığın altındaki) ormanların aleyhine seyretmektedir. Bu durumun birçok sonucu olmakla beraber konumuzla ilgili olarak;

- Tarımsal faaliyet sonucu gerçekleşen yangın oranında azalma
- Buna karşılık yerleşimlerin ormanlara yakınlaşması

bakımından kritik öneme sahiptir. Tarımsal faaliyetlerin azalması ile tarım kaynaklı yangınlarda azalma beklenirken, artan insan baskısı nedeniyle orman yangını sayısında artış olması beklenebilir. Orman yangınlarının nedenleri büyük oranda belirsiz olduğundan bu konuda net ifadeler kullanmak mümkün olamamaktadır. Kentsel genişleme ile aradaki tarım alanlarının ortadan kalkması sonucu ortaya çıkan önemli bir sorun ise yerleşimlere yönelik orman yangını riskinin artmasıdır. Bu konuda önleyici proaktif çalışmalar yürütülmesi ve halkın bilgilendirilmesi gerekmektedir.

İstanbul ili, orman ve yeşil alan varlığı bakımından orta-iyi seviyede bir ilimiz olmasına karşın kişi başına düşen orman ve yeşil alan sıralamalarında en alt basamakta yer almaktadır. Bir başka deyişle yeşil alan bakımından potansiyeli yüksek fakat nüfus yoğunluğunun olması gerekenin çok üzerinde seyrettiği bir ilimizdir. Dolayısıyla kişi başı orman ve yeşil alan oranı ülke ortalamasının çok altındadır.

İstanbul, çevre sorunları bakımından Türkiye'nin en problemlili illerinden birisidir (Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu, 2019). Bu durumun başlıca nedeni Marmara Bölgesi genelinde yüksek nüfus yoğunluğu ve bunun bir sonucu olan insan baskısıdır. Bölgede yer alan orman ekosistemleri bu baskı yanında iklim değişikliği ve birbiriyle ilişkili birden çok stres faktörünün (hava kirliliği, rekreasyon vb.) etkisi altındadır. Bu çalışmada önemli iki stres faktörünün yani iklim değişikliği ve kentsel genişlemenin yangın riski üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

Her iki stres faktörü de yangın riskini artırma potansiyeli taşımaktadır. Yapılan analizler İstanbul ilinde ve orman bölgesinde yağışın önümüzdeki on yıllar boyunca bir miktar azalabileceğini, sıcaklığın ise artabileceğini ortaya koymaktadır (Hersbach vd., 2018). Bu durum hem yangın hem de kuraklık riskini artırmaktadır. İklim değişikliğinin getirmesi olası riskler kentleşme ve kentsel genişleme ile birleştiğinde durum daha da karamsar bir hale dönüşmektedir. Orman yangınlarının yönetimi teknik bir ormancılık konusu olmanın yanında aslında temelde bir afet yönetimi olup hazırlık, zamanında tepki gibi bileşenleri de kapsamaktadır. Özellikle 2021 yılında yaşanan yangınlardaki can ve mal kayıpları, söndürme çalışmalarının afet yönetimi ile entegre olması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, İstanbul ili için beklenen iklim değişikliği senaryoları yangınlar özelinde ele alınmış, daha sonra kentsel genişleme olgusu ile ilişkilendirilmiş ve son olarak orman yangın bilançosu ortaya konulmuştur.

İSTANBUL İÇİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PROJEKSİYONLARI

İklim değişikliği orman yangınlarının oluşum ve yayılma koşullarını etkileme potansiyeline sahiptir. Bu bölümde yangın oluşumu ve gelişiminde etkili iklim parametreleri yakın gelecek (2020-2039), orta gelecek (2040-2059) ve uzak gelecek (2060-2079) için 20 yıllık üç zaman diliminde anomaliler açısından değerlendirilmiştir.

Temsili Konsantrasyon Yönelimi (Representative Concentration Pathways (RCP)) gelecekteki iklimi tahmin etmek için kullanılan birçok iklim değişikliği modelini baz alan dört sera gazı emisyon senaryo düzeyini temsil etmektedir. Bu senaryolar, bir yöre veya bölge için iklimin bu yüzyılda nasıl değişebileceğini öngörmektedir. Sayılar "ışınımsal gücü"

(radiative forcings) yani küresel enerji dengesizliğini ifade etmekte olup birimi 2100 yılında metrekareye watt'tır. İklim değişikliği senaryoları kısaca özetlenecek olursa:

(1) RCP 8.5 en kötü senaryo olup yüzyıl sonunda CO₂ eşdeğeri 1370 ppm ve sıcaklık artışı 4,9 °C olarak hesaplanmaktadır;

(2) RCP 6.0 (yetersiz azaltım) orta-kötü dereceli bir senaryodur. Kon-santrasyonlarının dengelenmesi daha uzun sürmekte ve CO₂ eşdeğeri yüzyıl sonunda 850 ppm, sıcaklık artışı ise 3,0 °C'ye ulaşmaktadır;

(3) RCP 4.5 (orta iyimser) senaryosuna göre CO₂ emisyonu 2070 yılına kadar mevcut seviyelerin altına düşmekte ve atmosferik konsantrasyonunu stabilize olmaktadır. Tahmini CO₂ eşdeğeri 650 ppm ve sıcaklık artışı 2,4 °C'de kalmaktadır; ve

(4) RCP 2.6 (en iyi azaltım senaryosu)'ya göre emisyonların on yıl içinde azalmaya başlaması ve 60 yıl içinde yaklaşık 0'a ulaşması beklenmektedir. CO₂ eşdeğeri 490 ppm ve sıcaklık artışı 1,5 °C'de tutulabilir. Bu çalışmada küresel iklim senaryolarından RCP 4.5 (emisyonların 21. yüzyılın ilk yarısına kadar arttığı ve sonra düşüşe geçtiği); ve RCP 6.0 (biraz azaltım) orta dereceli senaryoları değerlendirmeye alınmıştır.

Orman yangını oluşum ve yayılmasını potansiyel olarak etkileyebilecek önemli iklim parametrelerinin sıcaklık ve yağış değerleri olduğu düşünüldüğünde, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change – Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli) senaryolarının model tahminleri aşağıdaki parametrelere göre değerlendirilmiştir:

- Aylık ortalama sıcaklık - Tave (°C)
- Ortalama maksimum sıcaklık - Tmax (°C)
- Yağış - P (mm)
- Çok sıcak gün sayısı - Tmax>35 (gün)

Bu parametreler İstanbul ili için farklı dönemlere yönelik olarak Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) kapsamında geliştirilen CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project, Phase 5) kullanılarak tahmin edilmiştir (Tablo 1). Bunun için Dünya Bankası İklim Değişikliği Veri Portalından¹ yararlanılmıştır.

¹ <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>

Tablo 1. İstanbul ili için önemli iklim parametrelerinin öngörülen değişim (anomali) değerleri.

İklim Parametreleri	IPCC Senaryolar	2020-2039	2040-2059	2060-2079
Tave	RCP 4.5	1,12	1,67	2,22
	RCP 6.0	0,95	1,53	2,33
Tmax	RCP 4.5	1,24	1,85	2,40
	RCP 6.0	1,12	1,76	2,66
P	RCP 4.5	23,75	23,11	6,22
	RCP 6.0	39,92	34,30	6,45
Tmax>35	RCP 4.5	2,90	6,17	10,31
	RCP 6,0	0,98	2,00	7,42

Projeksiyon sonuçları kısaca özetlenirse: İstanbul ili için ortalama ortalama-sıcaklık (Tave) 1986–2005 periyodu ile karşılaştırıldığında RCP 4.5 ve RCP 6.0 senaryolarına göre önümüzdeki on yıllarda artış eğilimi göstermektedir. Maksimum-sıcaklık (Tmax) değerleri de RCP 4.5 ve RCP 6.0 senaryolarına göre artış eğilimindedir. Yağış (P) değerlerine bakıldığında ise 1986 – 2005 periyoduna göre RCP 4.5 ve RCP 6.0 senaryoları önümüzdeki on yıllarda yüksek derecede bir azalış eğilimi göstermektedir.

İstanbul ili için ortalama sıcaklığın 35 °C’den yüksek olduğu gün sayısı (Heat Index > 35 °C) 1986-2005 periyoduyla karşılaştırıldığında RCP 4.5 ve RCP 6.0 senaryosuna göre önümüzdeki on yıllarda yükseliş eğilimi göstermektedir. 2020-2039, 2040-2059 ve 2060-2079 20 yıllık dönemler için RCP 4.5 senaryosu sırasıyla 2,90-6,17-10,31; RCP 6.0 senaryosu ise sırasıyla 0,98- 2,00-7,42 yükseliş eğilimi göstermektedir. Projeksiyonların detayları ekte verilen grafiklerden görülebilir.

Sıcaklıktaki artış ve yağıştaki azalış ve değişkenlikler gelecekteki iklime ilişkin tahminlerde İstanbul ili için yangınların meydana gelme sıklığında olası bir artışı ifade etmektedir. Orman yangını tehlikesinden etkilenen bölgelerde, yangın mevsimi muhtemelen genişleyecektir. Yağıştaki düşüşler veya kuraklık durumları ise yakıt nem durumunu aşağı çekebilir, orman yangını oluşumunda tutuşma ve yayılmayı kolaylaştırabilir.

İSTANBUL İLİNDE KENTLEŞME VE KENTSEL GENİŞLEME

İstanbul ili, hızlı gelişmesi ve göç almasının sonucu olarak merkezde betonlaşmanın arttığı, dışa doğru ise kentin genişleyerek diğer arazileri (orman, mera, tarım vb.) yuttuğu tipik bir çarpık kentleşme profiline sahiptir. Tablo 2’den görüleceği gibi 1990-2015 döneminde tek yıllık tarım alanlarında büyük bir azalış, buna karşın yerleşim ve rezervuar alanlarında önemli artışlar olmuştur.

Tablo 2. İstanbul kent merkezinin 1990, 2000 ve 2015 yılı arazi kullanımı (1990 ve 2015) arası farklar ve yüzdeleri hesaplanmıştır).

Arazi kullanımı	Kentsel alan arazi kullanımı				
	1990	2000	2015	Fark %	Fark ha
Yapraklı orman	51,36	48,48	45,98	-10,48	-5,39
İğne yapraklı orman	155,04	154,27	149,66	-3,47	-5,38
Karışık orman	9,30	9,32	9,30	-0,04	0,00
Diğer ormanlık alan	7,48	4,01	3,51	-53,04	-3,97
Tek yıllık tarım	224,70	193,44	87,84	-60,91	-136,85
Çok yıllık tarım	4,21	4,71	4,60	9,14	0,39
Otsu mera	190,72	178,16	182,31	-4,41	-8,40
Baraj ve bent	604,00	646,00	784,00	29,80	180,00
Doğal su ortamı	103,72	100,93	100,64	-2,97	-3,08
Yerleşim	808,22	853,79	975,29	20,67	167,07
Diğer alanlar	50,65	58,26	46,09	-9,00	-4,56

Ayrıca analize konu olan iller için Arazi Tüketim Oranı (Land Consumption Rate (LCR)) ile nüfus artış oranı da hesaplanmıştır. LCR kentsel (örn., yerleşim, ticari, endüstriyel) arazi kullanımına dönüştürülen arazilerin miktarını tanımlamaktadır (Hu vd., 2021). LCR aynı zamanda Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi İndikatörüdür (BM İndikatör 11.3.1.) (Nicolau vd., 2019). Hesaplama 1990-2000 (LC_1) ve 2000-2015 (LC_2) dönemleri için yapılmış ve oranlanmıştır.

$$LC_{2/1} = ((LC_{2015-2000}) / 15) / ((LC_{2000/1990}) / 10)$$

LC hesabında 1’e yakın değerler stabil bir gelişmeyi ifade etmektedir. Hesaplama adımları şu şekildedir:

$$LCRPGR = \text{Arazi Tüketim Oranı} / \text{Nüfus Artış Oranı}$$

$$\text{Arazi Tüketim Oranı} = \ln(\text{Urb}_{t+n} / \text{Urb}_t) / n$$

$$\text{Nüfus Artış Oranı} = \ln(\text{Pop}_{t+n} / \text{Pop}_t) / n$$

Burada;

\ln : Doğal logaritma

Urb_{t+n} : Son yıl yerleşimlerce işgal edilen yüzey alanı ($t+n$)

Urb_t : Başlangıç yılında yerleşimlerce işgal edilen yüzey alanı (t)

Pop_{t+n} : Son yıla ait nüfus ($t+n$)

Pop_t : Başlangıç yılına ait nüfus (t)

n : İki zaman dilimi arasında süre (yıl)

İstanbul ili Arazi Tüketim Oranı/Nüfus Artış Oranı 2000-2015 arasında 1990-2000 dönemine göre 2 kata yakın artmış görünmektedir (Tablo 3). Bir başka deyişle İstanbul'da yerleşim alanları nüfusa oranla daha hızlı bir şekilde genişlemektedir. Genişleme hızı son yıllarda daha da artmıştır.

Tablo 3. Analize tabi tutulan illerin arazi tüketim oranları

İL	Dönem 1			Dönem 2			
	$LC_{2/1}$	LCR/PGR 90-00	LCR/PGR 00-15	İL	$LC_{2/1}$	LCR/PGR 90-00	LCR/PGR 00-15
Kastamonu	7,30	-0,26	7,10	Kahramanmaraş	2,47	0,00	0,65
Bolu	5,09	0,83	1,49	Düzce	7,36	0,90	1,06
Sinop	3,04	0,00	2,67	Yozgat	2,49	-0,32	-0,27
Burdur	1,55	0,01	1,59	Mersin	0,83	1,05	1,30
Kütahya	1,73	0,00	-2,20	Trabzon	3,29	0,00	1,27
Çanakkale	6,38	0,01	2,23	Sakarya	1,28	0,01	0,60
Isparta	0,61	0,01	3,97	Konya	1,80	0,21	0,62
Antalya	1,55	0,10	0,11	Bursa	1,23	0,36	0,61
Tokat	1,99	0,00	-1,23	Kocaeli	1,26	0,01	0,34
Corum	2,65	0,00	-1,30	Kilis	4,06	0,04	0,26
Rize	0,60	0,01	0,45	Niğde	2,23	0,01	1,69
Amasya	1,18	0,02	-5,44	Ankara	2,24	0,22	0,41
Karaman	0,29	2,57	0,18	Gaziantep	2,27	0,43	0,64
Sivas	1,26	0,01	-2,85	İstanbul	1,78	0,13	0,48

Arazi tüketim oranı ve kentsel genişleme İstanbul'da son 30 yılda artan bir hızda gerçekleşmiştir. Kentsel genişleme daha çok tarım alanları ve yeşil alanları ortadan kaldıracak bir yöndedir. Kent içi yeşil alanların azalması, buna karşın yerleşimlerin genişleyerek orman sınırına dayanması birçok riski beraberinde getirmektedir. Bunların başında da yangın riski gelmektedir.

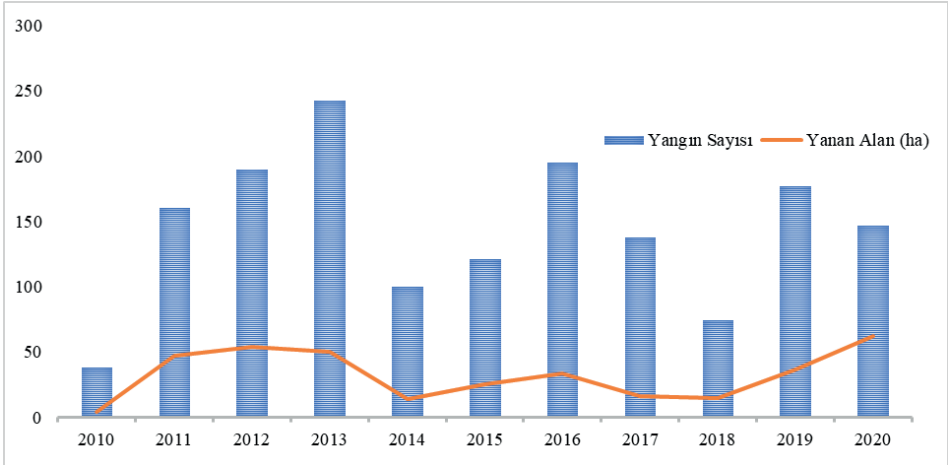
İSTANBUL İLİNDE ORMAN YANGINLARI

İklim değişikliğinin etkilerini günden güne daha fazla hissetmekteyiz. Büyük şehirlerde hızlı nüfus artışı ve kentleşme yanında, kent ile iç içe geçmiş ormanların yer alması; kuraklık, düzensiz yağış, sıcak hava dalgalarının sıklığı ve uzunluğu gibi etmenler, orman yangını riski ve buna bağlı can/mal kayıplarına zemin hazırlamaktadır.

İstanbul hem iklim değişikliğinden etkilenmesi hem de yoğun nüfus baskısının altında varlığını sürdüren ormanlara sahip olması bakımından orman yangınlarıyla mücadele ve orman yangınlarını önleme tedbirlerinin planlanması ve idare edilmesi açısından hayati öneme sahip bölgelerde yer almaktadır.

İstanbul ormanlarında meydana gelebilecek bir yangın, can ve mal güvenliğini yüksek derecede tehdit edebileceği gibi ulaşım, ticaret ve iletişim gibi birçok farklı sektörde meydana gelebilecek aksamalara sebep olma potansiyeline sahiptir.

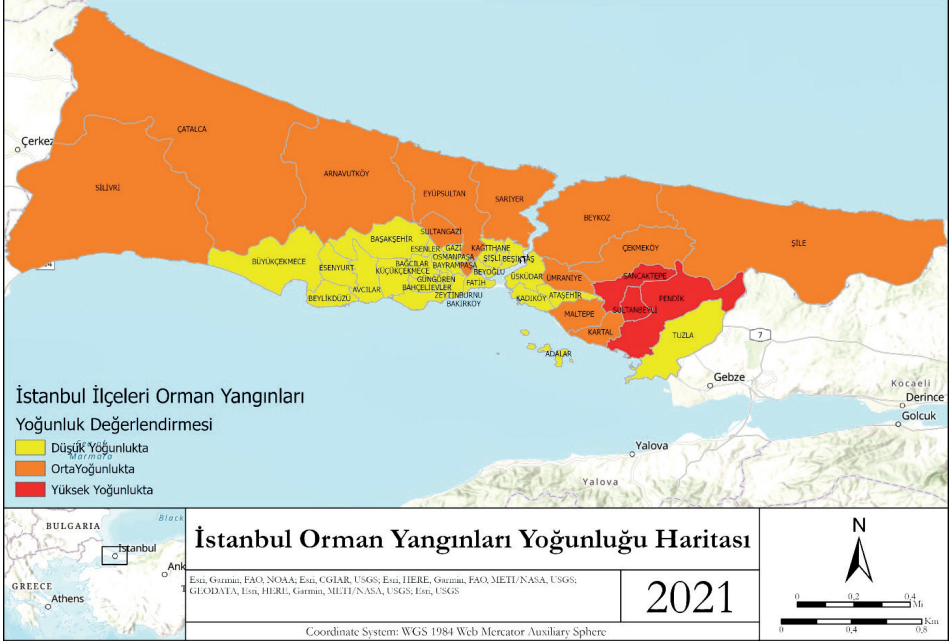
Son on yıllık veriler incelendiğinde, İstanbul ilinde meydana gelen orman yangını sayısı bir artış göstermekte buna karşın yanan alan miktarında bir azalış olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. İstanbul ilinde meydana gelen orman yangınlarının sayısı ve yanan alan miktarı

İstanbul il sınırları içerisinde son yirmi yılda çıkan orman yangınları incelendiğinde yüksek nüfusa sahip ve kent içi orman ve koruların yer aldığı Sultanbeyli, Sancaktepe, Maltepe, Pendik, Ümraniye, Sultangazi,

Sarıyer ve Arnavutköy ilçeleri İstanbul ili içerisinde kalan ilçeler bazında en çok orman yangınının meydana geldiği ilçelerdir (Şekil 2).



Şekil 2. İstanbul iline ait orman yangını yoğunluk haritası

İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü yetki sahası içerisinde yer alan İstanbul ili incelendiğinde, Bölge Müdürlüğü kapsamında çıkan yangınların sayısal olarak %75'i ve yanan alan miktarının %20'si İstanbul il sınırları içerisinde gerçekleşmiştir.

Bu yangınların ana sebepleri olarak; sabotaj ve kasti yakma olaylarının (terör, kundaklama, açma ve diğer) da etkisi önemli ölçüde hissedilmektedir. İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü Orman Yangınlarıyla Mücadele Şube Müdürlüğü tarafından yapılan projeler ile orman yangınları ile mücadele, önleme ve sorumluların tespiti konusunda kapasite geliştirilmesine yönelik eğitimlerin etkilerinin kısa, orta ve uzun vadede gözlenecek etkilere ve iyileştirmelere olanak tanınması beklenmektedir.

Gelişen teknoloji ve projelerinde yardımıyla birimler arası daha iyi iletişim, daha iyi yangın tespit etme unsurları, daha verimli orman yangın risk analizleri oluşturulması, İstanbul ilinde bulunan kurumlar arası

koordinasyonun verimliliğinin iyileştirilmesi ve gönüllülük programlarının giderek önem kazanmasıyla eğitilmiş gönüllü sayısının artışı ile İstanbul ili için orman yangınlarıyla mücadelede ciddi kazanımları yanında getirmiş ve yanan alanların azaltılması bakımından bir başarının başlangıcı olmuştur.

Ancak her başarı planlı bir yönetim sürecinin varlığı ile gelmektedir. Değişen koşullara, iklime, şehirleşmeye, nüfusa bağlı olarak bu başarı yeni proje ve ödeneklerle desteklenmeli ve eğitim, gönüllülük programları, gelişmiş ve yeterli ekipman, daha iyi risk analizleri ve haritaları ile güçlendirilmelidir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İstanbul için tüm senaryoların ortalamalarına göre 2020-2039 dönemi için yıllık yağışta %1-3 arası bir düşüş tahmin edilmektedir. Yağıştaki düşüşle beraber sıcaklık artışının yanıcı madde nem içeriğini azaltma ve toplam buharlaşmayı artırma olasılığı söz konusudur. Bu durum hem yangın riski hem de su temini bakımından risk oluşturmaktadır. Mevcut iklim değişikliği yönelimi büyük olasılıkla önümüzdeki yıllar içerisinde yangın sezonunun genişlemesi, yangınların şiddetlenmesi yanında su arzında da düşüşlere neden olacaktır.

Öte yandan İstanbul il sınırları içerisinde yerleşimler genellikle tek yıllık tarım arazilerine yönelik olarak genişlemiştir. Bu durumun orman yangınları bakımından iki önemli sonucu olabilir. Birincisi yangın oluşumunda tarım alanı kaynaklı risklerin azalması, ikincisi ise tam tersi olarak yerleşimlerin ormanlara yaklaşması. Bu durum hem yerleşimlerden kaynaklanabilecek yangınların oranını artırabilir hem de yangınlarda can ve mal kaybını artırabilir. Dahası, geçirimsizliğin artması kentsel ısı adası etkisini ve taban suyu beslenmesini olumsuz yönde etkileyebilir.

Doğru ormancılık uygulamaları hem azaltım hem de uyum bakımından olumlu etkiler anlamına gelmektedir. Birçok ormancılık faaliyeti hem karbon tutumunu artırma hem de iklim değişikliğine uyum yönünden olumlu sonuçlar doğurma niteliğindedir. Ayrıca birçok araştırma; ağaçlandırma, iyi orman yönetimi veya rehabilitasyon gibi ormancılık uygulamalarının karbon tutma yönünden fayda-maliyet oranının da birçok sektöre göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

Türkiye ormanları biyolojik çeşitliliği korumakta, odun ve odun dışı ürünler üretmekte, kaliteli ve düzenli su üretimini sağlamakta, erozyonu-sedimentasyonu ve sel-taşkın oluşumunu azaltmakta, tüm bunlara ek olarak da yılda 100 milyon tona yakın karbondioksiti (NIR, 2021) atmosferden çekmektedir.

Ormanların uyum kapasitesi ve uyum kapsamındaki etkileri birçok araştırmaya konu olmuştur. İklim değişikliğinin ormanlar üzerindeki etkileri Sicard vd. (2016) tarafından ortaya konulmuştur. Bu değerlendirmeye göre iklim değişikliğinin etkileri hava kirliliği gibi diğer stres faktörleri ile birleştiğinde daha da artmaktadır. Ayrıca değerlendirme ölçeği olarak tekil ağaçtan meşcere ve bölge ölçeklerine geçiş yapılarak bulguların yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu da uzaktan algılama verileri ile mümkün olabilmektedir. Ayrıca iklim değişikliği etkilerine karşı orman ekosistemlerinin sürekli izlenmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir (Paoletti vd., 2010; Paoletti & Serengil, 2011).

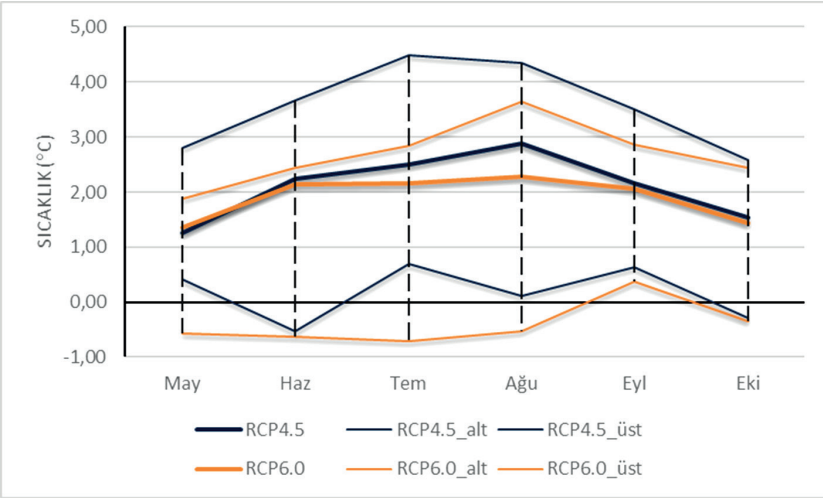
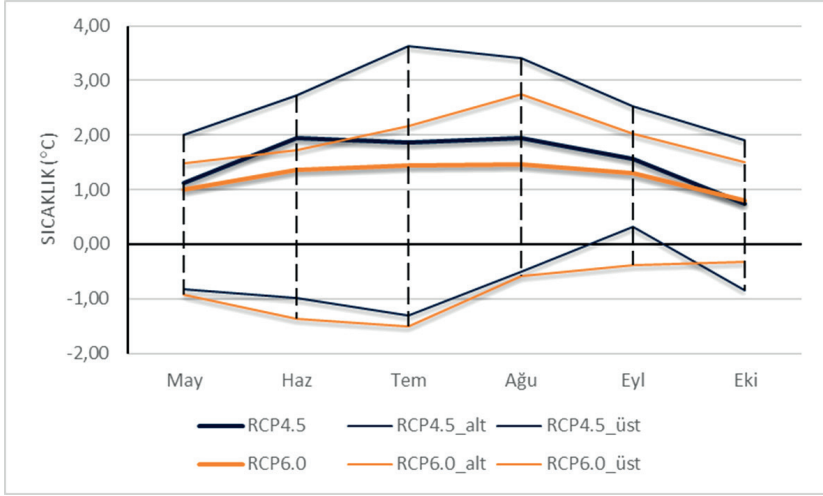
Ülke genelinde 2021 yılı başında yaşanan kurak dönemin önümüzdeki yıllarda daha sık görülmesi, buna paralel şekilde orman yangını, sel-taşkın ve heyelan gibi aşırı hava olaylarında artış olasılığı söz konusudur. Bunların hepsi iklim değişikliğiyle bağlantılı klimatolojik risklerdir. Dolayısıyla iklim değişikliği konusunda dirençli yapı ve sistemler yanında toplumun da bu konuda güçlendirilmesi ve bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Sektörel değerlendirmeler bu kapsamda çok kritiktir. Her sektör iklim değişikliğinin getirebileceği avantaj ve dezavantajlar yanında direnç kazandırıcı stratejilere yönelmelidir. Yangınları önleyici tedbirler ve su kaynakları yönetimi bu anlamda İstanbul için kritik öneme sahiptir. Bunun için en temel yaklaşım farklı kuraklık senaryolarına göre eylem planlarının oluşturulması ve ilgili sektör uzmanlarının bir araya gelerek, çözüme yönelik projeler geliştirmesidir bu yöntem aynı zamanda fonksiyonel ve verimli bir afet yönetimi anlayışının da gelişmesine katkıda bulunacaktır.

Bundan sonra tüm planlama süreçlerinde, iklim değişikliğini temel bir parametre olarak dikkate almaya ve ortaya çıkarabileceği etkilere karşı adaptasyon stratejileri geliştirme zorunluluğu vardır. Sadece yangın önlemede değil su kaynakları yönetiminde, ormanların idaresinde, kentsel planlamada, belediyecilikte, tarımda ve benzer birçok sektörel konuda adaptif çözümler ortaya konulmalıdır.

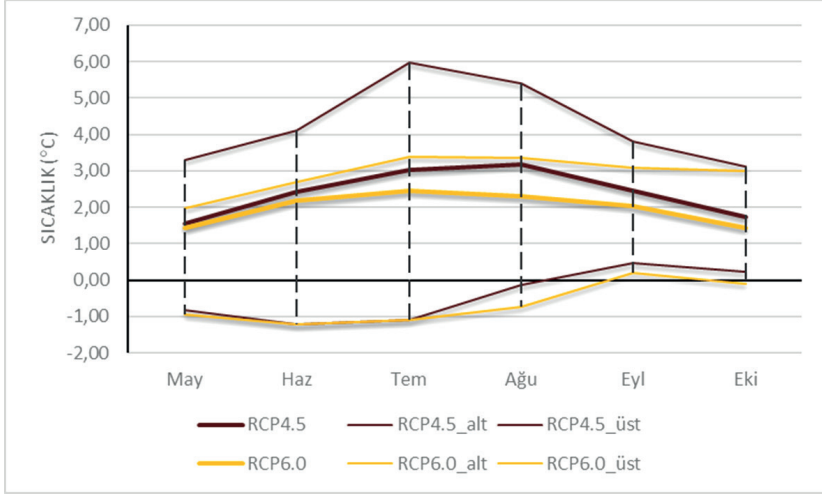
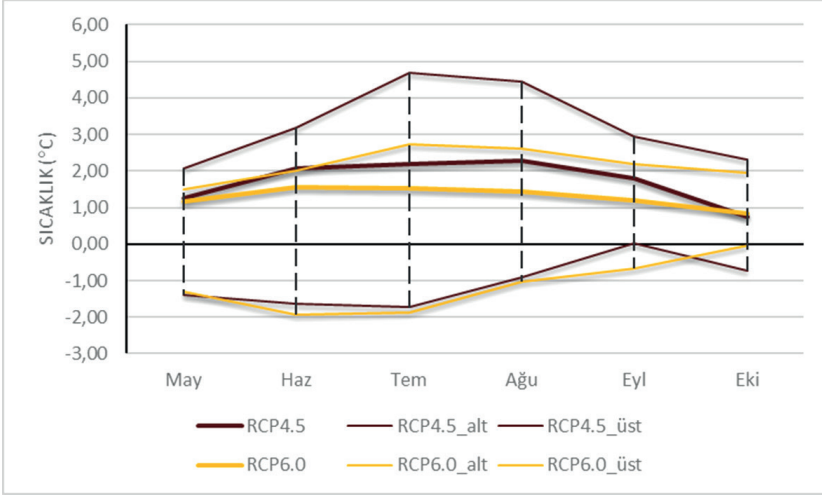
KAYNAKÇA / REFERENCES

- Bağçacı, S.Ç., Yucel, I., Duzenli, E., & Yilmaz, M.T. (2021). Intercomparison of the expected change in the temperature and the precipitation retrieved from CMIP6 and CMIP5 climate projections: A Mediterranean hot spot case, Turkey. *Atmospheric Research*, 256, 105576. doi:10.1016/J.ATMOSRES.2021.105576
- Bo, M., Luca, M., Federica, P., Daniele, C.B., & Clerico, M. (2020). Urban air pollution, climate change and wildfires: the case study of an extended forest fire episode in northern Italy favoured by drought and warm weather conditions. *Energy Reports*, 6(1), 781-786. doi:10.1016/j.egy.2019.11.002
- Garbolino, E., Sanseverino-Godfrin, V., & Hinojos-Mendoza, G. (2017). Reprint of describing and predicting of the vegetation development of Corsica due to expected climate change and its impact on forest fire risk evolution. *Safety Science*, 97, 81-87. doi:10.1016/j.ssci.2016.02.030.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., ... & Thépaut, J.-N. (2018). ERA5 hourly data on single levels from 1979 to present. *Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS)*. doi:10.24381/cds.adbb2d47
- Hu, J., Yuanyuan, W., Hannes, T., & Xiao, X. (2021). Land consumption in cities: A comparative study across the globe. *Cities*, 113, 103163. doi:10.1016/j.cities.2021.103163
- Modugno, S., Heiko, B., Beth, C., & Pasquale, B. (2016). Mapping regional patterns of large forest fires in wildland-urban interface areas in Europe. *Journal of Environmental Management*, 172, 112-126. doi:10.1016/J.JENVMAN.2016.02.013
- NIR (2021). *Ulusal Envanter Raporu*. <https://unfccc.int/documents/271544>.
- Nicolau, A.P., Kelsey, H., Flores-Anderson, A., & Griffin, R. (2019). A spatial pattern analysis of forest loss in the Madre de Dios region, Peru. *Environmental Research Letters*, 14(12), 124045. doi:10.1088/1748-9326/ab57c3
- Paoletti, E., & Serengil, Y. (2011). Preface to the IUFRO special section 'Adaptation of forest ecosystems to air pollution and climate change'. *Environmental Pollution*, 159(5), 1023. doi:10.1016/j.envpol.2010.12.001
- Paoletti, E., Schaub, M., Matyssek, R., Wieser, G., Augustaitis, A., Bastrup-Birk, A.M., ... & Serengil, Y. (2010). Advances of air pollution science: From forest decline to multiple-stress effects on forest ecosystem services. *Environmental Pollution*, 158(6), 1986-1989. doi:10.1016/j.envpol.2009.11.023
- Resco de Dios, V., Hedo, J., Cunill Camprubí, À., Thapa, P., Martínez Del Castillo, E., Martínez de Aragón, J., ... & Boer, M. M. (2021). Climate change induced declines in fuel moisture may turn currently fire-free Pyrenean mountain forests into fire-prone ecosystems. *Science of The Total Environment*, 797, 149104. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2021.149104
- Sicard, P., Augustaitis, A., Belyazid, S., Calfapietra, C., de Marco, A., Fenn, M., ... & Paoletti, E. (2016). Global topics and novel approaches in the study of air pollution, climate change and forest ecosystems. *Environmental Pollution*, 213, 977-987. doi:10.1016/j.envpol.2016.01.075
- Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu (2019). *Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Çevre Envanteri ve Bilgi Yönetimi Dairesi Başkanlığı Veri Değerlendirme Şube Müdürlüğü, Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 2019.*

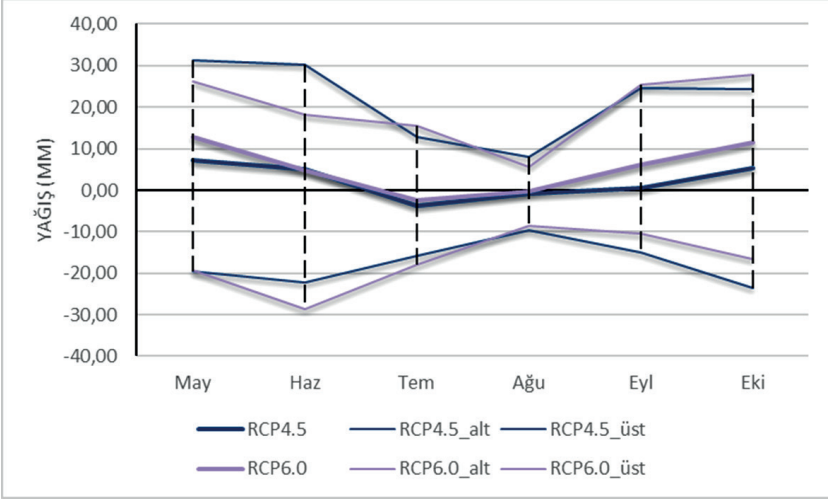
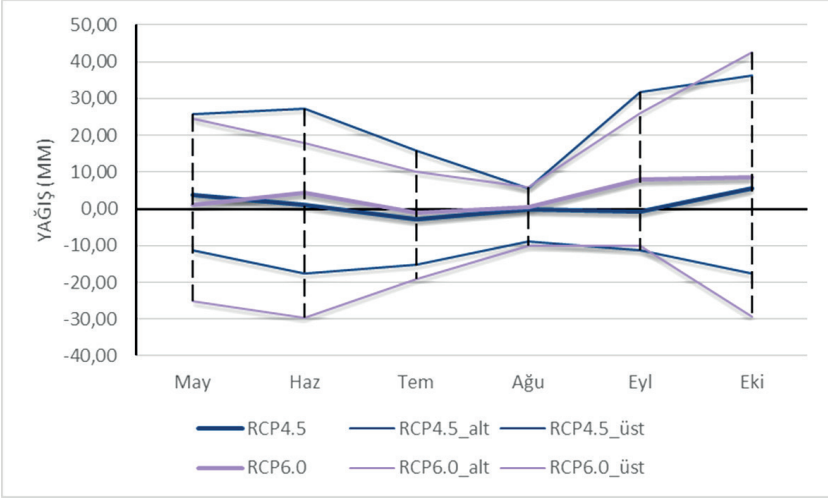
EK GRAFİKLER



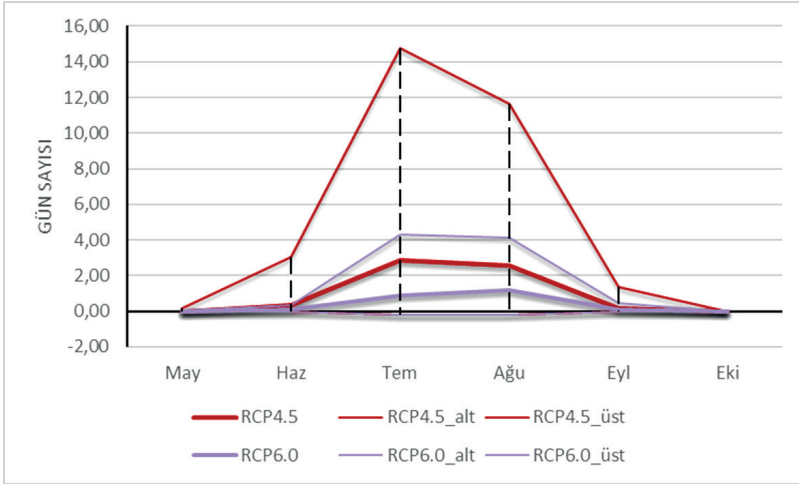
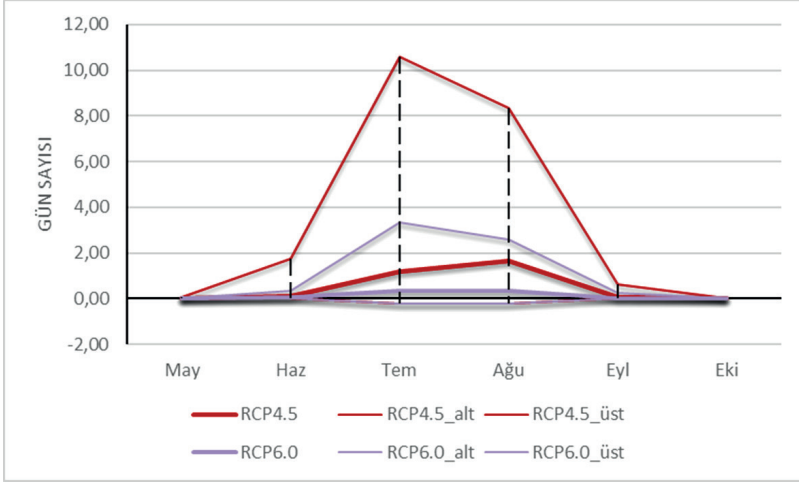
IPCC RCP4.5 ve RCP6.0 senaryoları için aylık ortalama sıcaklık değerleri ile alt (%10) ve üst (%90) sınır değerlerin 2020-2039 ve 2040-2059 dönemleri için tahmin edilen değişimleri.



IPCC RCP4.5 ve RCP6.0 senaryoları için aylık maksimum sıcaklık değerleri ile alt (%10) ve üst (%90) sınır değerlerin 2020-2039 ve 2040-2059 dönemleri için tahmin edilen değişimleri.



IPCC RCP4.5 ve RCP6.0 senaryoları için aylık yağış değerleri ile alt (%10) ve üst (%90) sınır değerlerin 2020-2039 ve 2040-2059 dönemleri için tahmin edilen değişimleri.



IPCC RCP4.5 ve RCP6.0 senaryoları için $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$ değerleri ile alt (%10) ve üst (%90) sınır değerlerin 2020-2039 ve 2040-2059 dönemleri için tahmin edilen değişimleri.