



İKLİM



“HAVANI BİLİRSEN, RİSKİNİ DE BİLİRSİN”

DÜNYA SU VE METEOROLOJİ GÜNÜ KUTLU OLSUN...



GEZEĞENİMİZİN
SAĞLIĞI AÇISINDAN
BUZULLARIN ÖNEMİ

TÜRKİYE'DE MEYDANA
GELEN ŞİDDETLİ YAĞIŞLARIN
METEOROLOJİK ANALİZİ

METEOROLOJİNİN
ORMAN YANGINLARI
VE HAVA KİRLİLİĞİ
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

TÜRKİYE ULUSAL
ENERJİ PLANI

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ
GÖLGESİNDEKİ TARIMA
BAKIŞ



- 1- Ahmet Köse (Başkan)
- 2- Ayfer Serap Söğüt
- 3- Ayşegül Akıncı Yüksel
- 4- Barış Özgün
- 5- Burak Işık (Raportör)
- 6- Feryal Bıçkıcı
- 7- Lalehan Çınar
- 8- Selma Balay
- 9- Zekiye Güneri
- 10- Edanur Gözet (Tasarım)
- 11- Fuat Kurumahmut (Tasarım)

- 1- Emel Ünal (Başkan)
- 2- Ahmet Köse (2. Başkan)
- 3- İsmail Küçük (Genel Sekreter)
- 4- Yücel Kaya (Muhasis Üye)
- 5- Zeynep Feriha Ünal Dinç (Sosyal İşler Üyesi)

İLETİŞİM:

Meteoroloji Mühendisleri Odası
Adres: Bayındır Sok. No: 49/16
Kızılay - ANKARA

Telefon: +90 541 419 56 04 /
+90 312 419 56 04

E-posta: bilgi@meteorolojimu.org.tr

İÇİNDEKİLER

ÖZEL SAYI 2025

| | |
|---|----|
| PROF. DR. KASIM KOÇAK "22 MART 2025 DÜNYA SU GÜNÜ GEZEĞENİMİZİN SAĞLIĞI AÇISINDAN BUZULLARIN ÖNEMİ" | 5 |
| PROF. DR. KASIM KOÇAK "ÇEVRENİN GİTTİKÇE BOZULMASI YAVAŞLATILABİLİR AMA DURDURULAMAZ" | 8 |
| DR. BATUHAN ATEŞ YILMAZ, BARIŞ ÖZGÜN, EDANUR GÖZET "20 EYLÜL 2024 TARİHİNDE TÜRKİYE'DE MEYDANA GELEN ŞİDDETLİ YAĞIŞ VE SEL OLAYININ METEOROLOJİK ANALİZİ" | 11 |
| PROF. DR. HÜSEYİN TOROS, ARŞ. GÖRV. YİĞİTALP KARA "METEOROLOJİNİN ORMAN YANGINLARI VE HAVA KİRLİLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: MANAVGAT ÖRNEĞİ" | 22 |
| BARIŞ ÖZGÜN, EDANUR GÖZET, BETÜL NİSA ATMACA, DR. CİHAN DÜNDAR "DOĞU KARADENİZ YAĞIŞ VE SELLERİNİN TOZ TAŞINIMI VE DENİZ SUYU SICAKLIĞI İLE İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ" | 25 |
| PROF. DR. HÜSEYİN TOROS, ARŞ. GÖRV. YİĞİTALP KARA "DEPREM SONRASI ŞEHİR YAPILARINDA HAVA KİRLİLİĞİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ" | 36 |
| DR. MURAT DURAK "TÜRKİYE ULUSAL ENERJİ PLANI (2020-2035 DÖNEMİ)" | 39 |
| NAMİK CEYHAN "İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ GÖLGESİNDEKİ TARIMA BAKIŞ" | 43 |

EDITÖR



PROF.DR. ZAFER ASLAN

İstanbul Aydın Üniversitesi Rektör Yardımcısı, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Enstitüsü, Atmosfer Bilimleri Programı Misafir Öğretim Üyesi

Çok Kıymetli Okurlarımız,

Özellikle son yıllarda dünyamızda iklim değişiminin sonuçlarının farkına daha çok varmaktayız. Hava koşulları, su ve ekosistemlerdeki değişiklikler toplulukları hazırlıksız yakalamaktadır. Bu değişikliklerin, genel olarak atmosfer ve okyanus sirkülasyonlarında kaymalara neden olup olmadığı, daha sık ve şiddetli sıcak hava dalgaları, kuvvetli rüzgarlar, orman yangınları ve sellerle nasıl bağlantılı olabileceği tartışılmakta, hava kirliliği, kuraklık, su kıstı gibi temel sorunlar hakkında çok daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır.

Antroposen, İnsan Çağı dönemi olarak isimlendirilmektedir. Jeolojik olarak buzul çağı Pleistosen'in bitmesiyle Holosen dönemine girilmiştir. Yeni iklimlerin oluşmasıyla bazı canlıların nesli tükenmeye başlamıştır. 2000 yılında Crutzen ve Stoermer "Antroposen" terimini kullanmıştır, (Crutzen, P.J., Stoermer, E.F., 2021. The 'Anthropocene' 2000, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82202-6_2). Antroposen, insanoğlunun Dünya'ya olan etkisinin en üst düzeylere çıktığı Sanayi Devrimi'nden bugüne olan süreci kapsamaktadır. Bu döneme İnsan Çağı da denilmektedir. Çünkü Dünya artık geri döndürülmesi çok zor bir sürece girmiştir.

Dünya Sanallaştırma Motorlarının (**Earth Virtualization Engines: EVE**) bu yeni gerçeğe yanıt oluşturması beklenmektedir, (Bjorn Stevens et al., Earth Syst. Sci. Data, 16, 2113-2122, 2024 <https://doi.org/10.5194/essd-16-2113-2024>, 2024). EVE kavramı ilk olarak 3-7 Temmuz 2023 tarihleri arasında Almanya'nın Berlin Şehrinde düzenlenen **EVE Berlin Zirvesi**'nde ortaya atılmıştır. EVE, yüksek performanslı bilgi işlem ve yapay zekânın yardımıyla iklim uzmanları ile sivil toplum arasındaki bilgi eksikliği ve senaryolar ile ilgili açıkları kapatan merkezi bir federasyon olarak planlanmıştır. Berlin Zirvesi, EVE konusunda uluslararası iş birliğinin zeminini hazırlayarak, bilimsel ve yenilikçi iklim çalışmalarında yeni bir çağ başlatmış bulunmaktadır. Zirve kapsamında EVE için bir taslak plan hazırlamak üzere dünyanın dört bir yanından davetli katılımcılar bir araya getirilmiştir. Zirvenin açılışında, önde gelen konuşmacılar, Dünya genelindeki bilgi sistemini geliştirmek, gereken ölçekte temel teknolojilere erişmek için uluslararası iş birliğinin gerekliliğini vurguladılar. EVE, her biri olağanüstü hesaplama ve veri işleme yeteneklerine sahip, iklimle ilgili zengin verilere, deneyimlere ve bilgiye sahip, geniş uluslararası mükemmellik merkezlerinden oluşmaktadır. Bu projeksiyonlar, dijital bir ortak alan aracılığıyla, Dünya sisteminin fiziksel, biyolojik, kimyasal ve sosyal yapısını tanımlayan verileri birbiri ile ilişkilendirmektedir. EVE'nin dijital ortak alanı ve verileri örneğin, üretken yapay zekâ (AI), artırılmış gerçeklik gibi yeni analiz yöntemleri ile incelenmektedir. Bu, paydaşların kendi iklim senaryolarını oluşturmalarını ve birbirleri ile etkileşim kurmalarını sağlamaktadır. EVE'nin teknik hedefi, her topluluğun, iklim değişikliğinin var olan belirli zorluklarına karşı koymak üzere bilimsel mükemmellik, şeffaflık ve disiplinlerarası açıklık sağlayarak, yeni teknolojileri yönetmektir. Bunun yanı sıra, birçok ülkenin var olan modelleme merkezlerinin bile erişemeyeceği bir modelleme kapasitesi oluşturmaktır. EVE'nin dijital ortakları, istenen ölçekte veya teknolojilerle uyumlu olarak yazılıma ve altyapıya erişim sağlayabilecektir. Uluslararası iş birliği ve kapasite geliştirme sözleşmesi aracılığıyla, EVE'nin mükemmellik merkezleri, küresel olarak iklim hizmetlerini geliştirecek, daha kaliteli, hızlı iklim bilgisi üretecektir. Bu koşullarda, karşılaştırılabilir ve güvenilir büyük veri merkezlerinin ileri AI teknolojileri ile değerlendirilmesi daha fazla enerji tüketimi gerektirecektir. Bu da özellikle temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının rolünü daha ön plana çıkaracaktır. BM Kalkınma Programı'nın (UNDP) temel stratejik hedeflerini "sürdürülebilir kalkınma", "demokratik yönetim ve barış", "iklim ve doğal afetlerle mücadele" konuları oluşturmaktadır. Bu hedeflerden özellikle, temiz su (SDG6), erişilebilir temiz enerji (SDG7), sürdürülebilir şehirler (SDG11), iklim eylemi (SDG13) ve karasal yaşam (SDG15) ile ilgili çalışmalar meslektaşlarımızın çok disiplinli iş birliklerini gerekli kılmaktadır. Bu hızla gelişen, değişen koşullarda, WMO (Dünya Meteoroloji Organizasyonu) başta olmak üzere, atmosfer bilimi ve iklim çalışmalarını yürüten eğitim ve araştırma kurumları, dünyayı daha güvenli ve daha emniyetli kılmaya çalışmaktadır.

Bu gelişmelerin ışığında, gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakma dileklerimizle, Dünya Meteoroloji Günümüzü kutluyoruz.

23 MART

DÜNYA
METEOROLOJİ
GÜNÜ

Kutlu olsun



22 MART

DÜNYA
SU GÜNÜ

Kutlu olsun

22 MART 2025 DÜNYA SU GÜNÜ GEZEGENEMİZİN SAĞLIĞI AÇISINDAN BUZULLARIN ÖNEMİ

ÖZET

Tatlı suyun önemine dikkat çekmek ve tatlı su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini savunmak için her yıl 22 Mart, "Dünya Su Günü" olarak kutlanmaktadır. Bu özel gün, suyla ilgili konular hakkında daha fazla bilgi edinmek, toplumu bilgilendirmek ve su sorunları hakkında farkındalık yaratılması bakımından önemli bir fırsattır. Bu kısa yazıda Dünya Su gününün tarihçesi ve 2025 yılının konusu olan "Buzulların Korunması" konusu ana hatları ile irdelenecektir.

DÜNYA SU GÜNÜNÜN KISA TARİHÇESİ

Karar vericilere sürdürülebilir su politikalarını formüle etmek ve uygulamak için araçlar sağlamak üzere her yıl Dünya Su Günü'nde yeni bir Dünya Su Kalkınma Raporu yayınlanmaktadır. Bu rapor, Birleşmiş Milletler-Su (UN-Water) adına UNESCO'nun Dünya Su Geliştirme Programı (WWAP) tarafından koordine edilmektedir. Dünya Su Günü için belirlenen yıllık tema, söz konusu raporun odak noktasıyla paralellik arz etmektedir.

UNESCO ayrıca, ülkelerin su kaynaklarını sürdürülebilir bir şekilde yönetmelerine yardımcı olmak ve bilimsel bilgi tabanını oluşturmak için Uluslararası Hidroloji Programı (IHP) faaliyetleri kapsamında, Dünya Su Günü'nün kutlanmasına da katkıda bulunmaktadır.



PROF. DR. KASIM KOÇAK

İTÜ Meteoroloji Mühendisliği
Öğretim Üyesi & Hidroloji
Komisyonu Üyesi



Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansının (UNCED) önerileri doğrultusunda 22 Aralık 1992'de almış olduğu bir kararla, her yılın 22 Mart günü, 1993 yılından itibaren Dünya Su Günü olarak kutlanmaya başlanmıştır. Bu bağlamda üye ülkeler, su kaynaklarının korunması ve geliştirmesine yönelik belgesellerin yayınlanması, konferanslar, paneller, seminerler ve sergiler düzenlenmesi gibi etkinliklerle halkın bilinçlendirilmesi doğrultusunda bu özel ve önemli güne katkı sunmaya davet edilmektedir.

Geçmiş yılların Dünya Su Günü temaları, suyla ilgili hangi önemli konuların öne çıktığı konusunda bir fikir verecektir. Son on yılın temaları ise ayrıntılarına girmeden başlıklar halinde şu şekilde sıralanabilir: Barış için sudan faydalanmak (2024), Ortaklıklar ve İşbirliği Yoluyla Değişimi Hızlandırmak (2023), Yeraltı suyunu Görünür Yapmak (2022), Suyun Değeri (2021), Su ve İklim Değişimi (2020), Kimseyi Geride Bırakma (2019), Su İçin Doğal Yöntemler (2018), Neden Atık Su? (2017), Su ve Meslekler (2016), Su ve Sürdürülebilir Kalkınma (2015).

BUZULLAR NEDEN ÖNEMLİDİR?

Buzullar, Dünya'nın en hassas ve kritik ekosistemlerinden biridir. Gezegenimizin soğuk bölgelerinde bulunan bu devasa buz kütleleri, sadece görkemli doğal yapılar olmanın ötesinde, küresel hava, iklim ve su döngüsünü şekillendiren hayati unsurlardır. Buzullar, iklim düzenleyici rolleriyle birlikte, tatlı su rezervleri, deniz seviyeleri ve ekosistemler üzerinde derin etkiler yaratmaktadır. Bu kısa yazıda, buzulların gezegenimiz için neden bu kadar önemli olduğu konusu ele alınacaktır.

• Küresel İklim ve Hava Koşullarına Etkisi

Buzullar, Güneş ışığını yüksek oranda yansıtarak (albedo etkisi) Dünya'nın ısınmasını önler. Ancak küresel ısınma nedeniyle buzullar eridikçe, bu yansıtıcı yüzeyler azalmakta ve gezegen daha fazla ısıyı emerek iklim değişikliğini hızlandırmaktadır. Ayrıca, buzulların varlığı atmosferdeki rüzgar ve basınç sistemlerini de etkileyerek bölgesel ve küresel hava akımlarını yönlendirmektedir.

• Su Döngüsü ve Tatlı Su Kaynağı Olarak Rolü

Buzullar, yeryüzündeki tatlı suyun yaklaşık %70'ini depolayan dev rezervuarlar olarak görev yapar. Özellikle Himalayalar, And Dağları ve Alpler gibi

dağlık bölgelerdeki buzullar, milyonlarca insan için su kaynağıdır. Bu buzulların erimesi, tarım, içme suyu ve hidroelektrik enerji üretimi için kritik öneme sahiptir. Ancak hızlı erime, su kaynaklarının sürekliliğini tehdit etmekte ve kuraklık riskini artırmaktadır.

• Deniz Seviyeleri Üzerindeki Etkisi

Buzulların erimesi doğrudan deniz seviyelerinin yükselmesine neden olur. Özellikle Grönland ve Antarktika buzulları büyük miktarda suyu okyanuslara bırakarak kıyı bölgelerini tehdit etmektedir. Bu durum, kıyı şehirlerinde su baskınlarına, erozyona ve ekosistem kaybına yol açmaktadır.

• Ekosistemler Üzerindeki Etkisi

Buzulların erimesi, kutup bölgelerinde ve yüksek rakımlardaki ekosistemlerde ciddi değişimlere sebep olmaktadır. Kutup ayıları, penguenler ve diğer soğuk iklim canlıları buzulların sağladığı yaşam alanlarını kaybetmekte, bu da biyolojik çeşitliliğin azalmasına yol açmaktadır. Ayrıca, buzulların erimesi tatlı su ekosistemlerinin dengesini bozarak sucul yaşamı da tehdit etmektedir.

• Buzulların Bilimsel Önemi

Buzullar, geçmiş iklim koşullarını anlamamıza yardımcı olan doğal arşivlerdir. Binlerce yıl boyunca katman katman biriken buz çekirdekleri, atmosferdeki gazların bileşimini koruyarak geçmiş iklim değişikliklerine dair önemli veriler sunmaktadır. Bu nedenle, bilim insanları buzulları inceleyerek iklim değişikliğinin tarihsel süreçlerini ve gelecekteki olası senaryoları anlamaya çalışmaktadır.

BUZULLARIN KORUNMASINA YÖNELİK ULUSLARARASI ÇALIŞMALAR

Buraya kadar buzulların önemi üzerinde durduk. Peki dünyamız için bu kadar önemli olan buzulların korunmasına yönelik olarak ne yapılabilir, ne gibi önlemler alınabilir. Bilindiği gibi buzul alanları, küresel ısınmanın etkisiyle hızla eriyor ve bu durum deniz seviyelerinin yükselmesi, ekosistemlerin bozulması ve iklim dengesinin değişmesi gibi ciddi sonuçlara yol açıyor. Buzulları korumak için hem uluslararası hem de ulusal düzeyde çeşitli önlemler alınmaktadır. Buzulların korunmasına yönelik çalışmalar yürüten bazı önemli kurum ve organizasyonlar şu şekilde sıralanabilir.



• Birleşmiş Milletler (BM) Çalışmaları

Paris İklim Anlaşması (2015): Küresel sıcaklık artışını 1.5°C ile sınırlandırmayı hedefleyerek sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik önemli bir adım atılmasını sağlamıştır.

İklim Değişikliği Hükümetlerarası Paneli (IPCC): Bilimsel araştırmalarla küresel ısınmanın etkilerini belirleyip politika önerilerini ortaya koymaktadır.

BM Çevre Programı (UNEP): Buzul ekosistemlerini korumaya yönelik farkındalık oluşturulması için önemli çalışmalar yürütmektedir.

• Uluslararası Örgütler ve Anlaşmalar

Antarktika Antlaşması (1959): Antarktika kıtasının yalnızca bilimsel araştırmalar için kullanılmasını sağlayarak çevresel tahribatın önlenmesi için çalışmaktadır.

Arktik Konseyi (Arctic Council): Arktik bölgesindeki ülkeler (ABD, Kanada, Rusya, Norveç vb.) tarafından kurulan bu örgüt, bölgedeki buzulların korunmasına yönelik çalışmalar yapmaktadır.

Green Climate Fund (GCF): Az gelişmiş ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadele etmesine mali destek sağlamayı hedeflemektedir.

BUZULLARIN KORUNMASINA YÖNELİK NELER YAPILABİLİR?

Milli parklar ve koruma alanları: Buzul bölgelerinde madencilik ve sanayi faaliyetlerinin sınırlandırılması için adımlar atılmalı, konuyla ilgili yasalar çıkarılmalıdır.

Fosil yakıt kullanımını azaltma: Buzulların erimesine neden olan sera gazı salınımını düşürmek için temiz enerji projeleri teşvik edilmelidir.

Karbon ayak izini azaltmak: Bunun için daha az fosil yakıt tüketmek ve enerji verimliliğini esas alan çözümler teşvik edilmelidir.

Çevre dostu ulaşım: Bisiklet kullanımı, toplu taşıma veya elektrikli araçlar tercih edilmelidir.

Sürdürülebilir tüketim: Tek kullanımlık plastiklerden kaçınmak, geri dönüşüme önem vermek vb. çözümler hayata geçirilmelidir.

SONUÇ

Buzullar, Dünya'nın doğal sistemlerinin işleyişinde hayati bir role sahiptir. Küresel iklimi dengeleme, tatlı su sağlama, deniz seviyelerini düzenleme ve ekosistemleri koruma açısından büyük önem taşırlar. Ancak insan kaynaklı iklim değişikliği nedeniyle buzullar hızla erimekte ve bu durum tüm gezegen için ciddi tehditler oluşturmaktadır. Bu nedenle, buzulları korumak ve iklim değişikliğini yavaşlatmak için küresel ölçekte bilinçli adımlar atılması gerekmektedir. 22 Mart Dünya Su Günü'nüz kutlu olsun.

KAYNAKLAR

Koçak K. 2024: Barış için su: peki barışı kim bozuyor, İklim Dergisi Meteoroloji Mühendisleri Odası.

<https://www.unwater.org/our-work/world-water-day>

<https://nsidc.org/learn/parts-cryosphere/glaciers/>

ÇEVRENİN GİTTİKÇE BOZULMASI YAVAŞLATILABİLİR AMA DURDURULAMAZ

ÖZET

Artan nüfus ve tüketim, ülkelerarası yoğun rekabet, silahlanma, yoğun madencilik faaliyetleri kaçınılmaz olarak doğanın daha fazla sömürülmesi ve tahribatı ile sonuçlanmaktadır. Çözüm olarak da geri dönüşüm, yeşil ekonomi, sürdürülebilirlik vb. yaklaşımlar sihirli çözüm formülleri olarak sunulmaktadır. Bu yoğun 'çevreyi kurtarma' çabalarına rağmen, mevcut bilimsel ve teknolojik yaklaşımların sayısız çevresel krizi çözmede yeterince etkili olup olmadığı tartışmalıdır. Mevcut çevre bilimi ve teknolojisi uygulamalarının temelinde şu üç varsayım yatmaktadır: 1-Bilim, çevresel sorunları çözmek ve önlemek için bize doğa hakkında yeterli ve ayrıntılı bilgiyi sağlayabilir. 2-İyileştirme teknolojileri, başka öngörülemeyen olumsuz çevresel etkiler yaratmadan kirliliği başarılı bir şekilde ortadan kaldırabilir. 3-Gelecekte kirliliği önlemek ve hiçbir çevresel etkisi olmayan 'temiz' sanayi süreçleri geliştirmek mümkündür. Bu yazının konusu, bahsedilen varsayımların geçerliliği hakkında entropinin artışı ilkesi temelinde eleştirel bir yaklaşım sunmaktır.

ÇEVRE VE ENTROPİ

Termodinamik dört yasa üzerine kurulmuş, fiziğin enerjile ilgilenen koludur. Bu dört yasadaki özellikle 1. ve 2. yasalar termodinamiğin en temel yasalarıdır. Bunlardan 1. yasa enerjinin miktarı yani niceliği ile, 2. yasa ise enerjinin kalite yani niteliği ile ilgilidir. Termodinamik problemlerin çözümünde sistem kavramı önemlidir. Sistem ilgilenilen problemin sınırlarını çizer. Sistem eğer çevresi ile kütle alış verişinde bulunuyorsa açık; değilse kapalı bir sistemdir. İzole sistem ise çevresiyle enerji alış veriş de olmayan bir kapalı sistemi tanımlar.



PROF. DR. KASIM KOÇAK

İTÜ Meteoroloji Mühendisliği
Öğretim Üyesi & Hidroloji
Komisyonu Üyesi

Birinci yasaya göre enerji enerjidir, diğer bir deyişle enerjinin ısı ya da iş formunda olması fark etmez. Ancak ikinci yasa açısından enerjiden enerjiye fark vardır. İkinci yasa açısından iş formundaki enerji, ısı formundaki enerjiden daha değerlidir. İki yasa arasındaki diğer önemli bir karşılaştırma da şudur: Miktar (nicelik) her zaman korunur, yok edilemez; fakat kalite (nitelik) varken yok olur. Bununla birlikte iki yasa şu şekilde bir cümle içerisinde birleştirilebilir: Verilen bir izole sistem için enerji korunur ancak entropi artar.

Yukarıda da kısaca değinildiği gibi termodinamiğin birinci yasası enerjinin korunumu ile ilgilidir. Termodinamiğin ikinci yasası ise entropi adı verilen yeni bir özelliğin tanımına yol açar. Entropi "enerjiden de soyut bir kavramdır, bu nedenle fiziksel açıklamasını tam olarak vermek zordur. Entropinin enerjiden farkı şudur: Enerji korunur, ancak entropi korunmaz. Bir hal değişimi sırasında izole bir sistemin entropisi her zaman artar, ancak hal değişiminin tersinir olması durumunda sabit kalır. Diğer bir deyişle izole bir sistemin entropisi hiçbir zaman azalmaz.

Bir süreç ne kadar hızlıysa, entropi o kadar artar. Teori, süreçler sonsuz derecede yavaş gerçekleşmişse, o zaman asimptotik bir çözüm olarak entropinin hiç artmadığı bir durumun düşünülebileceğini savunur. Ancak böyle bir durumda, gerçekte hiçbir şey değişmez; dolayısıyla ile hiçbir süreç de gerçekleşmezdi. Bu bize daha hızlı hareket eden sistemlerin daha fazla entropi ürettiğine dair bir ipucu verir.

Yaşam mücadelesinde hayatta kalma ayrıcalığına sahip olanlar, aslında daha fazla entropi ve dolayısıyla çevrenin daha fazla kirlenmesine neden olan sistemlerdir. Onlar galip geleceklerdir çünkü daha hızlı hareket ederler. Hayatta kalmalarının bedeli çevrenin daha hızlı kirlenmesidir. Daha aktif sistemler ayrıca diğer sistemlerden yüksek kaliteli enerji ve maddeyi alırlar ve böylece rakiplerini bastırırlar.

Şu anda, bilim ve teknolojinin, insanlığın karşı karşıya olduğu çevre sorunlarının çoğuna - hatta belki de tamamına - etkili çözümler sunabileceği düşünülmektedir. Ancak, bu iyimser varsayımın geçerliliği günümüzde önemli bir tartışma konusudur.

Birincisi, mevcut mekanistik ve indirgemeci bilim anlayışı, çevre sorunlarını başarıyla ele alabilmek için gerekli olan tam ve doğru bilgiyi sağlama konusunda doğası gereği yetersizdir.

İkincisi, kütlelerin korunumu ilkesi ve termodinamiğin ikinci yasası, çoğu iyileştirme teknolojisinin - belirli kirlilik sorunlarını çözmede başarılı olsa da - kaçınılmaz olarak başka yerlerde veya gelecekte olumsuz başka çevresel sorunlara yol açacağını ortaya koymaktadır.

Üçüncüsü, çevre üzerinde hiçbir olumsuz etkisi olmayan endüstriyel süreçler tasarlamak doğası gereği imkânsızdır. Bu durum yalnızca entropi yasasından değil, aynı zamanda herhangi bir enerji üretiminin olumsuz çevresel sonuçlar doğurmadan gerçekleşmesinin mümkün olmamasından da kaynaklanmaktadır.

Bu çalışmada çevre problemleri daha ziyade entropi ilkesi çerçevesinde ele alınacaktır. Örneğin çevremizde yaşanan her hangi bir kirlilik, bir takım önlemler alınarak ortadan kaldırılabılır. Bu işlemin sonucunda kirliliğin olduğu alt sistem önemli ölçüde eski düzenli haline gelebilir. Ancak bunun bir bedeli olacaktır. O da çevrenin geri kalanında düzensizliğin artmasıdır. Özetle söz konusu iyileştirme süreci sonuçta entropinin artışı ile sonuçlanacaktır.

Çevrede düzensizlik oluşmasının temel nedeni, alt sistem içinde düzen yaratmak için enerjiye ihtiyaç duyulmasıdır. Termodinamik ilkelerine göre, enerji üretimi ancak düşük entropili malzemelerin (kömür, petrol, doğal gaz, uranyum) yüksek entropili atıklara (karbondioksit, kükürt dioksit, azot oksitleri, radyoaktif maddeler, atık ısı vb.) dönüştürülmesiyle mümkündür. Enerji üretimi alt sistemin dışında gerçekleştiğinden, net entropi artışı çevrenin geri kalanında meydana gelir ve burada çeşitli istenmeyen etkilere yol açar. Entropi, kaosun veya düzensizliğin bir ölçüsü olduğundan, bazı araştırmacıların çevredeki entropi artışını kirlilik için alternatif bir ölçüt olarak önermeleri yerinde bir yaklaşımdır. Buna örnek olarak, entropinin makroekonomik modellemede bir kirlilik göstergesi olarak kullanılması, belirli kirlleticilerin yayılması ve tepkimesi sonucu oluşan entropi artışını, kirliliği toplu olarak ölçen bir fonksiyon olarak dikkate alınmasının önerilmesi gösterilebilir.

İkinci yasaya göre, insan faaliyetleriyle oluşturulan her birim "düzen" karşılığında, çevrede bir birimden daha fazla "düzensizlik" (entropi) yaratılmak zorundadır. Daha önce de belirtildiği gibi, insan eliyle üretilen "düzen" genellikle sonsuz çeşitlilikteki tüketim malları gibi uygarlığın göstergesi sayılan fiziksel yapılar ve faaliyetlerle ilişkilidir. Buna karşılık, çevrede oluşan eşzamanlı düzensizlik ise sağlık ve çevre üzerindeki geniş çaplı olumsuz etkiler şeklinde kendini gösterir.

Bu nedenle, çevresel bozulma, insan yapımı nesnelere toplam miktarıyla doğrudan ilişkilidir; yani bu nesnelere sayısı arttıkça çevresel bozulma da otomatik olarak artacaktır. Bu görüşü, entropiyi ekonomik teoriye dahil eden ilk ekonomistlerden biri olan Georgescu-Roegen şu sözleriyle özetlemiştir: "Kimse daha 'iyi ve büyük' atıklar üretmeksizin, daha 'iyi ve büyük' buzdolapları, otomobiller ve jet uçakları üretemeyeceğimizi fark etmemiştir."

SONUÇ

Dolayısıyla, bilim ve teknolojinin mevcut ve gelecekteki çevre sorunlarını çözme potansiyeli oldukça sınırlıdır. Çevresel bozulmanın temel nedeni olan, çevrenin aşırı sömürülmesi konusu üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Sahip olduğumuz kaynakların sınırsız olduğu yanılgısı hem aşırı nüfus artışının hem de aşırı tüketimin başlıca itici gücüdür. Bu nedenle, çevrenin uzun vadeli korunması esasen teknik bir mesele

değil, büyük ölçüde sosyal ve ahlaki bir sorundur ve bu sorun ancak doğaya ve gelecek nesillerin yaşam hakkına mutlak saygıyla çözülebilir.

Yukarıda, daha hızlı hareket eden sistemlerin daha fazla entropi ürettiğinden bahsedilmişti. İnsanlık için sorunun çözümü belki de bu italik sözcüklerde saklı. Günümüz insanı hızlı üretiyor, hızlı tüketiyor. Dünyanın kaynaklarının bu hıza yetişmesi ne yazık ki mümkün değil. Entropinin (düzensizliğin, kaosu, çevre kirliliğinin) ulaşabileceği maksimum bir seviyeye doğru hızla yaklaşıyoruz. Nasıl ki yer çekimi yasasını göz ardı ederek hiçbir yere varamazsak, Termodinamik yasalarını göz ardı ederek, bu gezegen üzerindeki hayatı sürdüremeyiz. Sürdürebilirlik ancak doğa yasalarına saygı duymakla mümkündür. Özetle çevreye yönelik tüm çözüm önerileri, alınan kararlar ve geliştirilen politikalar bilimsel yasalarla uyumlu olmak zorundadır.

KAYNAKLAR

- Huesemann, M.H., 2001: Can pollution problems be effectively solved by environmental science and technology? An analysis of critical limitations, Ecol. Econom. 37, 271-287.
- Koçak, K., 2015: Enerji, entropi, hava ve iklim, ATMOS 2015, 28 Nisan 2015, İstanbul, s. 1253-1262
- Rebane, K.K., 1995: Energy, entropy, environment: Why is protection of the environment objectively difficult? Ecol. Econom. 13, 89-92.



METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

www.meteorolojimuh.org.tr

20 EYLÜL 2024 TARİHİNDE TÜRKİYE'DE MEYDANA GELEN ŞİDDETLİ YAĞIŞ VE SEL OLAYININ METEOROLOJİK ANALİZİ (TRABZON İLİ, ARAKLI VE ÇEVRE İLÇELERİ)



DR. BATUHAN ATEŞ YILMAZ

Meteoroloji 11.Bölge Müdürlüğü



BARIŞ ÖZGÜN



EDANUR GÖZET

ÖZET:

Ülkemizde yaşanan taşkın hadiseleri 1990'ların ortalarından bu yana artış göstermektedir. Doğu Karadeniz Havzası topografik ve hidrometeorolojik yapısı nedeniyle sel ve taşkınlardan en çok etkilenen bölgelerden biridir. 20 Eylül 2024 tarihinde Araklı ve çevresinde meydana gelen kısa zamanda düşen yüksek miktarda konvektif sağanak yağışlar selin ana nedenini oluşturmuştur (4 saat içerisinde 164 kg/m² yağış gerçekleşmiştir). Bu çalışmada, belirtilen gün ve tarihte 12:00-15:00 GMT periyodunda gerçekleşen şiddetli yağış meteorolojik olarak analiz edilmiştir. Yapılan incelemede; Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) Sayısal Hava Tahmini Şube Müdürlüğü tarafından çalıştırılan Sayısal Hava Tahmini (SHT) ürünleri (ECMWF, AROME, ALARO, EFI, EPS, WRF), SkewT-logP diyagramı, bazı kararsızlık indeksleri çıktıları (K indeksi ve TT indeksi), NWC SAF bağlamında geliştirilen konvektif yağış yoğunluğu (CRR), hızlı gelişen fırtına (RDT) ve bulut tepe sıcaklığı ve yüksekliği (CTTH) uydu ürünleri ve Trabzon Meteoroloji Radarı görüntüleri materyal olarak kullanılmıştır. Trabzon-Araklı'da gerçekleşen sel hadisesinin meteorolojik sebepleri bu materyaller kullanılarak analiz edilmiş ve yorumlanarak açıklanmıştır. Süreklilik arz edecek şekilde denizden beslenen sistem, yer seviyesindeki ısınma ve yukarı seviyelerdeki soğuma ile konvektif faaliyetlerin başlamasına neden olarak yağışın oluşumu ve şiddetini arttırmıştır. Sistemin yatay doğrultuda hiç hareket etmediği hemen hemen aynı bölge üzerinde etkili olarak yağış bıraktığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler; Türkiye, Trabzon, Araklı, Sel, Taşkın, Şiddetli Yağış

Meteorological Analysis of the Heavy Rain and Flood Event in Turkey on September 20, 2024 (Trabzon Province, Araklı and Surrounding Districts)

ABSTRACT

Flood events in our country have been increasing since the mid-1990s. The Eastern Black Sea Basin is one of the regions most affected by floods and inundations due to its topographical and hydrometeorological characteristics. On September 20, 2024, convective heavy rainfall over a short period was the main cause of the flood that occurred in Araklı and its surrounding areas (164 kg/m² of rainfall was recorded in 4 hours). In this study, the heavy rain that took place on the specified date and time interval (12:00–15:00 GMT) was meteorologically analyzed. The investigation utilized products from the Numerical Weather Prediction (NWP) run by the Numerical Weather Prediction Division of the Turkish State Meteorological Service (TSMS), including ECMWF, AROME, ALARO, EFI, EPS, and WRF models, Skew-T log-P diagrams, outputs of instability indices (such as K Index and TT Index), developed under the NWC SAF context Convective Rainfall Rate (CRR), Rapidly Developing Thunderstorms (RDT), and Cloud Top Temperature and Height (CTTH)) satellite products and Trabzon Meteorology Radar images. The meteorological causes of the flood event in Trabzon-Araklı were analyzed and interpreted using these materials. It was observed that the system, continuously fed by the sea, facilitated the initiation of convective activity due to surface-level warming and cooling in the upper levels, leading to the formation and intensification of rainfall. The system showed no horizontal movement, remaining stationary and delivering rainfall over nearly the same area throughout the event.

Keywords: Turkey, Trabzon, Araklı, Flood, Flash Flood, Heavy Rainfall

GİRİŞ

İklim, yerkürenin herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca gözlenen hava koşullarının ortalaması olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım son yıllarda ortalamaların yanı sıra gözlenen ya da gerçekleşen hava olaylarının oluşma sıklıklarının zamansal dağılımları, gerçekleşen ekstrem değerler ve şiddetli olayların birleşimi olarak geliştirilmiştir (Türkeş, 2001; Türkeş 2007). 1950'lerden bu yana dünyanın çoğu yerinde gerçekleşen aşırı yağışlar daha sık ve yoğun hale gelmiştir (Fischer & Knutti 2015; Stott, 2016; Robinson, 2021). Günlük aşırı hava olayları küresel bazda değerlendirildiğinde soğuk uç noktalar oranı azalırken, sıcak uç noktaları artmaktadır (Robinson vd., 2021). 2011-2020 döneminde küresel yüzey sıcaklığı 1850-1900 dönemine göre 1.1°C artmıştır (IPCC, 2023). Sıcaklık artışıyla oluşan küresel ısınma ile birlikte hidrolojik döngünün değişmesi, aşırı buharlaşma, kar ve buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, aşırı buharlaşma, yağış miktarı ve rejiminde değişiklikler ile ekstrem yağış yoğunluğunun artması sel riskinin meteorolojik-klimatolojik kaynağını oluşturmaktadır (Tabari, 2020; Karaman ve Gökçalp 2010).

Sel ve taşkınların gerçekleşmesi ve sıklığında iklim faktörleri ve küresel iklim değişikliğinin etkili olduğu bilinmektedir. (Avcı vd., 2023). Sel; çöller ve tropikal alanlar da dahil olmak üzere Dünya'nın her yerinde doğal koşullar (klimatolojik, meteorolojik, jeolojik ve jeomorfolojik) ve insan faktörleri (ormansızlaşma ve kötü arazi kullanımı) gibi etkilerle büyük su kütlelerinin akarsu yataklarında, vadi yamaç ve tabanlarında, çukur bölgeler ve kıyı alanlarda kontrolsüz bir biçimde akması ve yayılması olayıdır (Özcan, 2006; Sholihah vd., 2020).

Doğu Karadeniz Havzası topografik ve hidrometeorolojik yapısı nedeniyle sel ve taşkınlardan en çok etkilenen bölgelerden biridir (Çeribaşı, 2019). Doğu Karadeniz Bölgesinde oluşan taşkınlar ve seller yalnızca yüksek yağış miktarlarına bağlı değildir. Toprağın doymuş olması ile az miktardaki yağışlar ve kar erimeleri de taşkınlara dönüşebilmektedir (Gürgen, 2004).

Ülkemizde yağış rejimlerini etkileyen başlıca faktörler; hava kütleleri, cephelerin geliş yönleri, topografya ve karasallık koşullarıdır. Sonbahar ve kış dönemleri, cephesel faaliyetlerin daha etkili olması sebebiyle yağış miktarının en yüksek olduğu dönemlerdir. İlkbahar döneminde güney yönlerden esen fön rüzgarları ile kara-deniz sıcaklıklarının birbirine yakın olması sebebiyle yağışlarda azalma gerçekleşir. Yaz döneminde ise sürekli kuzeyli akışlar sebebiyle kıyı dağlar boyunca orografik yağışlar oluşmaktadır. Ayrıca ilkbahar ve yaz dönemlerinde gündüz ısınması ile konvektif kararsızlık yağışları da gerçekleşmektedir (Ölgen, 2010; Türkeş vd., 2008).

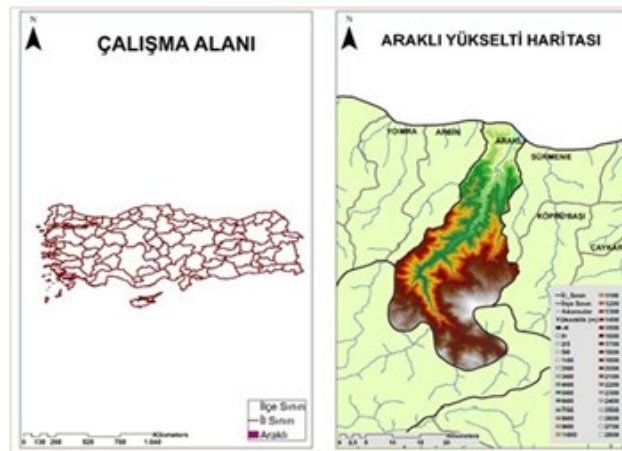
Orta ölçekli konvektif sistemler, şiddetli yağışların başlıca oluşum nedenlerinden biridir (Maddox vd., 1979; Duffourg vd., 2018). Ani sellere ve heyelanlara neden olan şiddetli yağışlar genellikle uzun ömürlü yavaş hareket eden yarı doğrusal konvektif sistem tarafından meydana gelir. Dikey olarak kesilmiş akışlarda geri besleme (back-building) özelliği vardır (Bluestein & Jain 1985; Kato & Goda 2001). Özellikle, toplam yağış, yağışın hızı ve süresiyle doğrudan ilişkili olduğundan aynı yer üzerinde geri oluşum yapan konvektif sistemler aşırı yağışa elverişlidir (Doswell vd., 1996; Schumacher ve Johnson 2005). Geri beslemeli konveksiyonda, yeni hücreler yukarı akışta tekrar tekrar yenilenirken, olgun hücreler aşağı akışta zayıflayarak konvektif bölgenin yarı-durağan davranışına neden olur (Schumacher & Johnson 2005; Hitchcock ve Schumacher, 2020) (Şekil 1). Geri besleme süreci, yüksek CAPE, düşük LFC ve bol su buharı olan bir ortamda gerçekleşmektedir (Zhang vd., 2024). Bu tip sinoptik olaylarda; güçlü bir ortatropsferik trof hattı ile birlikte yavaş hareket eden yüzey cephesi ve nem taşınması bölgede havanın yükselmesine yol açmaktadır. Geri besleme sistemiyle ilişkili yağışlarda sıklıkla görüldüğü gibi, yoğun yağış alanı çizgi şeklindedir (Ito vd., 2021). Literatür incelendiğinde geri beslemeli yağışlarla ilgili çalışmaların az olduğu gözlemlenmiş olup genellikle yapılan çalışmalar ve meydana gelen hadiselerin incelenmesinde 2-4 saat civarında kütlelerin yaşam süresi geçirdiği görülmüştür. Bu çalışmanın amacı; Türkiye’de meydana gelen kuvvetli gök gürültülü sağanak yağışlar neticesinde oluşan sellerden biri olan Trabzon/Araklı Selini (20 Eylül 2024) incelemek, sayısal model ürünlerine önermelerde bulunmak, uzaktan algılama ürünlerinin sel hadisesinin takibinde ve tahminindeki rolünün önemini ortaya koymak ve bunlar için yapılacak yeni çalışmalar için çeşitli önermelerde bulunmaktır.



Şekil 1. Back-building storms (Geri beslemeli yağışlar)

1.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Türkiye’nin kuzeydoğusunda bulunan Doğu Karadeniz bölgesinde, 40°15’-41°34’ kuzey enlemleri ile 36°43’-41°35’ doğu boylamları arasında konumlanmış olup Trabzon ilinin doğusunda, Araklı ve Sürmene ilçeleri sınırları kapsamında yer almaktadır. Araklı ilçe merkezi deniz seviyesinde (5m) bazı noktaları harita lejantında görüldüğü üzere deniz seviyesinin altında (-4m) yer almaktadır. (Şekil 2.).



Şekil 2. Çalışma alanının yükselti haritası

2.MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) Sayısal Hava Tahmini Şube Müdürlüğü tarafından çalıştırılan Sayısal Hava Tahmini (SHT) ürünleri (ECMWF, AROME, ALARO, EFI, EPS, WRF) ve SkewT-logP diyagramı, bazı kararsızlık indeksleri çıktıları (K indeksi ve TT indeksi), NWC SAF bağlamında geliştirilen CRR, RDT ve CTHH uydu ürünleri, Trabzon Meteoroloji Radarı görüntüleri materyal olarak kullanılmış olup hadisenin meteorolojik analizi ve yorumlaması yapılmıştır.

2.1 Sayısal Hava Tahmini (SHT) Ürünleri

Bu çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) Sayısal Hava Tahmini Şube Müdürlüğü tarafından çalıştırılan Sayısal Hava Tahmini (SHT) ürünleri (ECMWF, AROME, ALARO, EFI, EPS, WRF) kullanılmıştır. SHT hali hazır havanın sıcaklık, rüzgar, nem, basınç gibi prognostik değişkenlerinin bilgisayar ortamında matematiksel ve atmosferik denklemler ile modellenmesi sonucunda çıkan verilerin işlenerek gelecek dönemlerdeki mekânsal ve zamansal değişimini tahmin etme tekniğine verilen isimdir (Schulze, 2007; Karadavut, 2014; Uysal vd., 2021). Bazı SHT modellerinin yatay-düşey çözünürlükleri, tahmin periyodları ve güncelleme zamanları Tablo1'de açıklanmıştır.

Tablo 1. Meteoroloji Genel Müdürlüğünde Kullanılan SAYBİS Sistemi Model Konfigürasyonları

| Model | ECMWF | ALARO | AROME | WRF |
|----------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Yatay Çözünürlük | 9 km | 4,5 km | 1,5 km | 3 km |
| Düşey Çözünürlük | 137 seviye | 60 seviye | 60 seviye | 61 seviye |
| Tahmin Periyodu | 240 saat | 72 saat | 48 saat | 72 saat |
| Güncelleme Zamanları | 00/12 GMT | 00/06/12/18 GMT | 00/06/12/18 GMT | 00/06/12/18 GMT |

2.1.1 ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)

9 km çözünürlüğe sahip olan ECMWF modeli, her 12 saatte bir (00 ve 12 GMT) yenilenen tahminlerle 240 saatlik periyotlar için öngörüler sunmaktadır (Turgu & Ceylan, 2008).

2.1.2 WRF (Weather Research and Forecasting)

WRF modeli, hem operasyonel tahminler hem de atmosferik araştırmalar için uygun, açık kaynaklı yeni nesil bir SHT modelidir. Modelin bir diğer özelliği, hidrostatik varsayım kullanmaksızın orta ölçekli topoğrafya etkilerini daha gerçekçi şekilde temsil edebilmesidir (Efe, 2012).

2.1.3 ALADIN (Aire Limited Dynamic Adaptation International Development)

ALADIN modeli, 7 km ile 15 km arasında değişen Kartezyen gridlerde sınırlı alanlarda yatay çözünürlük sağlayarak 48-72 saatlik tahminler üreten hidrostatik bir hava tahmin modelidir (URL-4).

2.1.4 AROME (Application of Research to Operations at Mesoscale)

AROME modeli, ECMWF'nin IFS yazılımı ile Méso-NH yazılımından alınan fiziksel parametreler üzerine inşa edilmiştir. 20 ila 50 km ölçeğindeki niceliksel yağış tahminlerini geliştiren AROME, ALADIN'e kıyasla konvektif bulut mikrofiziğinden kaynaklanan geri bildirimler, soğuk havuz oluşumları, yağışın tetiklenmesi ve küçük ölçekli türbülans gibi faktörler sayesinde yağış tahminlerinde daha büyük ölçekli iyileştirmeler sunar (Bouttier vd., 2006).

2.1.5 ALARO (transition step between ALADIN and AROME)

4,5 km'lik yatay çözünürlükle çalışan ALARO, günde dört kez (00/06/12/18 UTC) 72 saatlik tahminler üretir ve özellikle konveksiyona izin veren çözünürlüklerde kullanılması için tasarlanmıştır (De Troch vd., 2013).

2.1.6 EPS (Ensemble Prediction System)

EPS, global ölçekte çalışarak her $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ gridda toplam 51 tahmin sonucu üretir. Bu çıktılar, parametrelerin yüzde dilimleri üzerinden gerçekleşme olasılıklarını belirlemektedir (MGM, 2008).

2.1.7 EFI (Extreme Forecast Index)

Şiddetli hava olaylarının tahmininde EPS modelinin 51 farklı tahmininin yanı sıra, meteoroloji istasyonlarının geçmişe yönelik klimatolojik verileri de kullanılmaktadır. İlk olarak, model alanındaki "model iklimine" göre eşik değerler belirlenir. Daha sonra, EPS modelinin 51 tahmininden kaç tanesinin bu noktada eşik değerinden fazla yağış tahmin ettiği belirlenmektedir.

2.2 Uzaktan Algılama Ürünleri (Uydu Görüntüleri)

Bu çalışmada kullanılan Convective Rainfall Rate (CRR), Rapidly Developing Thunderstorms (RDT) ve Cloud Top Temperature and Height (CTTH) ürünleri ham uydu verilerinden elde edilmiştir. Bu ürünler, konvektif yapıları gözlemleyebilmek hususunda daha kullanışlı olmaları sebebiyle tercih edilmiştir.

2.2.1 Convective Rainfall Rate (CRR)

NWC SAF (Nowcasting and Satellite Application Facility) kapsamında geliştirilen CRR (Konvektif yağış oranı) algoritması, IR, WV, VIS-N ve MSG SEVIRI kanallarını ve hem SEVIRI hem de Radar verilerinden üretilen kalibrasyon analitik fonksiyonlarını kullanarak konvektif sistemlerdeki yağış oranlarını tahmin eder. Bu ürün, tahmincilere yağış ihtimali ve konvektif faaliyetleri izleyebilmek için oluşturulmuş bir uydu ürünü olup yağış bulutları, hızlı gelişen gök gürültülü fırtınalar ve bulut türü gibi diğer NWC SAF ürünlerini desteklemektedir (Martin & Martinez, 2010; Rodríguez vd., 2013).

2.2.2 Rapidly Developing Thunderstorms (RDT)

Hızlı Gelişen Fırtına (RDT) ürünü, Météo-France tarafından SAF Nowcasting (EUMETSAT) kapsamında geliştirilmiştir. Bu ürün, şiddetli konvektif sistemlerin tanımlanması, izlenmesi ve takip edilmesi ile hızla gelişen konvektif bulutların tespitini amaçlamaktadır. Hızlı Gelişen Fırtına (RDT), konvektif ve konvektif olmayan bulut örtülerini ayırt etmek için kullanılmaktadır (Guillou vd., 2008).

2.2.3 Cloud Top Temperature and Height (CTTH)

SAF NWC bağlamında geliştirilen bulut tepe sıcaklığı ve yüksekliği (CTTH), fırtına gelişiminin analizine ve erken uyarı süreçlerine önemli katkılar sağlamaktadır.

2.3 Uzaktan Algılama Ürünleri (Radar Görüntüleri)

Radarların ölçüm yeteneği, atmosferin sık aralıklarla ve yüksek çözünürlükte izlenmesine olanak sağlamaktadır. Radarların sağladığı logaritmik reflektivite (dBZ) değerleri, yansıyan radar sinyalinin gücünü ifade eder ve yağış şiddeti ile doğrudan ilişkilidir. Genellikle reflektivite değerleri şu şekilde sınıflandırılır: 40-50 dBZ kuvvetli ve çok kuvvetli yağışa, 50-57 dBZ şiddetli ve 57 dBZ ve üzeri değerler aşırı yağışa karşılık gelmektedir (Eminoğlu vd, 2007). Trabzon Akçaabat Mersin Mevkiinde Meteoroloji Radarı 2012 yılında kurulmuştur. Radarın bulunduğu yerin rakımı 571 m. ve kule yüksekliği 22 m.'dir. Trabzon meteoroloji radarı ile Araklı ilçesi arasındaki kuş uçuşu mesafe 51,7 km'dir.

2.4 Kararsızlık İndeksleri

SkewT-logP diyagramı, atmosferin düşey kesitini inceleyerek yer seviyesinden üst seviyelere kadar olan basınç, sıcaklık, nem ve rüzgar bilgilerini sunan bir diyagramdır. Radiosonde rasatları kullanılarak oluşturulan bu diyagram atmosferin kararlılığı ve kararsızlığına dair kritik analizler sağlar. Ayrıca bulut yükseklikleri gibi meteorolojik bilgilerin belirlenmesine yardımcı olur (Arslan & Yıldırım, 2015). Kararlılık ve kararsızlık analizinde kuru veya nemli adyabatik sistemlerin (dışarıdan ısı alışverişi olmayan sistemler) incelenmesi oldukça önemlidir. Yükselen havanın soğuyup yoğunlaşması sonucu oluşan yağışlarda atmosferin düşey hareketleri oldukça önemlidir.

Yoğunlaşma Seviyesi (LCL), doymamış bir hava parselinin kuru adyabatik olarak yükseldiği zaman doymun hale geldiği seviyedir. Yere yakın tabakanın nemliliği ve bulut yükseklik analizi için oldukça önemlidir, LCL seviyesinin yere yaklaşması, oraj hücrelerinin oluşma ihtimalini artırır (Stockpole, 1967).

Konvektif Yeterlikli Potansiyel Enerji (CAPE) değeri, nem yüklü yukarı doğru akımların sahip olduğu potansiyel enerjiyi ifade eder ve LFC ile EL seviyeleri arasındaki pozitif alanı temsil etmektedir. CAPE değeri, atmosferin kararsızlık seviyesinin bir göstergesidir. CAPE değeri 0-500 J/kg ise hafif, 500-1500 J/kg ise orta dereceli, 1500-2500 J/kg ise kuvvetli ve 2500 J/kg ise ekstrem kararsızlığa tekabül etmektedir. CAPE'nin büyüklüğü ve LCL, LFC, EL seviyelerinin analiz edilmesi, özellikle oraj hücrelerinin oluşum hızını ve şiddetini anlamak açısından kritik önem taşır (MGM/ Hava tahminleri Dairesi Başkanlığı).

Büyük CAPE değerleri, yukarı yönlü hava hareketlerini hızlandırarak şiddetli hava olaylarının meydana gelmesine neden olur (Parker, 2002; Özgenç, 2020; Khan vd., 2022).

2.4.1 K İndeksi

K İndeksi 1980'li yıllarda Hard ve Korotky tarafından geliştirilmiştir. K İndeksi, 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa sıcaklık ve nem bilgilerinin bir fonksiyonudur. Eşitlik 1 ile K indeksi hesaplanmaktadır. K indeksi 0-15 olduğunda oraj ihtimali bulunmamaktadır. K indeksi 16-19 iken %20 ihtimalle, 20-25 iken %35 ihtimalle, 26-29 iken %50 ihtimalle, 30-35 iken %85 ihtimalle ve 36'dan büyük olduğunda %100 ihtimalle oraj gerçekleşir denmektedir (Ceylan, 2007).

$$K = (T850 - T500) + (Td850 - (T700 - Td700))$$

[1]

2.4.2 Total Totals Index (TT)

Total Totals İndeks (TT) sürtünme tabakası ile orta troposfer arasındaki kararlılığın ve yere yakın seviyelerdeki nemliliğin bir ölçüsüdür. Eşitlik 2 ile TT indeksi hesaplanmaktadır. Vertical Totals (VT) ve Cross Totals (CT) bileşenlerinin toplamıdır. TT indeksi 43'ten küçük ise oraj ihtimali zayıftır. TT indeksi 44-45 iken tek hücreli oraj yapıları, 46-47 iken çok hücreli oraj yapıları, 48-49 iken şiddetli oraj, 50-51 iken orta şiddette tornado, 52-55 iken superceller ve yayılmış tornadolar ve 56'dan büyük iken çok büyük tornadolar gözlenmektedir (Ceylan, 2007).

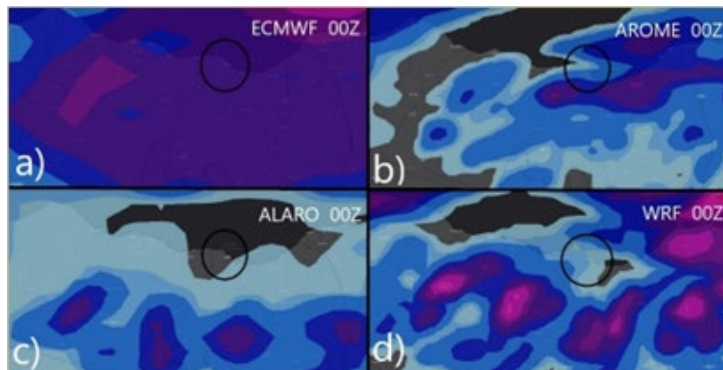
$$TT = VT + CT$$

$$TT = (T850 - T500) + (Td850 - T500)$$

[2]

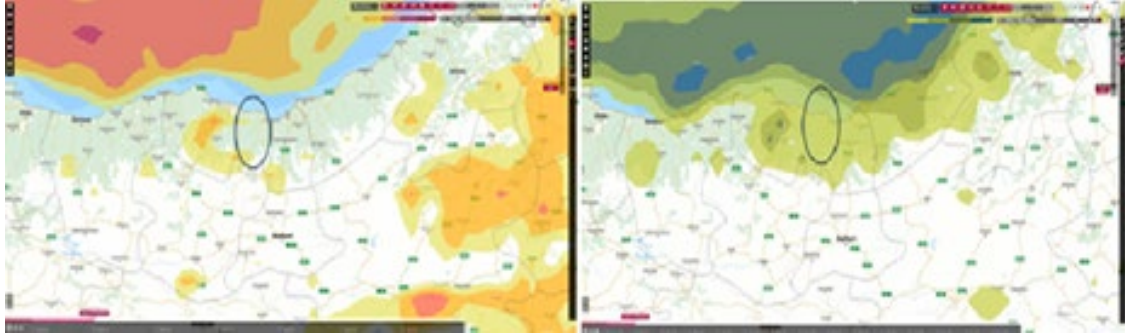
3. METEOROLOJİK ANALİZ

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan verilere göre; 20/09/2024 tarihinde Trabzon/ Araklı'da Türkiye saati ile 15:00-18:00 periyodunda 164 kg/m² yağış gerçekleşmiştir. Araklı'da o güne ait ölçülen maksimum deniz suyu sıcaklığı 23,0°C, maksimum hava sıcaklığı ise 23,7 °C'dir. 20 Eylül 2024 tarihinde Sayısal Hava Tahmini modellerinin Araklı mevkiinde 24 saatlik yağış çıktılarını incelendiğinde; ECMWF 00Z modelinin yaklaşık 20 kg/m² yağış beklentisi olduğu görülmektedir. Aynı tarihte AROME 00Z modelinin kıyıda yağış beklentisi olmamakla birlikte çalışma alanının iç kesimlerinde yaklaşık 10 kg/m² yağış beklentisi vardır. ALARO 00Z ve WRF 00Z modellerinin aynı tarihte belirtilen alan için önemli bir yağış beklentisi olmamıştır. SHT modellerine bakılarak yaklaşık 4 saatlik periyotta gerçekleşen 164 kg/m² yağışın hiçbir model tarafından öngörülemediği görülmektedir (Şekil 3).



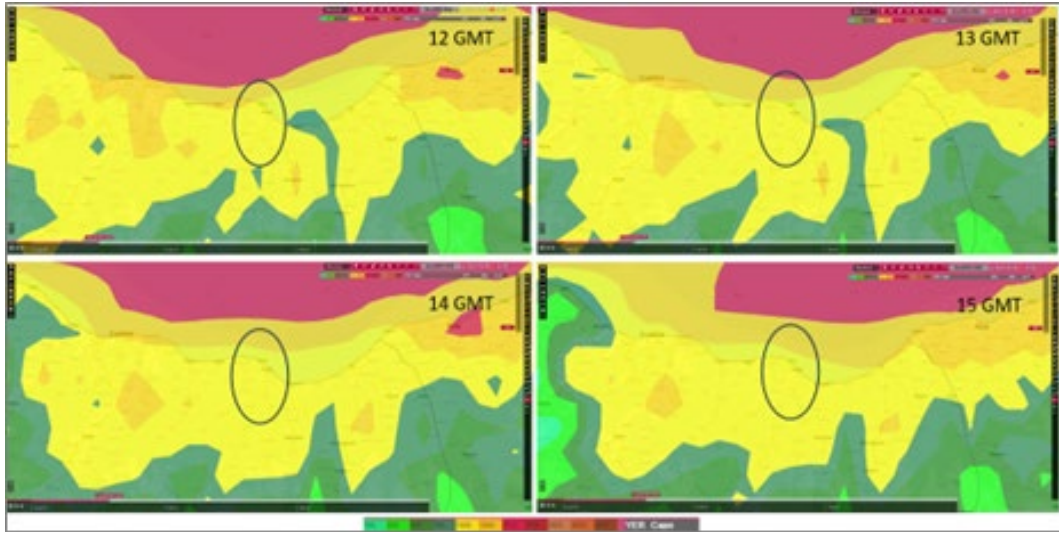
Şekil 3. ECMWF(a), AROME(b), ALARO(c) ve WRF(d) 24 saatlik yağış ürünleri

Aynı tarihte Araklı için EFI 00Z modelinde toplam yağış indeksi incelendiğinde herhangi bir yağış beklentisi olmadığı görülmektedir. EPS 00Z modelinin 20 mm ve üzeri yağışları incelendiğinde ise kuvvetli yağış ihtimalinin oldukça düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. EFI toplam yağış indeksi ve EPS-20 mm ve üzeri yağış ürünleri

ALARO 00Z modelinin saatlik CAPE değerleri incelendiğinde, olayın gerçekleştiği periyotta (12-15 GMT) yaklaşık 1000-1500 J/kg CAPE değerleri öngörülmüştür. Bu değerler literatürde orta derecede kararsızlığa tekabül etmektedir (Şekil 5).



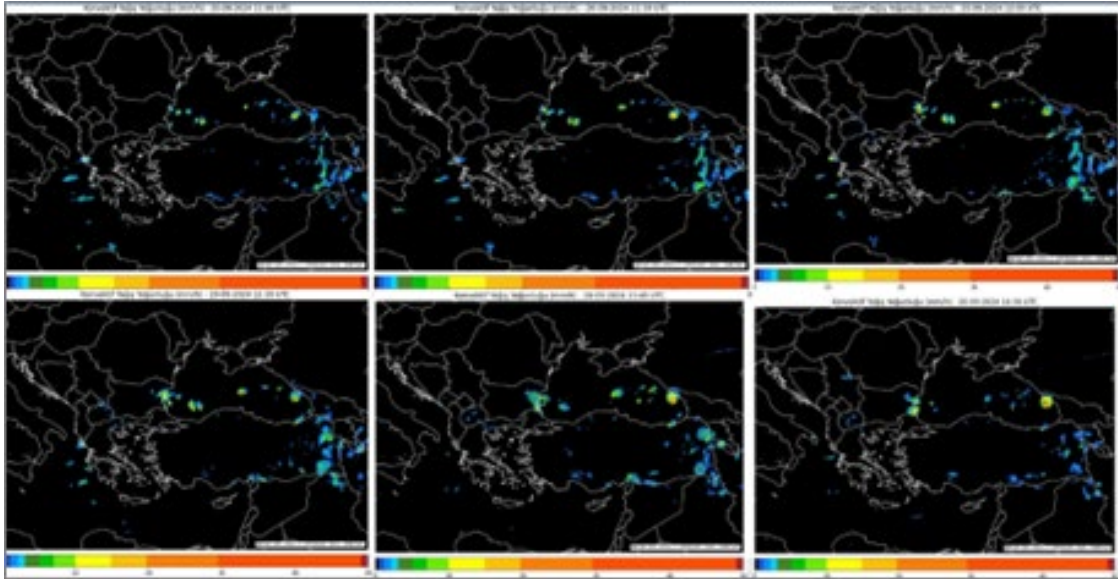
Şekil 5. ALARO saatlik CAPE ürünleri (12-13-14-15 GMT)

WRF 00Z modelinin SkewT-logP diyagramında olay saati 12:00 GMT (CAPE değerinin en yüksek olduğu saat) incelendiğinde CAPE değerinin 3184 J/kg (ekstrem kararsızlık) olduğu görülmektedir. CAPE değerinin yüksek olması ve LCL yüksekliği (360m) ile LFC yüksekliğinin (396m) oldukça düşük olması kararsızlığı destekleyen başlıca faktörlerdir. Bu yüksek kararsızlık değeri kısa sürede gerçekleşen ani yağışın başlıca sebebidir. Bu diyagramda yüksek seviyelerin (850, 700, 500 hPa) sıcaklık ve işba sıcaklık değerlerinden yararlanılarak K ve TT indeksleri hesaplanmıştır. K indeksi 32,9 (%85 ihtimalli oraj) ve TT indeksi 47,6 (şiddetli oraj) olarak hesaplanmıştır (Şekil 6).



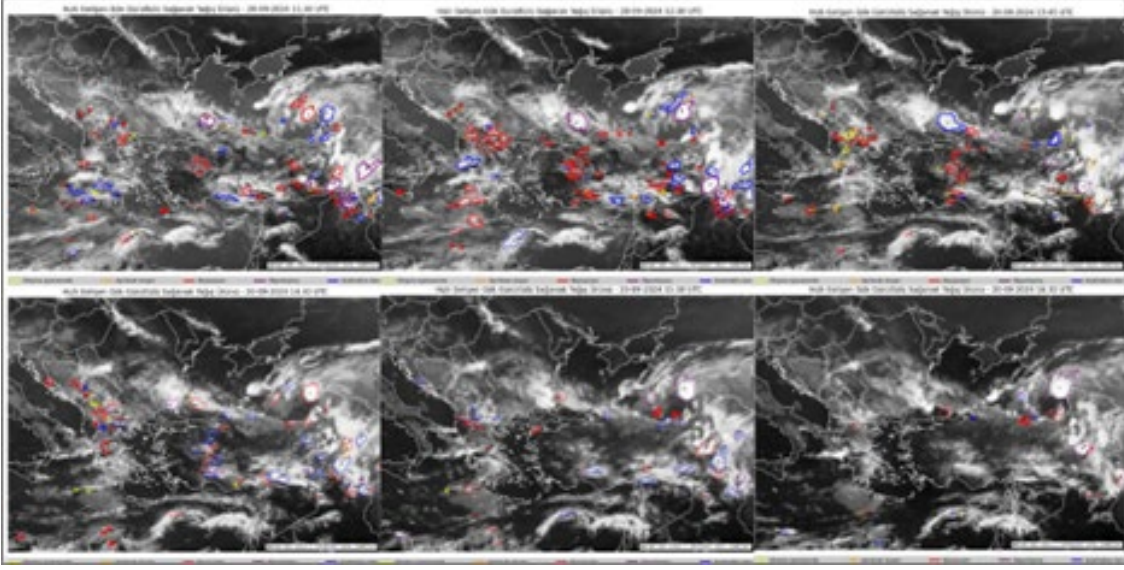
Şekil 6. WRF 12Z modelinin Skew T- Log P diyagramı

Konvektif yağış yoğunluğu (CRR) uydu görüntüsü konvektif sistemlerdeki yağış oranını gösteren bir uzaktan algılama ürünüdür. Bu ürün incelendiğinde; 12:00 GMT' ye kadar herhangi bir oluşum gözlenmemekle birlikte ilerleyen zamanlarda sarı ve turuncu renkli ekolar (saatte 20-30 mm yağış) görülmektedir (Şekil 7.).



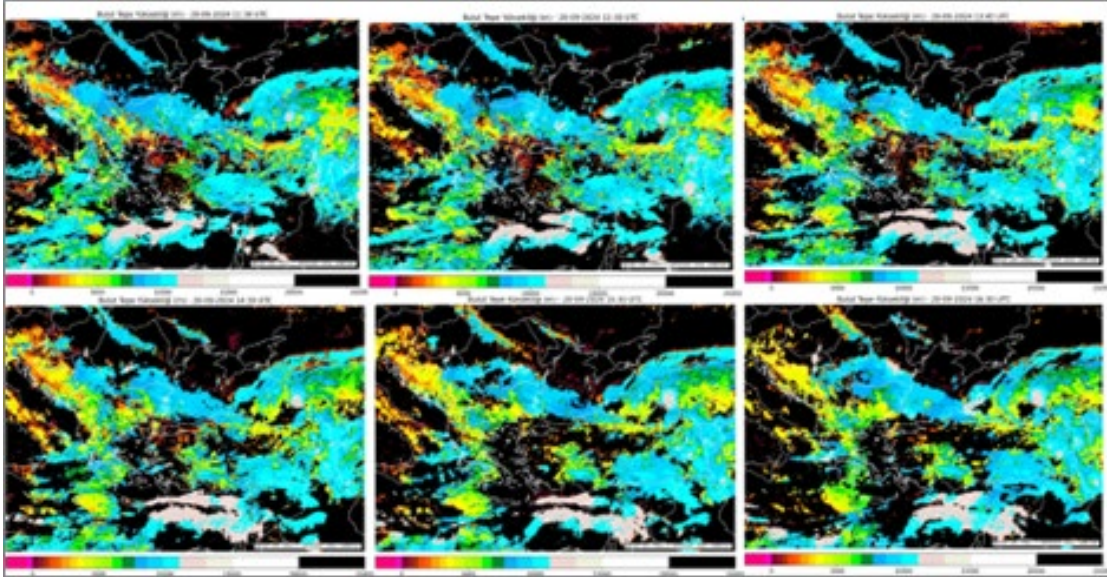
Şekil 7. Konvektif Yağış Yoğunluğu (CRR) uydu görüntüsü

Hızlı gelişen fırtına (RDT) uydu görüntüsü ile konvektif sistemler ve bulutların takibi gözlemlenebilir. Bu ürün incelendiğinde; kuvvetli yağışın başladığı saatlerde (12:00 GMT) Araklı üzerinde hücre bulunmamaktadır. 14:30 GMT itibariyle zaman zaman büyüyen, zaman zaman küçülen hücre yapıları tekrar tekrar beslenmektedir (Şekil 8.).



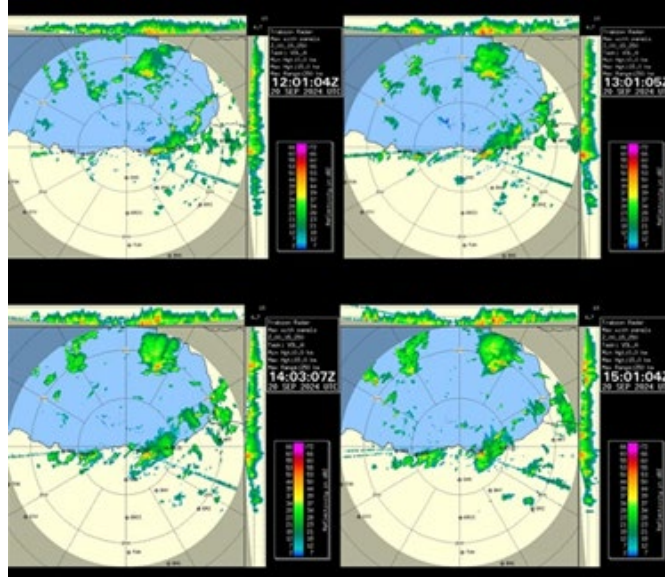
Şekil 8. Hızlı Gelişen Fırtına (RDT) ürünü

Bulut tepe yüksekliği (CTTH) uydu görüntüsü incelendiğinde; yağışın başladığı saatlerde bulut tepe yüksekliği 3000-5000 m (turuncu ve sarı renkler) iken, ilerleyen saatlerde konvektif faaliyetlerin etkisiyle 10000 m'ye kadar (yer yer yeşil ve mavi renkler görülmektedir) ulaştığı söylenebilir (Şekil 9.).



Şekil 9. Bulut Tepe Sıcaklığı ve Yüksekliği (CTTH) ürünü

Radar görüntüleri incelendiğinde; Araklı üzerindeki kırmızı renkli ekolar 50- 55 reflektivite değerine tekabül etmektedir. Bu yüksek değerler kuvvetli sağanak hadisesini de desteklemektedir. 12:00 ve 13:00 GMT radar görüntülerinde görülen yüksek reflektivite değerleri ilerleyen saatlerde azalarak etkisini kaybetmektedir. Sistemin yatay doğrultuda hiç hareket etmediği hemen hemen aynı bölge üzerinde yaklaşık 4 saat (12:00-15:00 GMT) etkili olarak yağış bıraktığı görülmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Trabzon radar ürünleri (12-13-14-15 GMT)

Araklı ilçesinde meydana gelen yağışta kararsız hava nedeniyle oluşan kütle normalin üzerindeki deniz suyu sıcaklığı ile denizden nem takviyesi almaya devam etmiştir. Yer seviyesindeki ve orta seviyedeki (850 mb ve 700 mb) rüzgar akışlarının batılı yönlerden olması nem takviyesinin bölgedeki kütleyle beslemesine neden olmuştur. Aynı zamanda rüzgar hızlarının düşük olması (8-15 kt) nedeniyle oluşan yağış kütlelerinin yatayda hareketi sınırlanmış ve hemen hemen aynı bölgede 4 saat boyunca etkili olmasına neden olmuştur.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Karadeniz Bölgesi kıyı kuşağında yer alan Araklı ilçesi son yıllarda daha fazla sel, taşkın ve heyelan olaylarına maruz kalmaya başlamıştır. Bu çalışmada 20 Eylül 2024 tarihinde Araklı ve çevresinde meydana gelen sel olayı meteorolojik olarak analiz edilmiştir. Meydana gelen sel, Araklı, Arsin, Sürmene ve Yomra ilçelerimizde toplamda 39 mahalle heyelan ve sel su baskınından etkilenmiş olup 121 iş yeri, 25 konut ve 18 araç ile 125 dekar tarım arazisinde hasar olduğu tespit edildi. Dere taşkını sonucunda da 1 kişi hayatını kaybetmiştir. Kısa zamanda düşen yüksek miktarda konvektif sağanak yağış, selin ana nedenini oluşturmuştur (4 saat içerisinde 164 kg/m² yağış gerçekleşmiştir).

Çalışmaya konu olan hadisenin yağış miktarlarına bakıldığında SHT çıktılarında oldukça fazla miktarda yağış gerçekleştiği ve özellikle dar bir lokasyonda kuvvetli yağış hadisesinin meydana geldiği görülmektedir. Yağış kütle oluşması aşamasından itibaren meteoroloji radarından takip edilebilmiş olup yatayda hareket etmediği tespit edilmiştir. Meteoroloji radarında bulunan PPI/MAX ürünleri incelendiğinde yapının sığ sayılabilecek düzeyde olduğu ancak geri besleme mekanizması ile yaklaşık 4 saat etkili olduğu görülmüştür. Meydana gelen konvektif yapı meteoroloji uydularında bulunan CRR, RDT ve CTHH ürünlerinde de takip edilmiştir. Konvektif faaliyetin başlama evresi ve bulut tepe yüksekliği ile birlikte oluşum safhaları takip edilmiştir. Oluşum ve yaşam evresine bakıldığında kuvvetli yağışa neden olan kütlelerin batılı ve düşük hızlı rüzgarlarla kara üzerine yığılma yapması ve deniz üzerinden nem takviyesi ile geri beslemeli bir şekilde kütlelerin yenilendiği görülmüştür. Ülkemizde meydana gelen konvektif hareketlerin yaşam ömürleri genellikle 30-45 dakika olmasına rağmen Araklı'da meydana gelen konvektif yapının geri beslemeli olması nedeniyle 4 saat sürdüğü düşünülmektedir. Meteorolojistlerin bu tür lokasyonlar için tahmin yaparken konvektif faaliyet beklentisi olan dönemlerde düşeydeki rüzgar yön ve hızlarının yapıyı yatayda hareket ettirip ettirmeyeceğini göz önünde bulundurması gerekmektedir. Aynı zamanda SHT ürünleri geliştirilirken yağış algoritmasında ve/veya konvektif faaliyet çıktılarında geri beslemeli yağış şartlarının (rüzgarın topografyaya göre konumu, düşeydeki rüzgarların yön ve hızları, yapıyı besleyecek nem kaynağının konumu ve konvektif yapının yataydaki hareketi) yansıtılması

için çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte geri beslemeli yağışlarla ilgili yapılan araştırmalarda yayınlanmış literatürlerin oldukça az olduğu görölmektedir. Geri beslemeli yağışlar üzerinde örnek olaylarının incelemelerinin yapılması, bu tür yapıların oluşum mekanizmalarını anlamamıza olanak sağlayacaktır. Aynı zamanda geri beslemeli konvektif hava olaylarının oluşum şartlarının belirlenmesi sonucunda SHT ürünlerinin geliştirilmesine de olanak sağlayacaktır.

Russ S. Schumacher Ve Richard H. Johnson, 2005 yılında yapmış oldukları çalışmada, 1999-2001 yıllarında ABD'nin Rocky Dağları'nda (Florida hariç) gerçekteşen 116 olayın 24 saatlik toplam yağış gözlemlerinin 50 yıllık tekerrür periyodundaki miktarları aştığı sonucuna varmıştış. Yapılan çalışmada, aşırı yağış olaylarının %65'inden fazlasının orta ölçekli konvektif sistemlerle ilişkili olduğunu ve %27'sinin sinoptik ölçekli hava sistemlerinden kaynaklandığını göstermiştir. Çalışmada, gerçekteşen diğer hadiselerin geri besleme yapıları veya yarı durağan konvektif yapılar olduğu ortaya konulmuştur.

5. ÖNERİLER

Bu çalışmada, halihazırda kullanılmakta olan SHT ürünlerinde bazı konvektif yapıların kapasitelerinin tam anlamıyla ortaya konulamadığı görölmüştür. Yapılan literatür çalışmalarında da geri beslemeli yapılar gibi bazı konvektif yapıların model tarafından tahmin edilemediği sonucuna varılmaktadır. Geri beslemeli konvektif yapıların oluşum mekanizmalarının ortaya konulması ve bu şartların model algoritmalarında işlenerek yeni SHT ürünleri geliştirilmesi gerekmektedir. Uzaktan algılama teknolojisi meteorolojik hadiselerin başlaması ve yaşam evrelerinin takibi açısından önemli gelişmeler kat etmiş olsa da geri beslemeli yapılar gibi özel durumlarda daha detaylı ürünlere ihtiyaç duyulduğu görölmüştür. Bu tür yapılar benzer etkiyi ortaya koyan konvektif faaliyetlerden daha sığ şekilde görölebilmektedir. Dolayısıyla uzaktan algılama teknolojilerinde yapılacak yeni çalışmalarda zamansal ve alansal eşleştirmelerin yapılması gerekmektedir. Meteoroloji alanında yeni çalışılmaya başlanan makine öğrenmesi teknolojisi ile uzaktan algılama ürünleri (radar ve uydu) birleştirilerek beklenenden daha kuvvetli olması muhtemel yapılar için bir uyarı mekanizması geliştirilebilir.

Türkiye coğrafyası göz önüne alındığında farklı lokasyonlarda gerçekteşen geri beslemeli konvektif yapıların "örnek olay incelemesi" şeklinde çalışılması ve oluşum mekanizmalarındaki benzerlik ve farklılıkların ortaya konulması gerekmektedir. Yapılacak bu çalışmalar ve belirlenecek kriterler literatürdeki eksikliği tamamlayacak olup bundan sonraki gerçekteşmesi muhtemel hadiselerin tahmininde tutarlılık oranını arttıracaktır.

Çalışmanın tam metni için [tıklayınız](#).



METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

www.meteorolojimuh.org.tr

METEOROLOJİNİN ORMAN YANGINLARI VE HAVA KİRLİLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: MANAVGAT ÖRNEĞİ



PROF. DR. HÜSEYİN TOROS

İTÜ İklim Bilimi ve Meteoroloji
Mühendisliği Bölümü

Orman yangınlarının kontrol altına alınması ve söndürülmesi sırasında meteorolojik durumun modellenmesi can ve mal güvenliği açısından katkı sağlayabilir. Ayrıca yangın sırasında çıkan kirleticilerin dağılımının tahmini de önemlidir. Antalya'nın Manavgat ilçesinde 28 Temmuz - 6 Ağustos 2021 tarihleri arasında meydana gelen orman yangınları, meteorolojik koşulların yangınların çıkışı, şiddeti ve yayılımı üzerindeki kritik rolünü bir kez daha ortaya koydu. İstanbul Teknik Üniversitesi'nden Prof. Dr. Hüseyin Toros, Samsun Üniversitesi'nden Arş. Gör. Yiğitalp Kara ve Dr. Öğr. Üyesi Veli YAVUZ tarafından yapılan bu yeni çalışmada, yangın sürecinde atmosferik olayların ve hava şartlarının yangının dinamiklerini nasıl şekillendirdiğini detaylı bir şekilde incelendi (Kara vd., 2025).

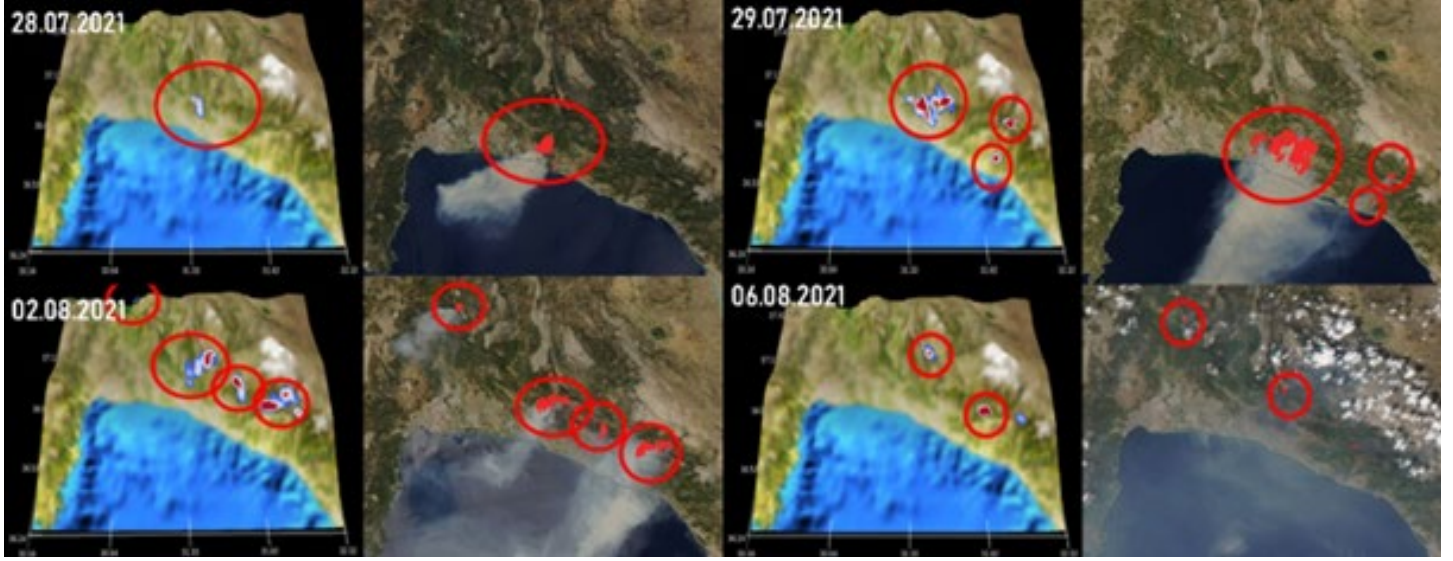
Çalışmada, hava kirliliği modelleri ve uydu verileri kullanılarak yangın kaynaklı hava kirliliği dağılımı analiz edildi. Özellikle, Weather Research and Forecasting (WRF-Chem) modeli ve Fire Inventory from NCAR (FINN) veri setleri, yangın sırasında oluşan parçacık madde (PM10) ve Aerosol Optik Derinliği (AOD) seviyelerini tahmin etmek için kullanıldı (Şekil 1). Manavgat'taki hava kalitesi izleme istasyonundan elde edilen veriler, modelin tahminleriyle yüksek oranda örtüşerek yangın kaynaklı hava kirliliğinin başarıyla modellenebildiğini gösterdi.



ARŞ. GÖRV. YİĞİTALP KARA

Samsun Üniv. İklim Bilimi ve
Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

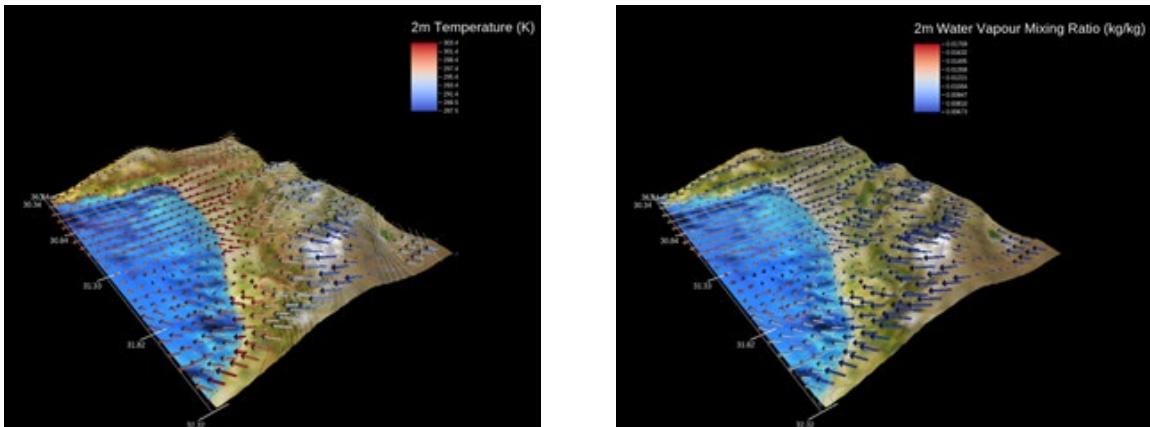
Orman yangınlarının meydana gelmesi, şiddetlenmesi ve yayılması, atmosferik olaylar ve meteorolojik değişkenlerin önemli rol oynadığı süreçlerdir. Düşük toprak nemi, yüksek sıcaklıklar, atmosferik sınır tabaka (ABL) içindeki düşük bağıl nem değerleri, yağış miktarı, güçlü rüzgarlar ve hakim rüzgar yönleri, ayrıntılı olarak incelenmesi gereken en kritik değişkenler arasında yer almaktadır.



Şekil 1. Orman Yangını Hotspot Karşılaştırmalı Analizi: WRF-CHEM (Sol) ve VIIRS (Sağ).

Meteorolojik Koşullar Yangınları Nasıl Etkiledi?

Araştırma, yangınların şiddetini artıran en önemli meteorolojik faktörlerin yüksek sıcaklık, düşük bağıl nem, kuraklık ve kuzey doğulu rüzgarlar olduğunu gösterdi. 1000 hPa seviyesindeki haritaya bakıldığında, yaz aylarında Türkiye'yi sıkça etkileyen Basra Alçak Basınç Merkezi'nin (BLPC) ülkenin orta ve güney enlemlerinde etkili olduğu görülmektedir. Yangın sırasında Basra Alçak Basınç Merkezi'nin (BLPC) etkisiyle Türkiye'nin güney ve iç kesimlerine kuru ve sıcak hava taşınmış, Manavgat bölgesinde ise, kuzeydoğudan gelen bu kuru hava akımları ve Föhn etkisi nedeniyle düşük bağıl nem (%10 civarı) ve yüksek sıcaklıklar (40 °C civarı) maruz gözlemlenmiştir (Şekil 2). Toros Dağları'ndan aşağı inen kuru ve sıcak rüzgarlar, nem oranını düşürerek yangının yayılmasını hızlandırdığı ortaya koyulmuştur. Çalışmada Sayısal Hava Tahmin Modeli (WRF) sayesinde, yangının başlamasından önce ve sonra bu etkinin bölgede güçlü bir şekilde gözlemlendiği doğrulanmıştır.



Şekil 2. Foehn etkisini gösteren, topoğrafya üzerindeki sıcaklık ve su buharı karışım oranı ile renkli rüzgar göstergeleri.

Orman Yangınlarının Hava Kirliliği Üzerindeki Etkileri

Yangın anı ve yangın sonrası atmosferde kalan duman ve partikül maddelerin hareketi de incelenmiştir. Uydu görüntüleri, 6-7 Ağustos 2021 tarihlerinde Manavgat'tan yükselen aerosol ve duman bulutlarının atmosferik hareketlerle doğuya, hatta Muğla ve Yunanistan'dan gelen yangınların dumanlarıyla birleşerek Antalya Körfezi üzerinde yoğunlaştığını göstermiştir. Olayın yaşandığı tarihlerde yangınların neden olduğu PM10 seviyeleri, bölgedeki hava kalitesini ciddi şekilde etkileyerek insan sağlığı için tehdit oluşturmuştur.

Ne Yapılmalı?

Orman yangınlarıyla mücadelede, hava durumu tahminlerine dayalı erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi, Föhn etkisi gibi yangını şiddetlendiren atmosferik olayların önceden tahmin edilerek gerekli önlemlerin alınması büyük önem taşıyor.

+Özellikle, yangın riski yüksek bölgelerde, rüzgar yönü ve nem oranları dikkate alınarak orman yönetimi stratejileri oluşturulmalı,

+Kontrollü yanma ve yangın önleme politikaları güçlendirilmelidir.

+Yangın sonrası hava kirliliğinin etkilerini azaltmak için, yerel yönetimlerin halkı bilgilendirmesi,

+Koruyucu önlemler alması ve sağlık risklerini en aza indirecek politikalar geliştirmesi gerekmektedir.

Manavgat yangınları, meteoroloji ve iklim faktörlerinin orman yangınları üzerindeki belirleyici rolünü gösteren önemli bir örnek olarak, gelecekte alınması gereken önlemler için kritik bir ders niteliği taşımaktadır.

Kaynakça:

Kara, Y., Yavuz, V., & Toros, H. (2025). Understanding air pollution dynamics of Antalya Manavgat forest fires: A WRF-Chem analysis. Environmental Monitoring and Assessment. (Accepted, In press).



METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

www.meteorolojimuh.org.tr

DOĞU KARADENİZ YAĞIŞ VE SELLERİNİN TOZ TAŞINIMI VE DENİZ SUYU SICAKLIĞI İLE İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET



BARIŞ ÖZGÜN

Meteoroloji 11.Bölge Müdürlüğü



EDANUR GÖZET



BETÜL NİSA ATMACA



DR. CİHAN DÜNDAR

Son dönemde yürütülen bilimsel çalışmalar ve model öngörülleri, Doğu Akdeniz Havzasının küresel iklim değişikliğine karşı en duyarlı alanlar arasında bulunduğunu göstermektedir. Yağış ve sıcaklık parametreleri iklim değişikliğinin en temel göstergeleridir. Güvenilir akademik çalışmalar ve model öngörüllere göre, iklim değişikliğinin sonucu olarak bölgesel farklılıklar gösterse de küresel ölçekte artması öngörülen sıcaklıkların yanı sıra, yağışlarda da düzensizliklerin yaşanması beklenmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü kayıtlarına göre; Türkiye’de yaşanan en sıcak yıllar 2000’li yıllardan itibaren tespit edilmiştir. Diğer taraftan aynı dönemde sel ve taşkın gibi şiddetli hava olaylarının sayısında da artışlar olduğu bilinmektedir. Şiddetli yağış ve seller, meteorolojik karakterli afetlerin 3’te 1’inden fazlasını oluşturmaktadır. Bu çalışmada, ilk aşamada Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan toplam 10 adet Meteoroloji İstasyonuna ait son 30 yıllık (1993-2022) günlük yağış verileri kullanılarak aylık, mevsimlik ve yıllık yağış analizleri yapılmıştır. Bölgenin yağış rejimi ortaya konulduktan sonra Giresun iline odaklanılarak, 22 adet Meteoroloji İstasyonuna ait son 5 yıllık (2018-2022) saatlik yağış verileri analiz edilerek, sel ve taşkın olaylarının nedenleri araştırılmıştır. Ayrıca, yağışların zamansal değişiminin Deniz Suyu Sıcaklığı (SST) ve bölgeye olan Toz Taşınımı ile ilişkisi incelenmiştir. 2003-2022 dönemi Deniz Suyu Sıcaklığı verileri, bölgede ölçüm yapan Giresun ve Hopa Meteoroloji İstasyonları ölçümlerinin yanı sıra NASA Aqua uydusu üzerinde bulunan MODIS cihazı ölçümlerinden alınmıştır. Toz Taşınımı analizleri için Aqua MODIS cihazının 2003-2022 Aerosol Optik Derinliği (AOD) ölçümleri kullanılmıştır.

İlk bulgulara göre, hem aylık toplam yağış miktarları hem de yağışlı günlerin kış aylarında daha fazla ölçülmesine rağmen, sel ve taşkın olaylarının yaz aylarında yaşandığı görülmüştür. Diğer bir önemli bulgu da; Doğu Karadeniz Havzasında seçilen Meteoroloji İstasyonlarının son 30 yıllık yağışları incelendiğinde, hem yıllık toplam yağış miktarlarında hem de yağışlı gün sayılarında yıllar bazında azalma olduğu görülmektedir. Yıllık ortalama yağışlı gün sayısında yaşanan azalma eğilimi pearson korelasyon analizi ile desteklenmektedir. Giresun ve Hopa Meteoroloji İstasyonlarında yapılan ölçümlere göre Deniz Suyu Sıcaklıklarının son 20 yılda arttığı gözlenmiştir. Aqua MODIS uydu gözlemleri de bu artışı desteklemektedir.

GİRİŞ

Doğu Karadeniz Havzası topoğrafik yapısı nedeniyle sel ve taşkınlardan en çok etkilenen bölgelerden biridir. Küresel iklim değişikliği ile meydana gelecek ekstrem yağışlar bu bölgede şiddetli yağış ve dolayısıyla taşkınlara sebep olmaktadır (Çeribaşı, 2019). Doğu Karadeniz Bölgesinde oluşan taşkınlar ve seller yalnızca yüksek yağış miktarlarına bağlı değildir. Akarsu boylarının kısa, vadi yamaçlarının dik olması sebebiyle sel suları vadi tabanlarına hızlı bir şekilde toplanmaktadır. Akarsu vadilerinin genellikle tabansız, dar ve düzensiz olması da taşkın riskini arttıran sebepler arasındadır. Kısa zaman aralıklarında düşen, farklı miktardaki yağışlar ve ani kar erimeleri taşkınlara dönüştürebilmektedir. Bunun en önemli nedeni, önceki yağışlara bağlı olarak toprağın doygun olmasıdır. Ayrıca her maksimum yağış, taşkına sebep olmamaktadır (Gürgen, 2004). Türkiye’de son yıllarda sel ve taşkın olaylarında belirgin bir artış görülmektedir. Ülkemizde meydana gelen sel ve taşkın olaylarının yaklaşık 1/3’ü Doğu Karadeniz Bölgesinde yaşanmıştır.

Literatürde; atmosferdeki aerosollerin varlığı, bulut yoğunlaşma çekirdeği olarak yağışı belirleyen faktörlerden biri olarak açıklanmaktadır. Atmosferde asılı duran katı ve sıvı parçacıklara aerosol adı verilmektedir. Aerosoller; fosil yakıtların yakılması, ulaşım ve endüstriyel kaynaklı emisyonlar sonucunda antropojenik olarak ortaya çıkabilmektedir. Bunun yanı sıra deniz spreyi, orman yangınları, çöl tozu ve volkanik patlamalar gibi doğal süreçlerden de kaynaklanabilmektedir. Aerosollerin fiziksel çevre, küresel iklim ve canlılar üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak ciddi etkilere sahiptir (NASA, 2023; Bimenyimana, 2018; Atmaca vd., 2023).

Atmosferdeki aerosol parçacıkları, Dünyanın iklimine ve radyasyon bütçesine dolaylı bir etki olarak bulut mikrofiziği, yağış miktarı, albedo ve bulutun ışınımsal özelliklerini etkilemektedir. Atmosferdeki aerosollerin bu etkileri farklı meteorolojik koşullara göre olumlu veya olumsuz olabilmektedir. Atmosferde bulunan aerosollerin uygun koşullar altında bulut yoğunlaşma çekirdeği olarak yağışları artırıcı yönde etkisi bulunmaktadır (Chou ve ark., 2004; Schepanski 2018).

Aerosollerin yoğunlaşma çekirdeği olarak hizmet etmesi sebebiyle yağış oluşumu üzerinde olumlu bir etkisi görülebilirken bunun aksi de mümkündür. Fazla miktardaki aerosolün varlığı yoğunlaşma çekirdeği konsantrasyonunu arttırmakta ve sabit sıvı su içeriği için daha fazla ancak daha küçük bulut damlacıklarına yol açmaktadır. Aerosollerin bulut ömrü ve yağışlar üzerindeki etkisi hala tam anlamıyla kesinleşmiş değildir (Bimenyimana ve ark., 2018, Myhre ve ark., 2013). Türkiye için 2003-2017 yılları MODIS Aqua Aerosol (AOD) ölçümleri ile alansal ortalama yağış miktarları arasında % 95 güven aralığında anlamlı olmayan ve çok zayıf bir ilişki bulunmuştur (Dündar, 2019).

Türkiye göz önüne alındığında ülkemizin “Tozlu Kuşak” olarak da ifade edilen Afrika (Sahra Çölü), Orta Doğu ve Asya kaynaklı çöl tozlarının etkisi altında olduğu görülmektedir. Bu nedenle aerosollerin ve toz taşınımının izlenmesi, bunların iklim, atmosfer ve çevre üzerindeki etkilerinin incelenmesi gerekmektedir. Atmosferde bulunan aerosol miktarı (Aerosol Optik Derinliği, AOD) yer ve uydu tabanlı sistemler ile ölçülmektedir. Birimsiz bir parametre olan AOD, genellikle 0 ile 1 arasında değişim göstermektedir. Kuvvetli kum ve toz fırtınası yaşanması durumunda AOD değerlerinin 1’in üzerinde olduğu görülmektedir (MGM, 2023).

Deniz yüzeyi sıcaklığı (SST) yağış üzerinde önemli bir faktördür (Zuo ve Zhang, 2012). Ülkemizi çevreleyen denizlerinin ortalama deniz suyu sıcaklıklarının artma eğiliminde olduğu belirlenmiştir (Kalıpcı ve ark., 2021). Artan SST’lerin denizlerdeki konvektif aktiviteyi arttırdığı unutulmamalıdır. Bunun sonucunda denizlerde konvektif yağışlar artıyor (Efimov ve ark. 2008). Anadolu yarımadasındaki yağışlar çevre denizlerin SST’lerine (özellikle sonbahar mevsiminde) duyarlı görünmektedir (Bozkurt ve Şen, 2009). Türkiye’yi çevreleyen denizlerde yüzey suyu sıcaklık değişimlerinin yağışlara olan etkisi incelendiğinde; yaz ve sonbahar dönemindeki yüksek deniz suyu sıcaklıkları sel ve taşkınlara neden olan yağışları arttırmaktadır (Bozkurt ve Sen, 2011). Ayrıca aşırı yağış olaylarının oluşumu, uygun sinoptik durumlara ve atmosferik dolaşımlara büyük ölçüde bağlıdır (Lenderink ve ark. 2008).

Türkiye’de yıllık yağışlar: El Niño olaylarının başladığı yıllarda genel olarak bir azalış ve olaylardan bir sonraki yıllarda genel olarak bir artma eğilimi göstermektedir. La Niña olaylarının başladığı yıllarda genel olarak bir artış ve olaylardan bir sonraki yıllarda genel olarak bir azalış eğilimi göstermektedir (Türkeş, 2000).

1. VERİ VE YÖNTEM

1.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri

Çalışma Alan, Türkiye’nin Kuzeydoğu kesiminde 40°15’49” - 41°07’04” kuzey enlemleri ile 36°40’28” - 42°33’43” doğu boylamları arasında yer almaktadır. Bölge oldukça engebeli bir topografyaya sahiptir. Doğu Karadeniz’de dağlar kıyından iç kesimlere gittikçe hızlı bir şekilde yükselir. Kıyından 1 km kadar içerideki alanda yükseklik 500 m civarında iken içeri kesimlere ilerledikçe hızlı bir şekilde 2500 m’ye ulaşmaktadır. Karadeniz’in etkisi altında bulunan sahil kısmı, kışları yumuşak ve yağmurlu, yazları ılıman ve nispeten yağışlıdır. İç kısımda yazlar kurak ve ılık, kışlar yağışlı ve soğuktur (Yüksek vd., 2021). Doğu Karadeniz Bölgesi ülkemizin en çok yağış alan yöresi durumundadır.



Şekil 2: Doğu Karadeniz Haritası ve İstasyon Yerleri

Tablo 1: İstasyon Bilgileri (MEVBİS)

| İstasyon No | İstasyon Adı | İl | Enlem | Boylam | Rakım |
|-------------|----------------|-----------|---------|---------|-------|
| 17033 | Ordu | Ordu | 40.9838 | 37.8858 | 5 |
| 17034 | Giresun | Giresun | 40.9227 | 38.3878 | 38 |
| 17040 | Rize | Rize | 41.0400 | 40.5013 | 3 |
| 17042 | Hopa | Artvin | 41.4065 | 41.4330 | 33 |
| 17045 | Artvin | Artvin | 41.1752 | 41.8187 | 613 |
| 17088 | Gümüşhane | Gümüşhane | 40.4598 | 39.4653 | 1216 |
| 17089 | Bayburt | Bayburt | 40.2547 | 40.2207 | 1584 |
| 17037 | Trabzon Bölge | Trabzon | 40.9985 | 39.7649 | 25 |
| 17666 | İspir | Erzurum | 40.4868 | 40.9997 | 1223 |
| 17682 | Şebinkarahisar | Giresun | 40.2872 | 38.4193 | 1364 |

Giresun, Doğu Karadeniz’de denize doğru çıkıntısı olan bir yarımadadır. Bu yarımadanın doğusu ve batısındaki iki koyun çevresinde kurulmuş bir şehirdir. Giresun, doğudan Aksu Deresi, batıdan Batlama Deresi ile sınırlandırılmıştır. Kentin gelişimi boyunca bu akarsulara dikkat etmeden yaklaşmak sel ve taşkın olaylarında artışa neden olmuştur (Bekdemir ve diğ., 2000).



Şekil 3: Giresun Analizinde Kullanılan İstasyon Yerleri

1.2. Veri

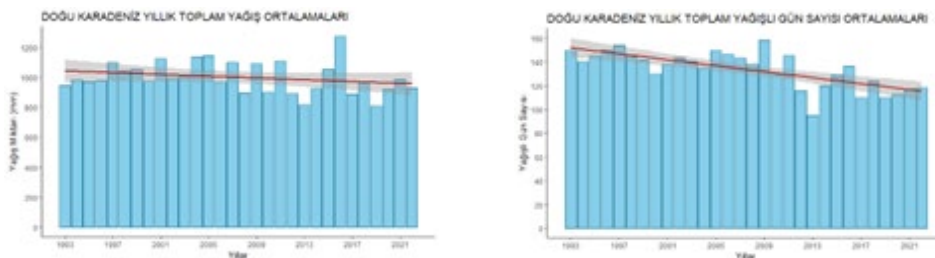
Doğu Karadeniz Havzasının genel yağış değerlendirmesi için Ordu, Giresun, Şebinkarahisar, Trabzon, Rize, Artvin, Hopa, Gümüşhane, Bayburt ve İspir olmak üzere toplam 10 adet Meteoroloji İstasyonuna ait son 30 yıllık (1993-2022) 10 günlük toplam yağış miktarı verileri ile Giresun ilinin 2018-2022 (5 yıllık) saatlik toplam yağış miktarı verileri Meteorolojik Veri Bilgi Sunum ve Satış Sisteminden (MEVBİS) alınmıştır. Uydu ve model verileri NASA’nı Giovanni sitesinden alınmıştır.

Ayrıca çalışmada, NASA’nın Aqua uydusu üzerinde bulunan MODIS (Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi) görüntüleme cihazına ait 2003-2022 yılları Aerosol Optik Derinliği (AOD) verileri kullanılmıştır. 36 farklı kanalda görüntü sağlayan bu cihaz, aerosollerin kütle konsantrasyonunu, optik özellikleri, yatay/düsey dağılımı ve taşınımını haritalamak, iklim modellerine girdi verisi sağlamak ve ısımsal zorlamanın takibini yapmak amacıyla kullanılmaktadır (Atmaca ve ark.,2023, Pekin ve ark., 2019).

2. HESAPLAMA VE BULGULAR

2.1. Doğu Karadeniz Yağış Analizi

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) güncel değerlendirme ve tahminlerine göre, küresel ısınma ve iklim değişikliği sonucu; içinde yer aldığımız Akdeniz Havzasında sıcaklıkların artması beklenirken, yağışlarda da düzensizlik yaşanacağı, kuraklık, fırtına ve sel gibi atmosfer kaynaklı afetlerde artışlar yaşanacağı belirtilmektedir.



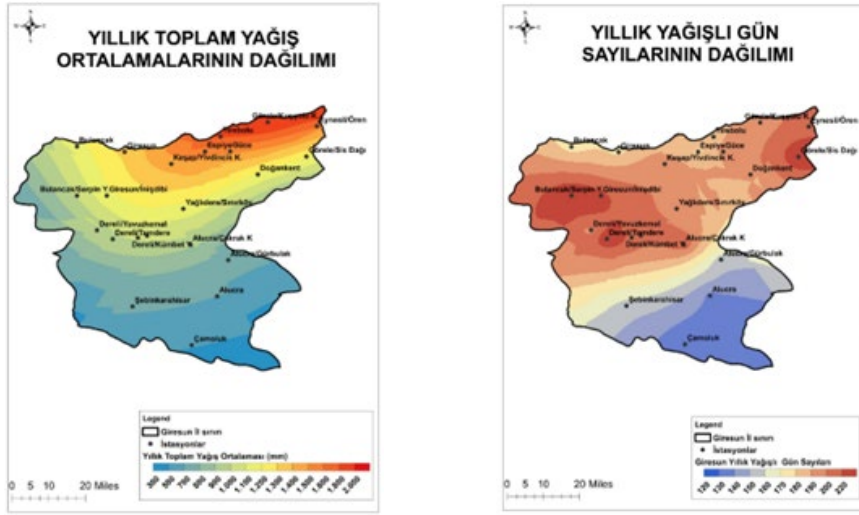
Şekil 4: a) Yıllık Toplam Yağış Ortalamaları

b) Yıllık Toplam Yağışlı Gün Sayısı Ortalamaları

Doğu Karadeniz Havzasında en yüksek miktarda yağış alan dönem sonbahar dönemi (335,2 mm) iken en az miktarda yağış alan dönem yaz dönemidir (192.5 mm). Son 30 yıllık yağışların mevsimlik dağılımına bakıldığında; en fazla yağış azalmasının kış mevsiminde yaşandığı, kış mevsimini sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinin takip ettiği bulunmuştur.

2.2. Giresun Yağış Analizi

Giresun ilinde seçilen 22 Meteoroloji İstasyonunun son 5 yıllık (2018-2022) yağışları, aylık ve saatlik olarak analiz edilmiştir. Harita ve grafikte görüldüğü üzere sahile yakın olan istasyonlarda, iç ve yüksek kesimlerdeki istasyonlara göre daha yüksek miktarda yağışlar ölçülmüştür. Yağışlı gün sayılarının alansal dağılımına göre sahile yakın yüksek kesim istasyonlarda yıllık ortalama yağışlı gün sayısı, iç kesimler ve kıyı istasyonlara göre daha fazladır (Şekil 5a). Şekil 5b’de görüldüğü üzere Görele/Sis Dağı, Bulancak/Serpin Yaylası, Giresun/İnişdibi, Dereli/Tamdere istasyonları en yüksek konumda bulunan istasyonlardır. Bu istasyonlarda yıllık yağışlı gün sayısı ortalama 220 ile en yüksek değere tekabül etmektedir. Giresun’da yıllık ortalama yağış miktarı en yüksek olan meteoroloji istasyonu 2071.1 mm ile Görele/Kuşçulu iken en düşük yağış alan meteoroloji istasyonu 352.4 mm ile Çamoluk istasyonudur (Şekil 6).

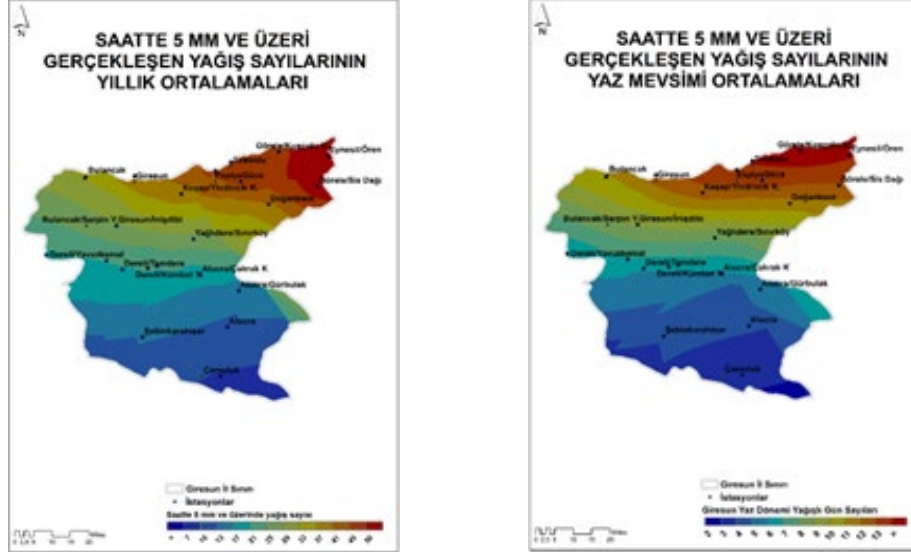


Şekil 5: Giresun a) yıllık ortalama yağış miktarı, b) yıllık yağışlı gün sayıları dağılımı



Şekil 6: Giresun İlinde Yer Alan İstasyonların Yıllık Ortalama Yağış Miktarı

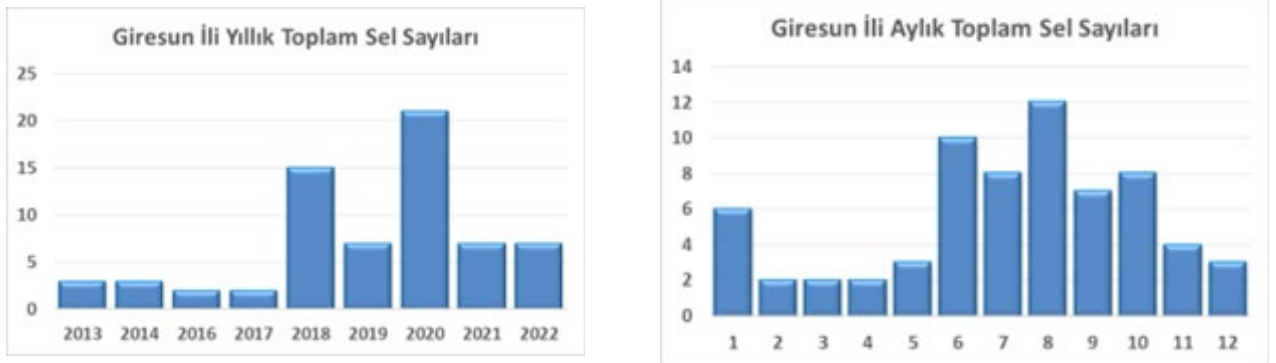
Giresun ilinde saatte 5 mm ve üzeri yağış sayılarının yıllık ortalamaları ile yaz mevsimi ortalamaları yağış ortalamaları ile benzer sonuçlar vermektedir. Kıyı istasyonlardan iç kesimlere gittikçe kuvvetli yağış sayısı azalmaktadır. Yıllık ortalamalar incelendiğinde saatte 5 mm ve üzeri yağış sayısı en fazla Eynesil/Ören ile Görele/Sis Dağı istasyonlarında gerçekleşmiştir. Yaz mevsimi ortalamaları incelendiğinde ise saatte 5 mm ve üzeri yağış sayısı en fazla Eynesil/Ören, Görele/Kuşçulu Köyü ve Tirebolu istasyonlarında gerçekleşmiştir (Şekil 7.a ve Şekil 7.b).



Şekil 7. Giresun saatte 5 mm üzeri gerçekleşen yağış sayılarının dağılımı a) yıllık b) yaz mevsimi

2.3. Giresun İlinde Yaşanan Sel Olayları

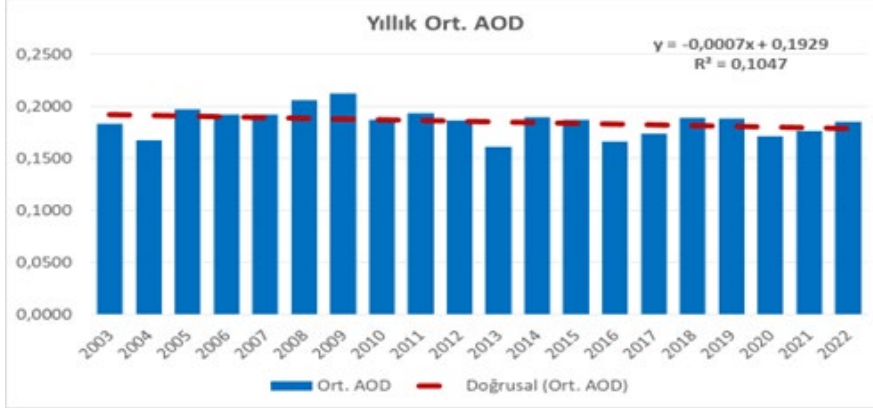
Giresun ilinde son 10 yılda yaşanan sel olaylarının yıllık ve aylık değişimleri Şekil 15.a ve 15.b'de verilmiştir. Şekilde de görüleceği gibi, Giresun'da yaşanan sel olayları son 10 yıllık periyodun ikinci yarısında ilk yarısına göre önemli ölçüde artış göstermiştir. Aylık dağılımlar incelendiğinde ise, özellikle Haziran ayından itibaren Ekim ayna kadar sel olaylarının sayısında önemli artışlar yaşandığı bulunmuştur. Başka bir ifadeyle, en fazla sel olayının yaz mevsiminde yaşandığı, ayrıca sonbahar aylarında da sel olaylarının devam ettiği görülmüştür (Şekil 8).



Şekil 8. 2013-2022 yılları arasında Giresun ilinde yaşanan sel olaylarının a) yıllık, b) aylık dağılımları (Kaynak: MGM)

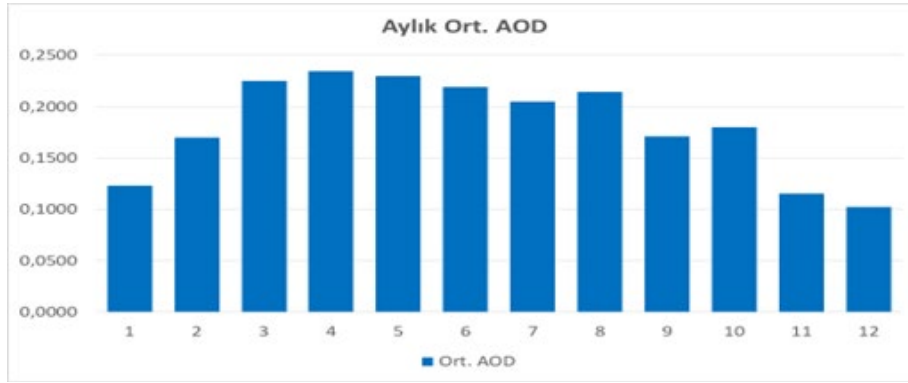
2.4. Doğu Karadeniz Atmosferindeki Aerosollerin (AOD) Analizi

NASA Aqua uydusu üzerinde bulunan MODIS cihazından alınan AOD verileri ile Doğu Karadeniz atmosferindeki aerosollerin yıllık ve aylık değişimleri analiz edilmiş ve yağışlarla ilişkisi incelenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, Doğu Karadeniz üzerindeki aerosol konsantrasyonların yıllar bazında hafif azalma eğiliminde olduğu görülmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Doğu Karadeniz atmosferi yıllık ortalama AOD değişimi

Doğu Karadeniz atmosferindeki aerosollerin aylık dağılımları incelendiğinde, Mart ile Ağustos ayları arasında, aerosol miktarının daha yüksek olduğu, kış aylarında ise aerosol konsantrasyonlarının azaldığı görülmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Doğu Karadeniz atmosferi aylık ortalama AOD değişimi

Giresun Meteoroloji İstasyonu 2003-2022 dönemi kayıtlarında yer alan "Ortalama Aylık Toplam Yağış Miktarları" ve "Ortalama Aylık Toplam Yağışlı Gün Sayılarının", Giresun ve yakın çevresi atmosferinin (39.9 - 42.1 N, 35.9 - 40.1 E) Aerosol Optik Derinliği (AOD) ortalamaları ile ilişkisi analiz edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda; ilkbahar, sonbahar ve kış aylarında hem aylık toplam yağışların hem de aylık yağışlı gün sayılarının atmosferde bulunan aerosollerle anlamlı bir ilişkisinin bulunmadığı görülmüştür. Doğu Karadeniz ve Giresun'da sel ve taşkınların daha fazla yaşandığı yaz ayları için yapılan hesaplamalarda, atmosferde bulunan aerosollerin hem yağış miktarlarıyla hem de yağışlı gün sayılarıyla orta düzeyli ilişkisi tespit edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 2. Giresun Meteoroloji İstasyonu yağışları ile Aerosol Optik Derinliği (AOD) verileri arasında hesaplanan korelasyon katsayıları.

| AOD ile Korelasyon | İlkbahar | Kış | Sonbahar | Yaz |
|--------------------------------------|----------|---------|----------|--------|
| Ort. Aylık Toplam Yağış | 0,0924 | -0,3581 | -0,0203 | 0,4918 |
| Ort. Aylık Toplam Yağışlı Gün Sayısı | -0,0811 | -0,1266 | 0,0501 | 0,4681 |

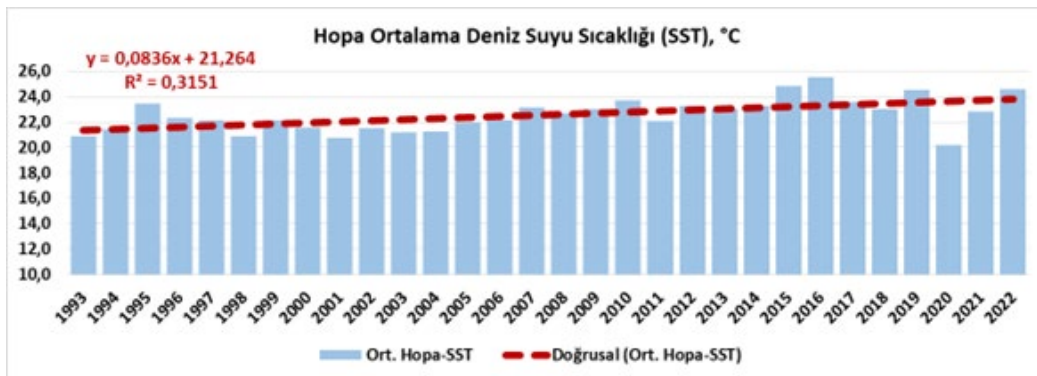
2.5. Doğu Karadeniz Deniz Suyu Sıcaklıklarının (SST) Analizi

Verileri düzenli olan Giresun ve Hopa Meteoroloji İstasyonlarına ait 1993-2022 yılları arası ölçülen Deniz Suyu Sıcaklıkları (SST) ile NASA Aqua uydusu üzerinde bulunan MODIS cihazından alınan deniz yüzeyi sıcaklık verileri analiz edilerek, Doğu Karadeniz deniz suyu sıcaklıklarının yıllık ve aylık değişimleri analiz edilmiş ve yağışlarla ilişkisi incelenmiştir.

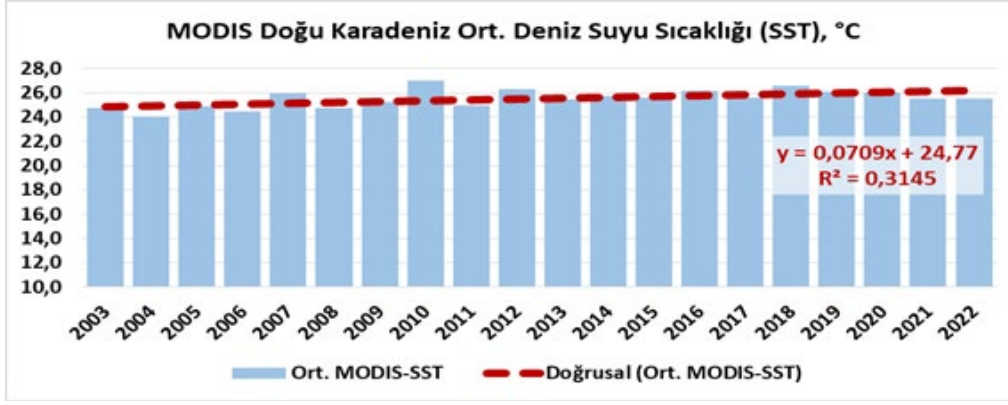
Yapılan hesaplamalara göre Giresun ve Hopa Meteoroloji istasyonlarının deniz suyu sıcaklıklarının yıllar bazında artış gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 11.a ve Şekil 11.b). Giresun istasyonunda son 30 yılda yaz mevsimi deniz suyu sıcaklığındaki artış yaklaşık 4.0 °C'ye ulaşırken, Hopa istasyonunda ölçülen sıcaklıklar 2.5 °C civarında artmıştır. NASA Aqua-MODIS uydusu ile 2003-2022 dönemini kapsayan deniz yüzeyi sıcaklıklarının ölçümlerine göre ise Doğu Karadeniz'in son 20 yılda 1.0 °C'nin üzerinde ısındığı tespit edilmiştir (Şekil.12).



Şekil 11.a Giresun İli Yaz Dönemi Yıllık Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı (SST) Değişimi



Şekil 11.b Hopa İstasyonu Yaz Dönemi Yıllık Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı (SST) Değişimi



Şekil 12. NASA Aqua-MODIS uydusu Doğu Karadeniz Yaz Dönemi Yıllık Ortalama Deniz Suyu Sıcaklıkları (SST) Değişimi

Doğu Karadeniz deniz suyu sıcaklıklarında yaşanan artışın karasal etkilerinin incelenmesi için Giresun Meteoroloji istasyonu 1993-2022 dönemi sıcaklık parametreleri analiz edilmiştir. Giresun'da sel ve taşkınların daha fazla yaşandığı yaz ayları için yapılan hesaplamalarda, Yaz Mevsimi Yıllık Ortalama Hava Sıcaklığının yaklaşık 2.0 °C arttığı görülmüştür. Son 30 yılda yaşanan sıcaklık artışları; Ortalama Maksimum Hava Sıcaklıklarında 2.5 °C, Ortalama Minimum Hava Sıcaklıklarında ise 2.0 °C civarında hesaplanmıştır.

Yaz mevsimi deniz suyu sıcaklıklarının hem yağış miktarlarıyla hem de yağışlı gün sayılarıyla korelasyonları hesaplanmış, ancak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. SST ile ortalama yağış miktarları arasında tüm mevsimlerde anlamlı bir korelasyon hesaplanmazken, yağışlı gün sayıları ile hesaplanan korelasyonlara göre, yaz mevsiminde doğrusal, ilkbahar mevsiminde ise ters yönlü orta düzeyli istatistikler hesaplanmıştır (Tablo 4.)

Tablo 3. Giresun Meteoroloji İstasyonu yağışları ile Deniz Suyu Sıcaklıkları (SST) arasında hesaplanan korelasyon katsayıları.

| SST ile Korelasyon | İlkbahar | Kış | Sonbahar | Yaz |
|--------------------------------------|----------|---------|----------|--------|
| Ort. Aylık Toplam Yağış | -0,0738 | 0,0848 | -0,1719 | 0,1157 |
| Ort. Aylık Toplam Yağışlı Gün Sayısı | -0,5038 | -0,3810 | -0,2106 | 0,4548 |

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Doğu Karadeniz Havzasında seçilen 10 istasyonun verisi ile 1993-2022 periyodu için yapılan hesaplamaya göre; yıllık toplam yağış ortalaması 1000.2 mm olarak bulunmuştur. Yıllık ortalama yağışlı gün sayısı ise 133.7 gün olarak hesaplanmıştır. Yıllar bazında yapılan hesaplamalarda, hem yıllık toplam yağış miktarının hem de yağışlı gün sayılarının azaldığı görülmektedir. Yıllık ortalama yağışlı gün sayısında yaşanan anlamlı azalma eğilimi pearson korelasyon analizi ile desteklenmektedir.

Yapılan mevsimlik analizlere göre, bölgede en fazla yağış kış mevsiminde, en az yağış ise yaz mevsiminde olmaktadır. Yağışlı gün sayıları incelendiğinde ise yağışlı günlerin 39.9 gün ile en çok ilkbaharda yaşandığı, bu mevsimi sırasıyla kış (35.1 gün), sonbahar (31.2) ve yaz (27.4 gün) mevsimlerinin takip ettiği görülmüştür.

Yağışların mevsimlik eğilim analizlerine göre; yıllar bazında mevsimlik toplam yağış miktarlarının yaz mevsimi dışında azalma eğiliminde olduğu, yaz mevsiminde ise hafif bir yağış artışı yaşandığı bulunmuştur. En fazla yağış azalması kış mevsimindedir. Mevsimlik ortalama yağışlı gün sayılarında da, toplam yağışlara benzer şekilde azalma eğilimi göstermektedir. En belirgin azalma eğilimi kış mevsiminde, en düşük azalma trendi yaz mevsiminde hesaplanmıştır.

Giresun ilinde seçilen 22 Meteoroloji İstasyonunun 2018-2022 dönemi saatlik yağış verileri incelendiğinde, kıyı şeridinde ve alçak rakımda bulunan istasyonların yıllık toplam yağışlarının daha yüksek olduğu, iç kesimlerde ve yüksek rakımlarda bulunan istasyonların yağışlarının ise daha düşük olduğu görülmektedir. Giresun ilinin yıllık ortalama yağış miktarı 1044.5 mm' dir. Kış aylarında daha yüksek yağış miktarları ölçülürken, en düşük yağış miktarları yaz aylarında ölçülmektedir. Yağışlı gün sayılarının aylık dağılımı daha homojen olmakla birlikte kış ayları yağışlı gün sayıları diğer aylara göre daha fazla bulunmuştur.

Yağışların gün içindeki dağılımları dikkate alındığında, hava sıcaklığının en yüksek olduğu öğleden sonra ve akşam saatlerinde yağış miktarlarının da yüksek olduğu görülmektedir. Bu dağılım konvektif yağışların ve sel olaylarının daha fazla görüldüğü yaz ve sonbahar aylarında yaşanmaktadır. Kış yağışlarının gün içinde homejen dağıldığı bulunmuştur.

Saatlik yağışlar belirli eşik değerler belirlenerek incelendiğinde; 1 mm ve üzerinde gerçekleşen yağış sayılarının kış aylarında çok daha fazla olmasına rağmen, saatlik 5, 10, 15 ve 20 mm üzerindeki yağışlarda dağılımın değiştiği tespit edilmiştir. Saatlik 5 mm ve üzerinde kayıt edilen yağışlar, sel olaylarının daha fazla yaşandığı yaz ve sonbahar aylarında daha fazla görülmektedir.

Literatürde de belirtildiği gibi, Doğu Karadeniz Havzasında hem en düşük ortalama yağış miktarlarının hem de en az yağışlı gün sayılarının yaz mevsiminde yaşanmasına rağmen, en fazla sel ve taşkın olayı da yaz mevsiminde gerçekleşmektedir.

Giresun ilinde son 10 yılda yaşanan sel olaylarının yıllık ve aylık dağılımları incelendiğinde; 2018 yılından itibaren sel olay sayılarında büyük artış yaşandığı ve sellerin büyük çoğunlukla yaz aylarında gerçekleştiği, sayısal olarak azalmakla birlikte sonbahar aylarında da devam ettiği tespit edilmiştir.

2003-2022 periyodu NASA Aqua-MODIS Aerosol Optik Derinliği (AOD) ölçümlerine göre, Doğu Karadeniz atmosferinde bulunan aerosollerin miktarında yıllar bazında azalma yaşandığı görülmüştür. Aerosollerin aylık dağılımları incelendiğinde, ilkbahar ve yaz aylarında atmosferde daha yoğun aerosol bulunduğu görülmüştür.

Atmosferde bulunan aerosollerin yağışlarla ilişkisinin incelenmesi için yapılan korelasyon hesaplamalarında; yaz ayları dışında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Doğu Karadeniz ve Giresun'da sel ve taşkınlar daha fazla yaşandığı yaz ayları için yapılan korelasyon hesaplamalarında, atmosferde bulunan aerosollerin hem yağış miktarlarıyla hem de yağışlı gün sayılarıyla orta düzeyli ilişkisi tespit edilmiştir.

4. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Türkiye'nin de içinde yer aldığı Doğu Akdeniz Havzası, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) güncel öngörülerine göre iklim değişikliğine en duyarlı alanlardan biridir. IPCC'nin son değerlendirme raporunda iklim değişikliğinin sonucu olarak; sıcak hava dalgaları, şiddetli yağışlar ve kuraklık gibi ekstrem hava olaylarının şiddeti ve sıklığının artacağı belirtilmektedir.

Son yıllarda, Doğu Karadeniz ve Giresun'da yağışlarda yaşanan değişimler, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) içinde yer aldığımız Doğu Akdeniz Havzasında beklenen sıcaklık ve yağış öngörülleri ile uyumludur.

Karadeniz Bölgesinin doğusunda ve Giresun özelinde, yıllık ortalama yağış miktarları ve yağışlı gün sayıları azalmasına rağmen, yaşanan sel olaylarının sayısı ve şiddeti artmaktadır. Özellikle yaz mevsiminde yaşanan sellerin, sayısı azalmasına rağmen sonbahar mevsiminde de devam ettiği görülmektedir.

Yağışlar ile atmosferdeki aerosol miktarı ve deniz suyu sıcaklıkları arasındaki ilişki incelenmiş, sellerin artış gösterdiği periyotta atmosferdeki aerosol miktarlarında önemli bir değişiklik bulunmamıştır. Aerosol miktarında Giresun ve çevresi atmosferinde yıllar bazında zayıf bir azalma eğilimi görülmüş, yaz mevsimi yıllık ortalama yağış miktarları ve yağışlı gün sayıları ile orta düzeyli korelasyonlar hesaplanmıştır. Genel bir değerlendirme olarak, atmosferde bulunan aerosollerin yağışlara olumlu ya da olumsuz bir etkisi bulunmamıştır.

Doğu Karadeniz deniz suyu sıcaklıklarının, özellikle sellerin daha yoğun yaşandığı yaz mevsiminde son 30 yılda 2.5-4.0°C arasında arttığı görülmüştür. Uydu gözlemlerinde de deniz yüzeyi sıcaklıklarında son 20 yılda 1.0°C'nin üzerinde sıcaklık artışı yaşandığı tespit edilmiştir. Deniz suyu sıcaklıklarında yaşanan artışın, Karadeniz'de oluşan alçak basınç merkezlerinin ve konvektif yağışların şiddetini artırdığı değerlendirilmektedir. Deniz suyu sıcaklıklarında görülen artışın bölgedeki yerel şartlarda nem takviyesi artışı ile birlikte özellikle konvektif yağışlardaki gerçekleşen yağış miktarlarında artış olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle yaz aylarında yoğunlaşan kuvvetli yağış miktarlarının olduğu hava olaylarında bölgede yer seviyesinde belirgin bir "Alçak Basınç Merkezi" hareketinin olmadığı daha ziyade yer seviyesi ile üst atmosfer arasındaki şartlar nedeniyle "kararsızlık" kaynaklı yağışlar olduğu gözlemlenmektedir. Normalin üzerindeki deniz suyu sıcaklıkları ise bu kararsız atmosfer koşullarının daha da kuvvetlenmesine neden olmaktadır.

Yukarıda açıklanan nedenlerle, önümüzdeki yıllarda da Karadeniz'in doğusunda sel ve taşkınlara neden olan kuvvetli yağışların daha şiddetli ve sık yaşanması sürpriz olmayacaktır. Deniz suyu sıcaklık artışının yağışlarla olan ilişkisinin daha ayrıntılı incelenmesi yararlı olacaktır.

Çalışmanın devamı için [tıklayınız](#).



METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

www.meteorolojimuh.org.tr

DEPREM SONRASI ŞEHİR YAPILARINDA HAVA KİRLİLİĞİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ



PROF. DR. HÜSEYİN TOROS

İTÜ İklim Bilimi ve Meteoroloji
Mühendisliği Bölümü

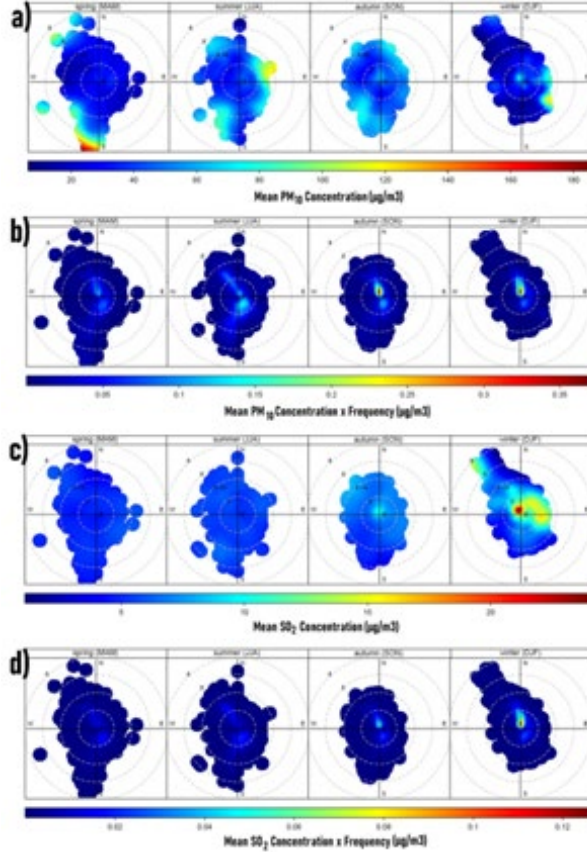


ARŞ. GÖRV. YİĞİTALP KARA

Samsun Üniv. İklim Bilimi ve
Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

Atalarımız bir musibet bin nasihatten evladır demişler. Zaman zaman şehirlerimiz deprem veya sel gibi afetlerle karşı karşıya kalıyor. Can ve mal kayıpları yaşıyoruz. Farkına varmadığımız ve sinsi bir katil olarak isimlendirilen bir afette hava kirliliğidir. Her yıl 7 milyondan fazla insan, hava kirliliği sebebiyle hayatını kaybediyor. İstanbul Teknik Üniversitesi'nden Prof. Dr. Hüseyin Toros, Arş. Gör. Sena Ecem Yakut Şevik ve Samsun Üniversitesi'nden Arş. Gör. Yiğitalp Kara, Adıyaman ilindeki hava kirliliği sorununu incelediler. Çalışma, uluslararası prestijli bir dergide yayımlandı ve detaylı bilgiye [buradan ulaşılabilir] (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-024-12649-4>).

Araştırmacılar çalışmalarında, 2023 Şubat ayında meydana gelen deprem sonrası şehrin yeniden yapılanmasına katkı sağlamak için şehrin havasını değerlendirdiler. Adıyaman'daki hava kirliliği üzerine ilk defa kapsamlı bir araştırma yapıldı. Araştırmacılar, 2018-2022 yılları arasındaki hava kalitesi verilerini incelediler. Araştırma, bölgedeki hava kirliliği sorununun hem doğal hem de insan kaynaklı faktörlerin birleşiminden kaynaklandığını ortaya koydu.



Şekil 1. Mevsimsel ortalama (a) PM10 ve (c) SO2 konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ile hava kirleticilerin rüzgar yönüne göre dağılımını gösteren mevsimsel ortalama (b) PM10 ve (d) SO2 konsantrasyonu*frekans dağılımları. Kara et al. (2024)

Çalışmada Öne Çıkan Bulgular:

- Meteorolojik faktörlerle hava kirleticileri arasındaki ilişki incelenerek, meteorolojik değişkenlerin hava kirletici konsantrasyonları üzerine oldukça fazla etkisinin olduğu gözlemlenmiştir.
 - Rüzgar hızının artmasıyla kirlilik seviyelerinde düşüş gözlemlenirken ($r=-0,35, -0,50$), sıcaklık ile de negatif korelasyon tespit edildi ($r=-0,39, -0,54$).
 - Yüksek basınçlı atmosferik koşullarında PM10 ve SO2 konsantrasyonları sırasıyla %41,2 ve %117,2 oranında artış gösterirken, düşük rüzgarlı günlerde bu oranlar %29,2 ve %53,3 daha yüksek olarak ölçüldü.
 - Çalışma, kış aylarında şehir merkezinde ısınma kaynaklı hava kirliliğinin yüksek olduğunu, ilkbaharda ise taşıma kaynaklı PM10 kirliliğinin arttığını ortaya koydu. Bu durum, bölgedeki hava kirliliğinin **hem doğal hem de insan kaynaklı** faktörlerden etkilendiğini gösterdi.
 - Bölgede anız yakımı gibi tarımsal uygulamaların, özellikle yaz aylarında PM10 seviyelerinin yükselmesine sebebiyet verdiği tespit edilmiştir.
 - Öte yandan çalışmada, doğalgaza geçişin hava kirliliği üzerindeki olumlu etkisi de vurgulandı. Özellikle SO2 seviyelerinde önemli bir düşüş gözlemlendi ve bu durum, fosil yakıtların kullanımının azaltılmasının hava kalitesini artırmada kritik bir rol oynadığını ortaya koydu.
- Adıyaman’da deprem sonrası yeniden yapılanma sürecinde, kentsel gelişim planlarının hava kirliliği faktörlerini göz önünde bulundurarak oluşturulması kritik bir öneme sahiptir. Bu doğrultuda, aşağıdaki önerilerin uygulanması, hem çevresel sürdürülebilirliği hem de halk sağlığını korumada önemli katkılar sağlayacaktır:
- Yeşil yollar, yeşil çatı sistemleri ve yol kenarı yeşil kuşaklar gibi dünya çapında başarılı uygulamalar örnek alınarak kentsel alanlara entegre edilmelidir.

- Dağ ve vadi rüzgarlarının doğal havalandırma sağlaması için sürekli hava sirkülasyonunu destekleyen tasarımlar tercih edilmelidir.
- Bitkiler aracılığıyla hava kirleticilerin emilimini artıran ve kuru çökeltme süreçlerini destekleyen yeşil altyapı çözümleri teşvik edilmelidir.
- Bina konumlandırması ve yerleşim düzeni, hakim rüzgar yönü (Kuzey-Güney) doğrultusunda planlanarak toz taşınımının etkisi en aza indirgenmelidir.
- Kentsel dönüşüm ve çevresel sürdürülebilirlik politikaları, bilimsel veriler doğrultusunda şekillendirilmelidir.

Peki Ne Yapılmalı?

Afetlerden etkilenen bölgelerde yeniden yerleşim planı oluşturulurken, meteorolojik faktörler mutlaka dikkate alınmalıdır. Rüzgar yönü, sıcaklık değişimleri, nem oranı ve hava basıncı gibi meteorolojik değişkenler, bölgedeki hava kalitesini ve yaşam koşullarını doğrudan etkileyebilir. Özellikle toz taşınımı, hava kirliliği ve iklim koşulları göz önünde bulundurularak yerleşim yerlerinin konumlandırılması, sürdürülebilir ve sağlıklı bir şehir planlaması açısından büyük önem taşımaktadır. Binaların hakim rüzgar yönüne göre yerleştirilmesi, doğal havalandırmayı artırarak hava kirliliğinin etkisini azaltabilir. Ayrıca, yeşil altyapı uygulamaları ile hem çevresel hem de iklimsel riskler minimize edilebilir. Bu nedenle, afet sonrası yeniden yapılanma süreçlerinde meteorolojik veriler ışığında bilinçli ve uzun vadeli planlamalar yapılmalıdır.



METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

www.meteorolojimuh.org.tr

TÜRKİYE ULUSAL ENERJİ PLANI (2020-2035 DÖNEMİ)



DR. MURAT DURAK

Meteoroloji Mühendisi
DRES Başkanı
Enerji Komisyonu Üyesi

Giriş

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından Aralık 2022 tarihinde Türkiye Ulusal Enerji açıklanmıştır. Türkiye Ulusal Enerji Planı çalışması, 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun Arz Güvenliği başlıklı 20nci maddesinde yer alan

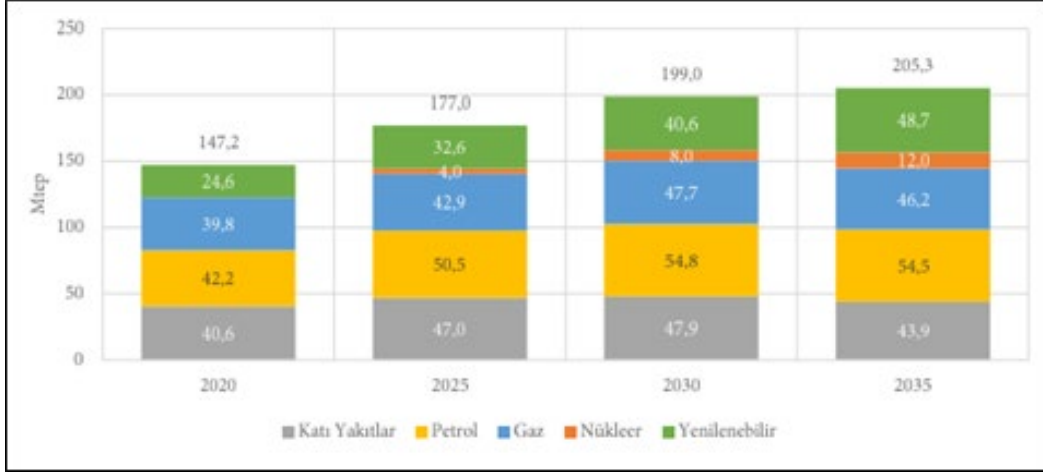
“Uzun dönemli Türkiye Ulusal Enerji Planı” çalışması her beş yılda bir Bakanlık tarafından hazırlanarak yayımlanır” hükmü gereğince hazırlanmıştır. Hazırlanan planda 2035-2053 dönemi öngörülleri de yer almıştır.

Planlamada kullanılan nüfus verileri Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2018-2080 dönemi projeksiyon çalışmasındaki referans değerleri kullanılmıştır. Raporun hazırlanmasında nüfus, ekonomik gelişim, yakıt fiyatları gibi temel göstergeler dikkate alınarak sanayi, mesken, hizmetler, tarım ve ulaştırma sektörlerinde enerji talebini oluşturan sektörel aktivitelerin tahmini yapılmıştır.

Ekonomik büyüme değerleri için T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığının büyüme verileri kullanılmıştır. Türkiye Enerji Modelinde kritik bir öneme sahip olan imalat sanayi alt sektörleri bazında ekonomik katkının gelişimi incelenmiş ve gelişmiş ülkelere kıyasla söz konusu sektörlerin dağılımında kayda değer bir değişim potansiyeli dikkate alınarak detaylı analizlerin yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu çerçevede alt sektör büyüme tahminleri için bazı sektörlerde Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü'nün (OECD) OECD ve OECD dışı ülkeler için yapmış olduğu alt sektörlerle ilişkin tahminleri kullanılmış; bazı sektörlerde ise “Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi” kullanılarak Kıyaslama (Benchmark) analizi yapılmıştır.

Çalışmada 2020 yılından başlayarak 2035 yılında kadar projeksiyonlara yer verilmiştir. Ülkemizin 2020 yılı birincil enerji tüketimi 147,2 Mtep olarak gerçekleşmiştir. 2035 yılına kadar birincil enerji tüketimi 205,3 Mtep'e yükseleceği öngörülmüştür. Ülkemizde 2000-2020 yılları arasında yıllık ortalama %3,1 oranında artış göstermiş olan birincil enerji tüketimi, 2020-2035 yılları arasında %2,2 düzeyinde artacağı modellenmiştir.

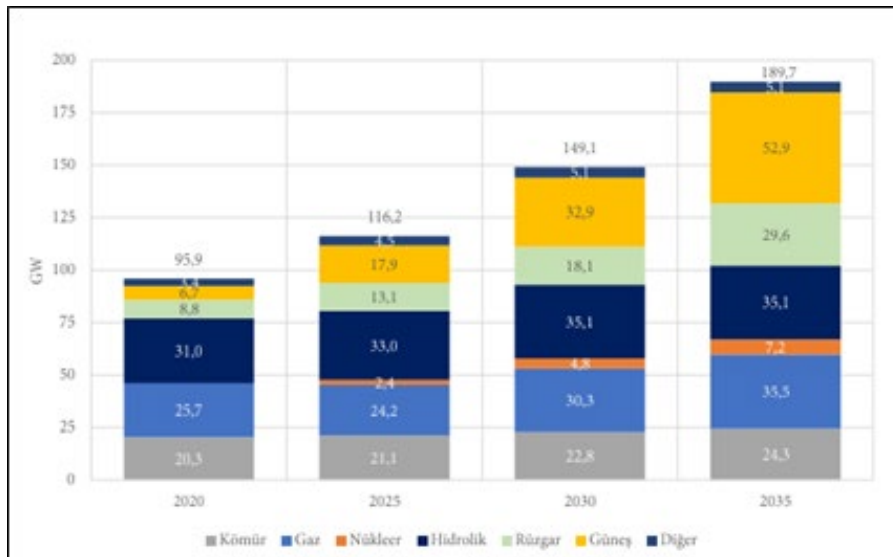
2020 yılında %16,7 olan birincil enerji tüketimi içerisindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının payı 2035 yılında %23,7 olarak projekte edilmiştir. Aşağıdaki Şekil ile 2020 ile 2035 yılları arasındaki katı yakıtlar, petrol, doğal gaz, nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yüzdeleri görülmektedir.



Şekil 1. 2020-2035 yılları arasında enerji kaynaklarının yüzdesi.

Ülkemizin 2035 Yılı Elektrik Kurulu Gücü

2020 yılında 95,9 GW olan elektrik kurulu gücü 2035 yılında 189,7 GW'a çıkacağı hesaplanarak Türkiye Ulusal Enerji Planı'na konulmuştur. 2020 yılında kurulu güç içerisinde %52 olan yenilenebilir enerji kaynaklarının payı 2035 yılına kadar %64,7'ye ulaşacağı planlanmıştır. Hidroelektrik santraller, orta-uzun dönemde 35,1 GW kurulu güç değerine ulaşmaktadır. Jeotermal ve biyokütle elektrik santrallerinin kurulu gücü 5,1 GW'a ulaşmaktadır.



Şekil 2. 2035 yılı elektrik kurulu gücü.

2035 Yılına Kadar Devreye Alınacak Yeni Kapasite ve Hedefler

Ülkemizde 2022 sonu itibarı ile kurulu güç, 102 GW civarındadır. 2035 yılına kadar devreye alınması gereken kapasite 96,9 GW olarak hesaplanmıştır. Beşer yıllık dönemler açısından incelendiğinde; 2025 yılına kadar 21,6 GW; 2026-2030 döneminde 34,3 GW; 2031-2035 döneminde ise 41, GW yeni kapasitenin devreye alınması anlamına gelmektedir. Söz konusu kurulu güç artışının büyük çoğunluğu güneş ve rüzgâr enerjisi olmak üzere, %74,3'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Rüzgâr enerjisi için yıllık yeni kapasite 1,4 GW iken güneş enerjisi için bu değer 3,1 GW'tır.

Türkiye Ulusal Enerji Planına göre, 2020-2035 döneminde;

- Birincil enerji tüketimi 205,3 Mtep'e yükselmekte,
- Elektrik tüketimi 510,4 TWh'a ulaşmakta,
- Elektrik enerjisinin nihai enerji tüketimi içindeki payı %24,9 oranına erişmekte,
- Elektrik kurulu gücü 189,7 GW'a ulaşmaktadır.

Esneklik gereksinimlerinin karşılanabilmesi için;

- Batarya kapasitesi 7,5 GW'a (2 saat dolun süreli),
- Elektrolizör kapasitesi 5,0 GW'a ulaşmaktadır.

Ülkemizin elektrik sisteminde mevcut durumda sahip olduğu ve önümüzdeki dönemde sahip olabileceği imkanlar ve yenilenebilir enerji potansiyeli gözönüne alındığında rüzgar ve güneş enerji kaynaklarının toplam elektrik üretimi içindeki paylarının yükseltilmesi planlanmıştır. Bu kapsamda 2035 yılında kaynaklar bazında kurulu güç;

- Karaüstü rüzgâr enerjisi kurulu gücü 24,6 GW,
- Denizüstü rüzgâr enerjisi kurulu gücü 5 GW,
- Güneş enerjisi kurulu gücü 52,9 GW,
- Hidroelektrik enerji kurulu gücü 35,1 GW,
- Jeotermal ve biyokütle 5,1 GW
- Nükleer enerjide 7,2 GW'a seviyesinde planlanmıştır.

2035 - 2053 Dönemi Öngörülleri

Türkiye Ulusal Enerji Planı'nda 2035 ile 2053 dönemi arasında aşağıdaki projeksiyonlar yapılmıştır:

- Çalışmada TÜİK 2018-2080 dönemi projeksiyon verileri kullanılmıştır.
- Elektrik ve ısı üretimi sektörü için belirlenen emisyon üst sınırı hedefi ve bu doğrultuda seçilen karbon fiyatları çerçevesinde, Türkiye Enerji Modelinde toplam sistem maliyrtini minimize edecek şekilde yeni yatırım kararları alınmakta ve kaynakların kullanımı belirlenmektedir.
- Planlama aşamasında elektrikli araç gelişimi önem arz etmektedir. 2053 net sıfır emisyon hedefine ulaşılabilmesi için elektrikli araç sayısının aşamalı olarak artması gerekmektedir.
- 2020 yılı birincil elektrik tüketimi 147,2 Mtep olarak gerçekleşmiştir. 2000-2020 öneminde yıllık ortalama %3,1 oranında artış göstermiş olan birincil elektrik tüketimi, 2020-2053 döneminde yıllık ortalama %1,5 düzeyinde artmaktadır.
- 2020 yılında 1,7 tep/kışı olan kışı başı birincil enerji tüketimi 2,4 tep/kışı düzeyine çıkmaktadır.
- 2020 yılında %16,7 olan birincil enerji tüketimi içindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının payı 2053 yılına kadar %50'ye yükselmektedir. Nükleer enerji ise %29,3'lük bir paya ulaşmaktadır.

- 2020 yılında %83,3 olan fosil kaynakların payı ise 2053 yılında %20,8 olarak gerçekleşmesi beklenmektedir. Kömürün payı %3,6'ya gerilerken, petrol %5,6, doğal gaz %11,9'e gerilemektedir.
- 2020 yılında 105,5 Mtep olan nihai enerji tüketimi 2053 yılına kadar yıllık ortalama %1,3 oranında artış göstermektedir.

21.10.2024 tarihili toplantıda Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Alparslan Bayraktar, 2035'te rüzgâr ve güneşte 120 bin megavatlık kurulu güce ulaşmayı hedeflediklerini belirterek yarışma modeliyle her yıl 2 bin megavatlık RES ve GES ihalesine çıkacaklarını açıklamıştır.

Kaynak:

TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Ulusal Enerji Planı, Aralık 2022.



METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

www.meteorolojimuh.org.tr

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ GÖLGESİNDEKİ TARIMA BAKIŞ



NAMİK CEYHAN

Meteoroloji Mühendisi &
Tarım ve Orman Komisyonu
Başkanı

Geçen yıl tüm dünya için sıkıntılı ve sancılı bir yıl oldu. O yüzden yaşananlardan ders çıkarmak, önümüzdeki dönem için çok daha anlamlı ve önemli bir hâl alıyor. Tarım ve gıda sektörü açısından 2024 yılı oldukça zor ve öngörülemez bir yıl olarak başta tarım çalışanları olmak üzere herkes için çok zor geçti. Girdi fiyatlarının yüksekliği, olumsuz ve yağışsız bir üretim sezonu ve dahası üretici hububat başta olmak üzere birçok üründe istediği karlılığı sağlayacak bir fiyat politikasını bulamadı. Tarladan sofraya ürünlerdeki fiyat farkı yüzünden dar gelirli pek çok ürünün tadına dahi bakamadı.

Dünya Ekonomik Formu (WEF) Davos'ta her yıl dünya liderleri, uluslararası şirketlerin yöneticileri, akademisyenler ve yardım kuruluşlarının temsilcileri bir araya geliyor. Beş yıl önceki 2020 yılının ana konusu olan iklim değişikliğinden gelir adaletsizliğine çözümler aranmak üzere zirve öncesi hazırlanan Küresel Riskler raporunda "Dünyanın en büyük on riskinin" ilk beşinde çevre ve iklimsel tehditler yer aldı. İşte 10 maddede sıralanan riskler: Olağanüstü hava olayları, iklim değişikliğinin iyileştirilmesi ve uyum çabaları konusunda başarısızlık, biyolojik çeşitlilik kaybı, doğal afetler, insan yapımı çevresel zararlar ve afetler, siber saldırılar, su krizi, küresel yönetim zaafı, bilgi altyapısının çökmesi, devletlerarası çatışmalar. (kaynak: T24.com.tr)



“Dünyanın en büyük 10 riskinin” ilk beşinde iklim değişikliği ve çevresel tehditlerin yer almış olması dikkat çekiciydi. Türkiye, iklim değişikliğinin etkilerini Kuzey Kutbu’ndan sonra en olumsuz yaşayan Akdeniz Kuşağı ülkelerinden biridir. Normal şartlar altında, doğa-iklim değişikliklerinin çok uzun zaman diliminde yani yavaş yavaş ilerlerken son dönemde yaşanan meteorolojik kaynaklı afetlerin sayısı şiddeti ve periyoduna bakıldığında bu süreçlerin daha hızlı şekilde, çok daha kısa sürede değiştiğini söylemeye gerek yok, bunu yaşamaktayız. Gelecekte ortaya çıkabilecek durumlara ilişkin senaryoların Türkiye açısından pek olumlu olmadığını bilim insanları ortaya koyarken, iklim değişikliğinin etkilerini en aza indirebilmek için dillendirilen politikaların hızla hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Bu konuda hazırlanan ve TBMM’ne sunulan İklim Kanunu konusunda başta TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odasının ve TEMA Vakfı başta olmak üzere duyarlı sivil toplum kuruluşlarının görüşlerinin dikkate alınması en büyük dileğimizdir.

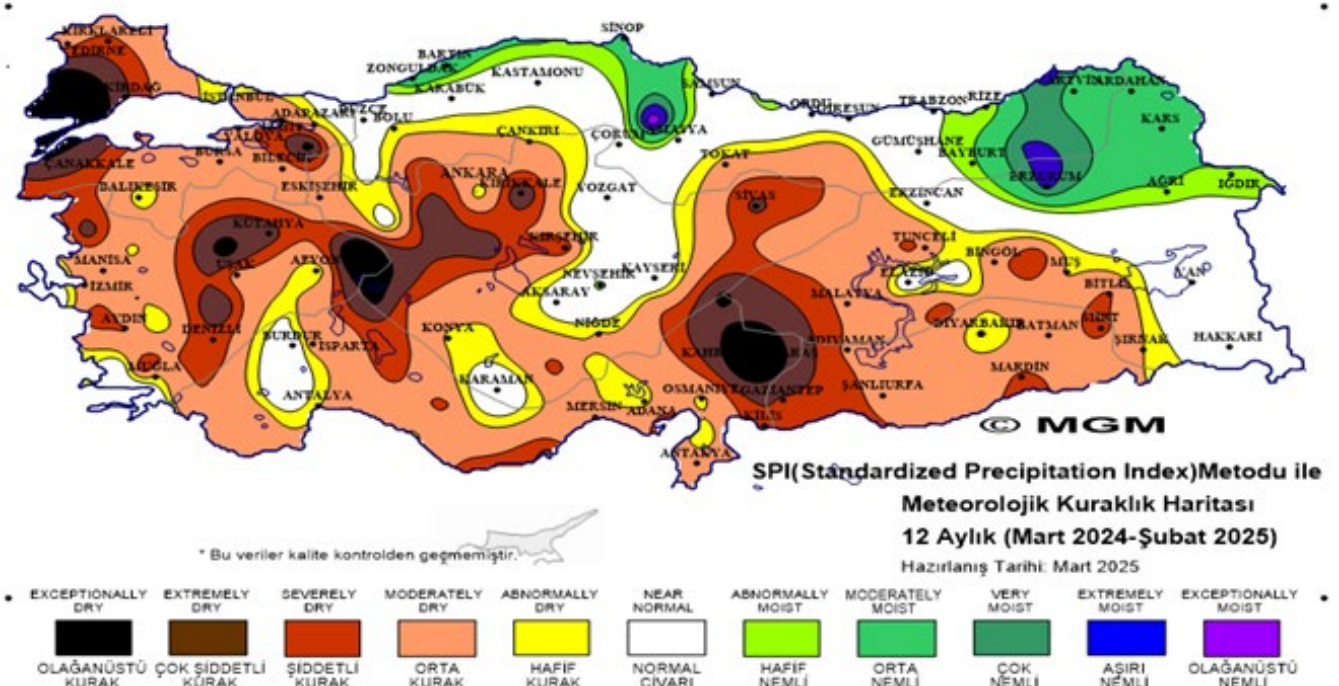
SICAKLIK VE YAĞIŞ İSTATİSTİKLERİ

Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün yayımladığı 2024 yılı sıcaklık ve yağış raporlarına baktığımızda; 2024 yılı 15,6 derecelik ortalama sıcaklık ile son 53 yılın

‘en sıcak yılı’ olarak tarihe geçti. Yine 2024 yılında Türkiye genelinde yağışlar normaline göre yüzde 6,3 oranında azaldı. 2024 yılında Ankara, İstanbul ve İzmir’de de yağışlarda azalma görüldü. En fazla yağış alan il Rize, en az yağış alan il ise Edirne oldu.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 220 istasyondan alınan sıcaklık verilerini uzun yıllar ortalama verileri ile karşılaştırılarak 2024 Yılı Sıcaklık Değerlendirme raporunu tamamladı. Verilere göre Türkiye’nin 2024 yılı ortalama sıcaklığı, 15,6 derece olarak gerçekleşti. Bu değer, 1991-2020 normalinin ortalaması olan 13,9 derecenin, 1,7 derece üzerinde gerçekleşti. 2024 yılı Türkiye ortalama sıcaklığı, 1971-2024 periyoduna bakıldığında, 15,6 derece ile en sıcak yıl olarak tarihe geçti.

Yine, MGM’nin 2024 Türkiye Alansal Yıllık Yağış Değerlendirme Raporu’na göre de 2024 yılında Türkiye genelinde yağışlarda normaline göre yüzde 6,3 oranında azalma gerçekleşti. 1970-2024 yılları arasındaki verilere bakarak yaptığı değerlendirmede ise Türkiye geneli yıllık ortalama toplam yağış miktarı 618,1 mm’dir. 2024 yılında gerçekleşen Türkiye geneli yıllık toplam yağış miktarı ise 537,2 mm olarak ölçüldü. Bölgesel olarak bakıldığında Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgeleri hariç diğer bölgelerde yağışlarda normaline göre azalma gerçekleşti.



2024 yılında üç büyük il Ankara, İstanbul ve İzmir’de yağışlarda normaline göre azaldı. 2024 yılında en fazla yağış alan il, 1869,9 mm ile Rize olurken, bu miktar normalinin yaklaşık yüzde 17 üzerinde oldu. Uzun dönem ortalamalarına göre yağış miktarında en fazla azalma ise yüzde 35 ile Edirne’de gerçekleşti. Kuraklık haritasından da görüleceği üzere yağış azlığı, Karadeniz hariç hemen her bölgede kendini hissettirdi.

(Kaynak:<https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikleri>)

Meteorolojik kuraklık haritası yağış azlığını ve ülkemizin durumunu açıkça ortaya koymaktadır. Bu koşullardan en çok etkilenen tarımsal faaliyetlerle uğraşanlar olmuştur.

TARIMSAL FAALİYETLER

Hepimizin bildiği gibi tarım ürünlerinin gelişiminde suya, toprağa, sıcaklığa, güneş ışığına ihtiyaç vardır. İklim değişikliğiyle su kaynaklarının azalması, sıcaklık artışı, topraktaki verimliliğin azalması doğrudan tarımı etkileyen faktörlerdir. Bu faktörleri kontrol edememek tarım alanında büyük risklere neden olmaktadır.

Tarım çalışanları arasında yaygın olan bir söz vardır: “TARIMDA BİR DİKDATÖR VARDIR: İKLİM.” Siz ne yaparsanız yapın, her şeyi iklim koşullarına göre düzenleyin ancak bir sel, bir fırtına tüm emeği yerle bir edebiliyor. O nedenledir ki iklim değişikliğinin en çok etkilediği sektörlerin başında Tarım gelmektedir. Hâlbuki Tarım geleceğin sigortası konumundadır.

Dünyada sonsuz olmayan yenilenebilir kaynaklara insanoğlu, ihtiyacına göre yüzyıllardır müdahalede bulundu. Ancak sanayi devrimi olarak bildiğimiz son yüzyılda doğal nimetlere ‘hepsini ben kullanayım’ diye haddinden ve hakkından fazla saldırdı, rant uğruna bu nimetleri hoyratça kullandı ve kullanmaya da devam etmekte. Neticede havamızı kirlettik, ormanlarımızı yok ettik, suyumuzu kirlettik, doğal kaynaklarımızı zamanından önce tükettik kısacası doğaya haddimizi aşar müdahalelerde bulunduk. Şimdi dünya bir araya gelerek çare aramakta. Bu durum, dünyanın 30-40 yıl sonraki nüfusu besleyip besleyemeyeceği tartışmasını da beraberinde getirdi. Tüm bunların üstüne bir de iklim değişikliği eklenince kaygılar daha da arttı.



İklim değişikliğinin etkisiyle sağlık, ekonomi, tarım, sanayi üretimi gibi birçok konuda dünya devletleri imkânına göre ekonomik tedbirlerinin yanında yerli üretim potansiyellerini gözden geçirerek, tarımsal tedbirlerini aldıklarını açıklamaktadır. Bunların başında tarımsal ihracatlarını durdurma kararları gelmektedir. Çünkü her ülkenin önceliği kendi vatandaşlarını doyurmak olmaktadır. Ülkemizde de tarımsal tedbirler açıklanıyor, tedbirler alınıyor daha alınacaktır da. Ancak maalesef pek çok tarım ürünlerinde dışa bağımlılığımız ve ithalatımız devam etmektedir. Öte yandan, ekonomik kalkınmamızın ve zor zamanların dermanı ve çaresinin TARIM olduğunun farkına varalım.

Tarım camiasına düşen; doğal kaynaklardan olan toprak, su ve ormanlarımız başta olmak üzere, tarımsal üretim ve gıdada orta vadede baş gösterebilecek ihtiyaçlarımızı karşılamak, sürecin uzaması durumunda alınacak tedbirleri gerçekleriyle ortaya koymaktır. Sadece üreticiler değil tüm paydaşlarıyla üretimden yana taraf olunmalıdır.

Yağış ve sıcaklık verilerindeki sapmalar tabii ki bitkisel üretimi de etkiledi. TÜİK verilerine göre: Bitkisel üretim bir önceki yıla göre tarla ürünlerinde azaldı, meyve ve sebze grubunda arttı. Üretim miktarları, 2024 yılında bir önceki yıla göre tarla ürünleri olan tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerde (yem bitkileri hariç) %5,0 azaldı; sebzelerde %5,6, meyveler, içecek ve baharat bitkilerinde %2,1 oranında arttı. Buna göre, yaklaşık üretim miktarları tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerde 75,5 milyon ton, sebzelerde 33,6 milyon ton, meyveler, içecek ve baharat bitkilerinde ise 28 milyon ton olarak gerçekleşti.

Tahıl ürünleri üretim miktarları 2024 yılında bir önceki yıla göre %7,5 oranında azalarak yaklaşık 39 milyon ton olarak gerçekleşti. Bir önceki yıla göre, buğday üretimi %5,5 oranında azalarak 20,8 milyon ton, arpa üretimi %12,0 oranında azalarak 8,1 milyon

ton, çavdar üretimi %15,7 oranında azalarak 257 bin ton, yulaf üretimi %4,9 oranında azalarak 390 bin ton, mısır üretimi ise %10,0 oranında azalarak 8,1 milyon ton oldu.

Kuru baklagiller grubunda nohut, kuru fasulye ve kırmızı mercimek üretimi sırasıyla 575 bin ton, 279 bin ton ve 405 bin ton oldu. Yumru bitkilerden patates ise bir önceki yıla göre %21,1 oranında artışla 6,9 milyon ton üretildi. Yağlı tohumlardan soya üretimi %30,9 oranında artarak 180 bin ton, ayçiçeği üretimi ise %0,1 oranında azalışla yaklaşık 2,2 milyon ton oldu. Şeker pancarı üretimi %8,9 oranında azalarak 23 milyon ton olarak gerçekleşti.(kaynak: www.tuik.gov.tr)

Buna karşılık en çok ithal edilen ürünler ise sırasıyla Buğday (2,3 milyar dolar), soya fasulyesi (1,5 milyar dolar) ham ayçiçeği yağı (1.1 milyar dolar, Palm yağı (0,6 milyar dolar), Arpa (0,6 milyar dolar) oldu. Bu 5 kalem, toplam tarım ürünleri ithalatın yaklaşık %35,5'ini, yani 3'te 1'inden fazlasını oluşturdu. (kaynak: www.tgdf.org.tr)

Türkiye'nin coğrafi yapısı, iklim çeşitliliği kadar jeopolitik konumu da tarım ve gıda sektörü açısından önemli bir avantaj. Dört saatlik uçuş mesafesinde dünya nüfusunun yüzde 40'ına ulaşabiliyor. 9



trilyon dolarlık dünya tarım ticaretinin 1,9 trilyon dolarlık tarımsal ticaret hacmine sahip bir bölgenin tam ortasında konumlanıyoruz. Eğer tarımsal değerlerimize sahip çıkar ve üretiminden katma değerli şekilde pazarlanmasına kadar doğru bir strateji ortaya koyabilirsek müthiş bir fırsata sahip olduğumuzu görürüz. "Tarımda kendi kendine yeterlilik" ile "yerli ve milli üretim" kavramlarının şaka veya bir slogan olmadığı, gelecek adına zorunlu bir bakış olduğunu anlamamız gerekir. Görünen o ki; Sürdürülebilir şekilde gıda güvenliğini sağlamak

açısından, orta ve uzun vadeli tarım politikalarının gerekliliği daha net şekilde ortaya çıktı. Hem arz-talep-fiyat istikrarı açısından hem de maliyet-satış dengesi yönünden planlama ve sonrasındaki tedarik-değer zincirinin doğru ve etkin işleminin önemi daha iyi anlaşıldı.

Ulusal ya da uluslararası şirketlerin bu tür kriz dönemlerinde izlediği 'ayakta kalma' ve 'krizi fırsata çevirme' yaklaşımının önlenmesi ile birlikte tarımda küçük aile çiftçiliğinin kıymeti ve önemi daha da fark edildi.

Gıda üretimi için tarım sektöründe üretimin devamlılığı şarttır, üretim zincirinin kırılmaması gerekir. Bunun için tarımsal üretimde insan gücü, tarımsal girdiler ve tarımsal destekler önemlidir. Burada dikkat çekilmesi gereken bir konu da Türkiye, dünya geneline bakıldığı zaman 86 milyon nüfusla 33 yaş ortalaması ile genç bir ülkedir. Tarımın ihmali veya üvey evlat muamelesi ile son yıllarda üretim alanlarında yaş ortalaması hızla yükselmiş ve 55'i bulmuştur. Bu tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini ve aile işletmeciliğini tehdit etmektedir. Tedbir alınmalıdır. Tarımda üretim zincirinin kırılmaması, sürdürülebilirliğin sağlanması ve pişmanlıklar yaşamamak için tedbirler başta alınmalıdır. Zora düşmeden yerli ve milli üretimle gıda güvenliğinin sağlandığı kendi kendine yetebilen konuma gelebilir miyiz? Kesinlikle geliriz. Yeter ki "Ekonomik kalkınmamızın temelini tarım olduğunun farkına varalım."

Değişen iklim koşulları ekin çeşitleri, yabancı otlar ve haşereler ile tozlaştırıcılarda meydana gelebilecek değişimler gibi parametrelerde önümüze olağandan farklı bir seyir sergilemekte; iklim değişikliği ve sıcaklık artışının tarımsal üretimdeki etkileri, gıda güvenliğini etkileyen ekonomik ve sosyal sonuçlara dönüşmektedir. Bu durumdan en az etkilenmek için üretim planlaması ile ülkemizin kendine yetecek ve üzerine ticaret yapacağı tarımsal üretimi gerçekleştirmeli; bitkisel üretimde üretici menfaatleri göz önüne alınarak yeni destekleme modeli ve üretim planlamasını bir an önce hayata geçirmeliyiz.

2022 yılında büyük krize giren ve hala toparlanamayan hayvancılık ayağa kaldırılmalıdır. Et ve süt ürünlerinde çözüm ithalat kozu asla olmamalıdır. Boşalan ahır ve meralar doldurulmalı, hayvancılık işletmelerinin önünü görebileceği üretim destekleme programlarını hayata geçirmeliyiz.



Türk tarımının geleceği ile ilgili yapılmış ve yapılacak politikalar popülist bir söylem olarak mı kalacak, yoksa iyi analiz edilmiş bu yüzyılın üretim gerçeklerine ve dünyada oluşan baş döndürücü gelişmelerine göre planlamalarımızı yapıp hedef mi belirleyeceğiz?

Artan nüfusumuzun temel gıda ihtiyaçlarına cevap verebilecek, dünya ile rekabet edilebilecek fiyatlarda ürün elde edebilen, üreticisini, esnafını, sanayicisini ve tüketicisini memnun edebilen destekleme, üretim ve gıda güvenliği politikalarımızı belirleyen kapsamlı bir çalışma mı olacak? Bekleyip göreceğiz!

Sonuç olarak diyebilirim ki; İçinde bulunduğumuz çağda tüm canlıları etkileyen birçok çevre sorunu ile yüzleşsek de bunların belki de en önemlisi iklim değişimidir. Özellikle artan gıda ihtiyacını karşılayabilmek için arttırmak zorunda olduğumuz gıda üretiminde verimli tarım topraklarına ve tarım çalışanlarına ihtiyacımız vardır. Hem iklim değişikliğinin hem de Enflasyonist baskıların gölgesindeki tarımsal girdilerin tedariki yönünde üreticilerimizin güçlendirilmesi ve desteklenmesi gerekir.



METEOROLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

www.meteorolojimuh.org.tr

Bütün sayılarımıza ulaşmak için tıklayınız.

meteorolojimuh.org.tr/yayinlar/

