



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**HAVA KİRLETİCİLERİNDEN
KARBONDİOKSİTİN EKMEKLİK BUĞDAY
ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Busenur KÖPÜKLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Temmuz-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Busenur KÖPÜKLÜ tarafından hazırlanan “Hava Kirleticilerinden Karbondioksitin Ekmeklik Buğday Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Kubilay Kurtuluş BAŞTAŞ

Danışman

Doç. Dr. Fatma KUNT

Üye

Prof. Dr. Ali TOR

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Şerife Yurdağül KUMCU
FBE Müdürü

Bu tez çalışması NEÜ BAP tarafından 23YL19001 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Busenur KÖPÜKLÜ

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAVA KİRLİTİCİLERİNDEN KARBONDİOKSİTİN EKMEKLİK BUĞDAY ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Busenur KÖPÜKLÜ

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatma KUNT

2024, 73

Jüri

Doç. Dr. Fatma KUNT

Prof. Dr. Ali TOR

Prof. Dr. Kubilay Kurtuluş BAŞTAŞ

Hava kirliliği geçmişten günümüze giderek artan bir problem haline gelmiştir. Özellikle son yıllarda artan nüfusla birlikte gelişen sanayi, ısınma ihtiyacı ve yoğun taşıt trafiği bu sorunu daha da arttırmıştır. Hava kirlleticilerinin yoğun olduğu bölgelerde bitki türleri ve dolayısıyla da çevre sağlığı olumsuz etkilenmektedir. Özellikle sanayinin gelişmiş olduğu ve nüfusun her geçen yıl arttığı Konya ilinde hava kirliliğinin tarım üzerine etkilerini belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için Konya’da en çok yetiştirilen ekmeçlik buğday (Taner) bitkisi tercih edilmiştir. Konya Bahri Dağdaş Uluslararası Tarım Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden temin edilen “Taner Ekmeçlik Buğday” türü elde edilen hava kirliliği kirleticilerinden CO₂ gazına deney düzenegi içerisinde maruz bırakılmıştır. Çalışmada tohumlar ile çimlenen buğdayların kirliliğe tepkileri araştırılmıştır. Hava kirliliğine maruz bırakılan ve maruz bırakılmayan buğdaylar besin haline getirilerek sirke sineklerinin (*Drosophila melanogaster*) beslenme ortamına eklenip; canlıların gelişim süreleri ve yaşam-ölüm oranları gözlemlenmiştir. Araştırmanın sonucuna göre hava kirliticilerinden CO₂ gazına maruz kalan buğdaylar ile temiz havadaki buğdayların toplam ağırlıkları karşılaştırıldığında temiz havaya göre yaklaşık %19 oranında azalma olduğu belirlendi. Tohum halindeyken CO₂ gazına maruz kalan buğdayların toplam ağırlığının diğerlerine göre sırasıyla yaklaşık %92 ve %94 oranlarında azaldığı belirlendi. Ayrıca diğer gruplar ile karşılaştırıldığında tohum halindeyken CO₂’e maruz kalan buğdayların boy oranlarının kısaldığı gözlemlenmiştir. Yine model canlıların gelişim evrelerinde yaşama oranları kontrole ve temiz havada yetişen besinle beslenen canlılara göre %20-%40 oranında azalmıştır. Hava kirliliğine maruz kalan besinlerle beslenen canlıların gelişim süreleri diğerlerine göre 1-2 gün uzamıştır. Sonuçta yüksek konsantrasyonlarda CO₂ gazı buğdayların gelişimini ve besin kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Anahtar Kelimeler: bitkiler, buğday, CO₂, hava kirliliği, iklim değişikliği, Konya, tarım, tohumlar

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINING THE EFFECTS OF CARBON DIOXIDE AMONG AIR POLLUTANTS BREAD WHEAT

Busenur KÖPÜKLÜ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

Advisor: Assoc. Prof. Fatma KUNT

2024, 73

**Jury
Assoc. Prof. Fatma KUNT
Prof. Ali TOR
Prof. Kubilay Kurtuluş BAŞTAŞ**

Air pollution has become an increasing problem from past to present. Especially in recent years, with the increasing population, the developing industry, the need for heating and heavy vehicle traffic have further increased this problem. In regions where air pollutants are concentrated, plant species and therefore environmental health are negatively affected. It is aimed to determine the effects of air pollution on agriculture, especially in Konya province, where the industry is developed and the population increases every year. For this, the bread wheat (Taner) plant, which is the most grown in Konya, was preferred. "Taner Bread Wheat" type, obtained from Konya Bahri Dağdaş International Agricultural Research Institute Directorate, was exposed to CO₂ gas, one of the air pollution pollutants, in the experimental setup. In the study, the reactions of seeds and germinating wheat to pollution were investigated. Wheat exposed and unexposed to air pollution is turned into food and added to the feeding environment of white cure larvae (*Drosophila melanogaster*); According to the results of the research, when the total weights of wheat exposed to CO₂ gas, an air pollutant, were compared with those in clean air, it was determined that there was a decrease of approximately 19% compared to clean air. It was determined that the total weight of wheat exposed to CO₂ gas while seed was reduced by approximately 92% and 94%, respectively, compared to others. In addition, it was observed that the height ratios of wheat exposed to CO₂ in the seed state were shortened compared to other groups. Again, the survival rate of model creatures in their developmental stages decreased by 20%-40% compared to the control and creatures fed with food grown in fresh air. The development period of creatures fed with foods exposed to air pollution is 1-2 days longer than others. As a result, high concentrations of CO₂ gas negatively affect the development and nutritional quality of wheat.

Keywords: air pollution, agriculture, climate change, CO₂, Konya, plants, seeds, wheat

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana ilham verdiği, tecrübelerini paylaşıp beni motive ettiği, her zaman destek olduğu, her açıdan daha iyi olmam için beni yönlendirdiği ve akademik çalışmaların önemini anlamamı sağladığı için çok değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Fatma Kunt'a teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmam boyunca gerek yazı aşamasında gerekse laboratuvar çalışmalarında beni motive edip, destek olan ve yol gösteren değerli hocam Sayın Doç. Dr. Eda Güneş'e teşekkür ederim.

Ayrıca desteklerini her zaman hissettiğim çok değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Busenur KÖPÜKLÜ
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Dünyada ve Türkiye’de İklim Değişikliği	4
2.2. Hava Kirliliği	6
2.2.1. Havanın Yapısı	9
2.2.2. Hava Kirleticisi Kaynakları	9
2.2.2.1. Doğal Kaynaklı Kirleticiler	10
2.2.2.2. Yapay Kaynaklı Kirleticiler	10
2.2.3. Hava Kirleticisi Çeşitleri	12
2.2.4. Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri	15
2.2.5. Hava Kirliliğinin Tarıma Etkileri	16
2.3. Türkiye’de Buğday Yetiştiriciliği	20
2.4. Konya İli Hakkında Genel Bilgiler	26
2.4.1. Konya İlinin Coğrafi Konumu ve Topoğrafyası	26
2.4.2. Konya İlinin İklimi	27
2.4.3. Konya İlinin Meteorolojik Koşulları	28
2.4.4. Konya İlinde Hava Kirliliği	30
2.4.5. Konya İlinde İklim Değişikliği ve Buğday Tarımı	32
3. MATERYAL VE METOT	37
3.1. Materyal	37
3.2. Metot	40
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	50
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	53
5.1 Sonuçlar	53
5.2 Öneriler	54
6. KAYNAKLAR	55

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Ar	Argon
°C	Santigrat Celsius Derece
C	Karbon
C ₃	Bitki Sınıflandırması
C ₄	Bitki Sınıflandırması
CH ₄	Metan
cm	Santimentre
CO	Karbon Monoksit
CO ₂	Karbon Dioksit
g	Gram
H ₂	Hidrojen Gazı
HC	Hidrokarbonlar
He	Helyum
HF	Hidrojen Florit
H ₂ O	Su
HNO ₃	Nitrik Asit
H ₂ SO ₄	Sülfirik Asit
kg	Kilogram
kg/da	Kilometre/Parsel
km	Kilometre
Kr	Kripton
m	Metre
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
mbar	Milibar
mm	Milimetre
ml	Mililitre
m/s	Metre/Saniye
µg/m ³	Mikrogram/Metreküp
N ₂	Azot Gazı
Ne	Neon
NO _x	Azot Oksitler
N ₂ O	Diazot Monoksit
NO ₂	Azot Dioksit
NO ⁻²	Nitrit
NO ⁻³	Nitrat
O ₃	Ozon
Pb	Kurşun
PM	Partikül Madde
PM _{2,5}	Partikül Madde (2.5 mm)
PM ₁₀	Partikül Madde (10 mm)
ppm	Parts Per Million (milyonda bir)
S	Kükürt

SO ₂	Kükürt Dioksit
SO ₄ ⁻²	Sülfat
Xe	Ksenon

Kısaltmalar

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AQI	Hava Kalitesi İndeksi
BM	Birleşmiş Milletler
EPA	Çevre Koruma Ajansı
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
KOAH	Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
HEAL	Sağlık ve Çevre İttifakı
HKİ	Hava Kalitesi İndeksi
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
NCP	Kuzey Çin Ovası
PAH	Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
PAN	Peroksi Asetil Nitrat
SKC	Sertlik
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1: Volkanik patlama fotoğrafı (URL 8).....	10
Şekil 2. 2: Hindistan Yeni Delhi (URL 9)	11
Şekil 2. 3: Endüstriyel hava kirliliğine örnek (URL 10).....	12
Şekil 2. 4: 2009-2019 yılları arasında Türkiye’deki CO değişimleri (Güzel ve ark., 2022; OECD Statistics 2022’den uyarlanmıştır)	14
Şekil 2. 5: SO ₂ ’ye maruz kalan ahududu bitkisinde akut etki (Gheorghe ve ark., 2011)18	
Şekil 2. 6: Bereketli Hilal (URL 15).....	20
Şekil 2. 7: Dünyada buğday ekim alanlarının ülkelere göre oranları (Kuşçu, 2021)	22
Şekil 2. 8: Ülkelerin buğday üretim oranları (Kuşçu, 2021)	23
Şekil 2. 9: Türkiye’de buğday üretim bölgeleri (URL 15)	24
Şekil 2. 10: Konya’da buğday tarımı (URL 11)	25
Şekil 2. 11: Çiftçilerin buğday tarımındaki toprak tercihleri (Akman ve ark., 2011)	26
Şekil 2. 12: Konya ilinin Türkiye haritasından yeri (URL 5) ve Konya fiziki il haritası (dağlar ve göller) (URL 6).....	27
Şekil 2. 13: Mauno Lao İstasyonu’nda (Havai) 2007-2019 yıllarındaki CO ₂ konsantrasyonu artışı (URL 16).....	32
Şekil 2. 14: Akdeniz Havzası haritası (URL 17)	33
Şekil 2. 15: Türkiye’de tahıl çeşitleri ve ekim alanları (%) (Kuşçu, 2021).....	34
Şekil 2. 16: Türkiye’de buğday ekim alanları (Kuşçu, 2021).....	35
Şekil 2. 17: Şahin/Konya’da bir buğday tarlası (URL18)	36
Şekil 3. 1: 2012 ve 2018 yıllarında Konya ilindeki tarım arazilerinin haritası (Selçuk ve ark., 2021).....	37
Şekil 3. 2: Taner ekmeklik buğdayın tohum hali (URL 25)	38
Şekil 3. 3: Buğdayın gelişim aşamaları ve ihtiyaç duyduğu sıcaklıklar ((URL 21)	39
Şekil 3. 4: Taner ekmeklik buğdayın başaklanmış hali (URL 25).....	39
Şekil 3. 5: Buğday tohumlarının filizlenme aşaması	41
Şekil 3. 6: Kenevir lifinde çimlenme aşamasındaki buğdaylar	42
Şekil 3. 7: IAQ-CALC™ Indoor Air Quality Meter Model 7545 cihazı.....	42
Şekil 3. 8: Deney kabininin boş hali	43
Şekil 3. 9: Deney kabini içerisinde A4 kağıdı yakıldıktan sonra CO ₂ oranı ölçüldü	44
Şekil 3. 10: Çimlendirilen ve tohum halindeki buğdaylar	45
Şekil 3. 11: Deney kabini içerisinde hava kirliliğine maruz bırakılan buğdaylar ve ortamdaki CO ₂ gazının ölçülme anı	45
Şekil 3. 12: Buğdayların çimlenme sonrası	47
Şekil 3. 13: Buğdayların çimlenme sonrası (hava kirliliğine maruz bırakıldı).....	48
Şekil 3. 14: Buğdayların besin haline getirildikten sonra model canlıının beslenme ortamına eklenmesi anı	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1: Ulusal Hava Kalitesi İndeksi (URL 2)	7
Çizelge 2. 2 : İndeks hesaplanan parametrelerin sınır değerleri (URL 3)	7
Çizelge 2. 3: Hava Kalitesi İndeksi skalasında belirtilen kategoriler (Kara, 2016).....	8
Çizelge 2. 4: Kuru hava bileşimi ve konsantrasyonları (Aydınlar ve ark., 2009)	9
Çizelge 2. 5: Dış ve iç ortam hava kirleticileri (Uyanık, 2023).....	12
Çizelge 2. 6: Santrallerden kaynaklı hava kirliliğinin sağlık etkileri ve hastalık yükü (Güzel ve ark., 2022)	15
Çizelge 2. 7: Kapalı ortam hava kirleticileri sağlık etkileri ve kaynakları (Sağlık Bakanlığı 2010)	16
Çizelge 2. 8: Dünya’da yıllara göre tahıl üretim miktarları (milyon ton) (Kuşçu, 2021)	21
Çizelge 2. 9: Konya’da 1929-2022 yılları arasında mevsim normallikleri (URL 4).....	28
Çizelge 2. 10: Konya ve Türkiye’de 2023 yılının nüfus bilgileri (URL 7)	29
Çizelge 2. 11: Konya ilçelerinin 2023 yılındaki nüfusları (URL 24)	29
Çizelge 2. 12: Konya ilinde hava kirliliği etkenleri.....	31
Çizelge 2. 13: Hava kirliliği indeksi hesaplanan parametrelerin sınır değerleri (URL 5)	31
Çizelge 2. 14: Konya’da trafikten kaynaklı hava kirleticileri emisyonlarının özet tablosu	32
Çizelge 3. 1: Taner ekmeçlik buğdayın özellikleri (URL 25)	38
Çizelge 3. 2: CO ₂ gazına maruz bırakılan buğdayların ppm miktarı ve maruz kalma süreleri	44
Çizelge 3. 3: CO ₂ gazına maruz bırakılan buğdayların ppm miktarı ve maruz kalma süreleri	46
Çizelge 3. 4: Buğdayın hava kirliliğine maruz kaldıktan sonraki ortalama boyları ve ağırlıkları.....	46
Çizelge 3. 5: Buğdayın tohum halindeyken hava kirliliğine maruz kaldıktan sonra yetiştirilmiş hallerinin ortalama boyları ve toplam ağırlıkları	47
Çizelge 4. 1: Deneme deseni böceğin beslenme ortamına eklenen buğdaylara göre model canlının yaşama oranları ve gelişme süreleri arasındaki değişim.....	51

1. GİRİŞ

Sanayi devriminden bu zamana kadar artan antropojenik faaliyetlerle birlikte dünyada sera gazı emisyonlarının etkisi de artmıştır. Özellikle hava kirliliği son yıllarda önemli bir çevre sorunu olarak görülmektedir. İnsan faaliyetleri sonucunda atmosfere yayılan başlıca hava kirleticileri; partikül madde (PM), azot oksitler (NO_x), kükürt dioksit (SO_2), karbon monoksit (CO) ve hidrokarbonlardır (HC) (Uğurlu, 2021). Meteorolojik koşullar ile topoğrafya özelliklerine bakıldığında hava kirliliğinin olumsuz etkileri bazı şehirlerde bu etkenlere bağlı olarak daha yoğun gözlemlenmektedir. Hava kirliliği fosil yakıtların çokça kullanıldığı kış dönemlerinde de yoğun olmaktadır. Hava kalitesinin izlenmesi sonucunda Türkiye’de hava kirleticilerinden SO_2 , NO_2 , CO, CO_2 , $\text{PM}_{2.5}$ ve PM_{10} ’un kış aylarında sınır değerlerin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Petrol ve kömür gibi fosil yakıtların kullanılması hava kirliliğinin en önemli sebeplerinden biri olarak gösterilmektedir. Enerji elde etmek için kullanılan fosil yakıtların yanı sıra orman yangınları gibi doğal olaylar sonucunda da hava kirliliği oluşabilmektedir. Türkiye’de Ankara, İstanbul, İzmir, Konya, Erzurum gibi birçok şehirde fosil yakıtların yakılması hava kirliliğinin en önemli sebebi olarak gösterilmektedir (Çiftçi ve ark., 2013). 20. yüzyılın sonlarına doğru CO_2 , CO ve diğer sera gazlarının etkisiyle ozon tabakasının incilmesi, asit yağmurlarının artması dünya çapında daha da gözle görülür hale gelmiştir (Uğurlu, 2021). Türkiye’deki hava kirliliğinin en önemli sebeplerinden biri olarak nüfus artışı gösterilmektedir. Kömür gibi fosil yakıtların ısınma amacıyla kullanılması sonucunda yayılan emisyonlar özellikle kış aylarında etkilerini daha yoğun göstermektedir. Yakıtların yüksek konsantrasyonlarda kükürt (S) içermesi ve yanma reaksiyonun tam olmaması sonucunda kirletici potansiyeli yükselmektedir. Bazı şehirlerde diğerlerine göre hava kirliliği daha yoğun olarak gözlemlenmektedir. Bunun sebebi şehirlerin coğrafi konumları, topoğrafyası ve meteorolojik koşullarıdır. Özellikle sanayisi gelişmiş ve taşıt yoğunluğu olan illerde bu etmenlerin etkisi daha gözlenebilir olmaktadır. Şehirlerdeki yeşil alanların yeterince bulunmaması kirliliğin çökmesine ve etkilerinin belirgin olmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple şehirleşme ve sanayi bölgelerinin konumlandırılmasının özellikle günümüzde daha planlı ve bilinçli gerçekleşmesi gerekmektedir (Çiftçi ve ark., 2013). Sanayi devriminden sonra insanlar yaşam alanlarında büyük değişiklikler yapmışlardır. Bu tarz değişiklikler zamanla çevre kirliliği problemini ortaya çıkarmıştır. Bu durum iklimin de değişmesine sebep olmuştur (Çobanyıldız, 2016).

Endüstriyel faaliyetlerin yanında nüfus artışıyla birlikte artan araç sayısı da hava kalitesini olumsuz etkilemekte, her türlü araçlardan yayılan egzoz gazları atmosferde yoğunlaşmaktadır. EPA (Çevre Koruma Ajansı) verilerine göre ülkelerin ekonomik büyümesiyle birlikte artan hava kirliliği ile buna bağlı ölümler olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda ekonomisi büyüyen ülkelerin çevreyi daha çok kirlettikleri de düşünülmektedir (Yılmaz, 2021).

Dünya Sağlık Örgütü’nün (WHO) verilerine göre Avrupa’da hava kirliliğinin en yüksek olduğu 10 şehirden 8 tanesi Türkiye’dedir. *Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri: Kara Raporu*’na göre; Türkiye’de hava kirliliğinin WHO’nun önerdiği seviyelere indirilmesiyle önlenebilecek can kayıplarına odaklanılmıştır. Raporu göre, 2017’de yaşanan 30 yaş üstü toplam 399 bin ölümün (kazalar/dışsal yaralanmalar hariç) 51 bin 574’ünün hava kirliliğinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Kalkış, 2021). Hava kirliliği insanlarda akciğer kanseri, nefes darlığı, kalp hastalıkları, kan zehirlenmesi ve suç işlemeye eğilimin artması gibi hastalıklara neden olmaktadır. Bu sebeple hava kirliliği insan sağlığı açısından çok önemli bir yere sahiptir (Çakır, 2022). Hava kirliliği yalnızca

insan sağlığını değil, temiz su kaynakları, biyolojik çeşitlilik ve bitki örtüsünü de olumsuz etkilemektedir. Tüm bu olumsuzlukların yanı sıra hava kirliliğinin tarım üzerine de etkileri vardır. Kentsel, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan hava kirlleticilerinin bitkiler üzerindeki olumsuz etkileri ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin bu çalışmalarda hava kirliliğinin bitkilerin gelişiminde ve fotosentez gibi önemli aktivitelerindeki deformasyonları belirtilmiştir (Kunt ve ark., 2023).

Hava kirliliği gıda güvenliğini riske atmanın yanında, geçimini topraktan sağlayan insanların hayatını zorlaştırmaktadır (Akalin, 2014). Gelecekte olası bir gıda krizi ile karşı karşıya kalınması durumunda ekonomik, sosyal ve politik alanlarda çok daha büyük sorunların oluşabileceği düşünölmektedir (Kurukulasuriya ve ark., 2003). Özellikle buğday bitkisinin insan beslenmesinde dünya çapında çok önemli bir yeri vardır ve stratejik bir ürün olarak kabul edilmektedir. Buğdaydan ekmek, bulgur, makarna ve nişasta gibi önemli besinler üretilebilmektedir. Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum L.*), yıllık yaklaşık 700 milyon ton üretimiyle en önemli üç temel ürün arasında yer almaktadır (Bektaş, 2015).

Bu tez çalışmasında buğdayın tüm dünyadaki önemi ve stratejik konumu göz önünde bulundurularak hava kirliliği ile ilişkisi araştırılmıştır. Çalışma alanı olarak belirlenen Konya ili konumu, nüfusu, ticari yolları, sanayisi ve yüzölçümü açısından trafiğin yoğun olduğu illerden biridir. Bu sebeple Konya'daki yoğun hava kirliliğinin sebebi olarak sanayi bölgeleri ve trafik nedeniyle oluşan emisyonlar gösterilebilir (Uyanık, 2023). Ayrıca Türkiye'de yetiştirilen buğdayların büyük bir kısmı Konya ilindeki tarım arazilerinde gerçekleşmektedir. Seçilen buğday türü kışlık ekmeklik buğday olup (*Triticum aestivum L.*) eşidi Taner ekmeklik buğdaydır. Kış aylarında Konya'da hava kirliliğinin yoğun gözlemlenmesi ve Taner ekmeklik buğdayın kış şartlarına dirençli olması sebebiyle tercih edilmiştir. Buğday hava kirliticilerinden CO₂ gazına belirli periyot ve konsantrasyonlarda maruz bırakılmış ve büyüme-gelişmesi gözlemlenmiştir. Ayrıca buğdaylar besin haline getirilip sirke sineklerinin (*Drosophila melanogaster*) beslenme ortamına konulmuştur. Ardından hava kirliliğine maruz bırakılan canlıların yaşam-ölüm oranları gözlemlenmiştir. Çalışmada buğdayın hava kirliliği ile ilişkisi ve besin olarak alınması halinde canlı yaşamındaki olumsuzluklarının anlaşılması amaçlanmıştır. Hava kirlitici olarak CO₂ gazını tercih edilmesinin sebebi Konya'daki taşıt yoğunluğundan ve sanayiden kaynaklı CO₂ emisyonlarıdır. Ayrıca model canlı olarak *D. melanogaster* tercih edilmesinin sebebi ise buğdayın bu canlının ana besini olmamasıdır. Yine bu canlının sindirim sistemi olması ve etik gerektirmemesi başka bir tercih sebebidir. Konya'da daha önce buğdaylar üzerindeki hava kirliliğinin olumsuz etkilerinin araştırılmamış olması çalışmanın özgün değeri olarak görölmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Son 100 yıl içerisinde iklim, antropojenik faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonları nedeniyle yaklaşık 0,5°C ısınmıştır. Bu ısınma süreci, günümüzün yoğun ekonomik faaliyetleri ve atmosfere salınan sera gazlarındaki artışlar nedeniyle devam etmektedir. İngiliz bilim adamı Stern bir araştırmasında bugünden itibaren atmosfere herhangi bir sera gazı emisyonu salınmasa dahi sıcaklığın, gelecek yıllar içerisinde 0,5°C-1°C arasında artmaya devam edeceğini belirtmiştir (Stern, 2007). Stern raporu olarak bilinen bu raporda yer alan iklim modelleri; sera gazı emisyonlarının önemli ölçüde azaltılması için önlem alınmadığı takdirde dünyanın gelecek yüzyılda 1,4°C ila 5,8°C daha ısınacağını öngörmektedir (Akalin, 2014). Genel olarak hava kirliliği hava ortamında bulunan PM ve SO₂ miktarına göre tespit edilmesine rağmen atmosferde meydana gelen kimyasal olaylarda organik maddelerin de rolü büyüktür. Organik maddeler, atmosferde reaksiyona girsinler ya da girmesinler kimyasal reaksiyonların çekirdeğini oluştururlar. Yapılan tüm hava kirliliği çalışmalarında havanın kimyasal yapısı ve meteorolojik koşullar göz önünde bulundurularak araştırmalar yapılmalıdır.

Çalışma alanı olarak seçilen Konya ile ilgili bilgilere bakıldığında; Kara ve arkadaşlarının 2018'deki araştırmasında, Konya ilinde 2012-2017 yılları arasında PM₁₀ ve SO₂ günlük ve yıllık ortalama konsantrasyonları ile meteorolojik faktörler elde edilerek Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ndeki (HKDYY) limit değerlerle karşılaştırılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre kış dönemi kirliliklerine bakıldığında sınır değerleri oldukça aştığı görülmektedir (Kara ve ark., 2018).

Bir bölgedeki hava kirliliği değeri sadece kirliliği meydana getiren kaynaklardan gelen kirlilik miktarına değil, aynı zamanda bölgenin yapısına ve o andaki meteorolojik şartlara da bağlıdır. Konya il merkezinde karasal iklim hâkim olup çoğunlukla ısıtma sistemleri için düşük kaliteli fosil yakıtların kullanıldığı görülmektedir. Diğer bir yandan Konya ilinde yüksek hava kirliliğinin yaşandığı kış döneminde ağır hava kirliliği üretebilen bazı büyük sanayi tesisleri bulunmaktadır. Bu kirlilik, kış döneminde bazen insan sağlığını önemli ölçüde etkileyebilecek düzeylere ulaşmaktadır. Konya il merkezinde hava kirliliğine sebep olan kaynaklar üç grupta toplanmaktadır. Bunların başında ısınma ihtiyacından dolayı konutlarda ve işyerlerinde tüketilen fosil yakıtlardan kaynaklanan kirlilik gelmektedir. Sanayi kuruluşlarının üretimleri sırasında havaya verdikleri kirleticilerin yanında enerji üretmek için tükettikleri fosil yakıt emisyonları ise ikincil kirletici kaynak olarak ortaya çıkmaktadır. Üçüncüsü de motorlu taşıtların egzoz emisyonlarından kaynaklanan kirliliktir. Konya Sanayi Odası'na kayıtlı gerçek ve tüzel olmak üzere 1000'in üzerinde sanayi kuruluşu bulunmaktadır. Bunlardan büyük ölçekli olarak Konya Şeker Fabrikası, Konya Çimento Fabrikası, Tuğla Fabrikaları, Konya Kâğıt Fabrikası, yağ rafine fabrikaları bulunmaktadır. İl merkezinin topoğrafyasından dolayı, ulaşımında yol şartlarından kaynaklanan zorluklar çekilmemektedir. Düz ve geniş bir araziye dağılım gösteren Konya'da, araç sayısının artmasına paralel olarak trafikte seyreden araçlardan kaynaklanan hava kirliliği de önemli yer tutmaktadır. İldeki kişi başına düşen araç sayısı bakımından Türkiye'nin en yoğun illerindedir (Kunt ve ark., 2018).

Son yıllardaki araştırmalara göre her 100 insandan yalnızca 10 tanesinin temiz hava soluduğu sonucuna varılmıştır. WHO raporunda yer alan dış hava kirliliği etkenlerine bağlı ölümlerin %58'inin kalp hastalıkları sebebiyle, %18'inin akciğer hastalıkları

sebebiyle ve %6'sının akciğer kanseri sebebiyle olduğu ortaya konulmuştur. Dış ortam kirliliğini PM, NO_x, SO₂, CO ve CO₂ oluştururken, iç ortam kirliliğini bakteriler, mantarlar, uçucu bileşikler ve mikroorganizmalar oluşturmaktadır.

İklim dünyada çeşitli bölgelerde yıllar içinde değişerek etkilerini göstermiştir. İklim bilimciler, iklim değişikliğinin doğal sebepleri olarak kıtaların yer değiştirmesi ve dağların oluşmasının yanında yanardağ patlamalarının da olduğunu düşünmektedirler. Başka iklim bilimcilere göre ise bu durumun güneşin manyetik etkilerinin yeryüzünde aşırı soğuma ve ısınmalara sebep olduğu yönündedir. Tartışmalar çok yönlü olsa da en önemli sebep insan aktiviteleri sonucunda sera gazlarının oluşmasıdır. Küresel ısınmadan olumsuz etkilenen birçok sektör olsa da tarımsal üretimlerde etkiler daha fazladır ve bu durum önümüzdeki yıllarda gıdaya ulaşımın zorlaşacağını göstermektedir. Tarım sektörü milli gelir, beslenme ve dış ticaret açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu sebeple iklim değişikliğinin olumsuz etkileri açısından tarım sektörü ele alındığında ülkelerde sosyal anlamda büyük kayıplar yaşanabileceği öngörülmektedir. Çünkü tarımsal üretim doğal koşullara göre gerçekleşmektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak hava ve toprak yapısının değişeceği düşünüldüğünde tarımsal üretimin veriminde değişimler olacaktır (Tıraşçı ve ark., 2021). İklim değişikliğinin tarımsal üretimdeki etkilerine bakıldığında, başta ürün kayıpları olmak üzere; düşük verim, ekinlerde hastalık ve istilacılarda artış, üreticilerin gelirlerinde kayıplar, sanayideki hammadde kayıpları, teknolojik alanlarda sorunlar gibi birçok etki vardır. Bu etkiler disiplinler arası çalışmalarla araştırılmalıdır (Akyüz ve ark., 2016).

2.1. Dünyada ve Türkiye'de İklim Değişikliği

İklim değişikliği, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (BM IPCC) göre: "karşılaştırılmış zaman dilimlerinde gözlemlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda oluşmuş değişiklik" olarak tanımlanmaktadır. İlk başlarda fosil yakıtların kullanılması ve endüstrinin gelişmesiyle birlikte artan kentleşme, nüfus, tarım, hayvancılık ve atıklar; sera gazlarının yani CO₂, metan (CH₄), diazot monoksit (N₂O)'in artmasına sebep olmuştur. Sera gazı emisyonlarının %20-%40'ı üretim öncesi ve sonrasında atmosfere salınmaktadır. Bu gazlar günümüzde de yoğunlaşarak artmaya devam etmektedir. 19. yüzyılda artan sera gazlarının gözlemlenebilir etkileri özellikle 1980'li yıllardan sonra daha önemli hale gelmiştir.

Ülkelerin gelişmişlik seviyelerine bağlı olarak iklim değişikliğinin olumsuz etkileri de değişmektedir. Bu açıdan bazı ülkelerin iklim değişikliğine karşı hazırlıkları ve mücadeleleri yetersiz kalmaktadır. Örneğin gelişmiş bir ülkede aşırı tüketim devam ederken, geri kalmış ülkelerde beslenme ihtiyacı dahil karşılanamamaktadır. Bu durumda iklim değişikliğine karşı yetersiz olan ülkelerde diğerlerine göre daha fazla hastalık ve ölüm gerçekleşmektedir.

İklim değişikliğinin en belirgin etkileri arasında sıcak hava dalgalarına bağlı olarak orman yangınları ile istilacı türlerin ortaya çıkması, salgın hastalıklar, şiddetli yağışlar, fırtınalar, deprem ve sel vardır. Türkiye'yi bekleyen etkiler arasında kuraklık varken şimdiden tarım arazileri ve ormanlık alanların olumsuz etkilendiği gözlemlenmiştir. Antropojenik faaliyetlerin artması sonucunda iklim değişikliği hızlanarak küresel ısınma

problemini ortaya çıkarmıştır. Betonlaşmanın artmasıyla birlikte azalan ormanlık alanlar, hava kirliliğinin etkisini daha çok hissettirmektedir. Dünya Metropoller Kültür Raporu'na göre en fazla yeşil alan %68'lik oranla Oslo iken, en az yeşil alana sahip metropol %2'lik alanla İstanbul'dur. IPCC'nin 4. Raporunda da belirtildiği gibi Türkiye'nin içinde bulunduğu ve Konya ilini de kapsayan Akdeniz Havzası gelecek yıllarda iklim değişikliğinin en ciddi boyutlarda gözlemleneceği yerlerdir. İklim değişikliği ile artan doğal afetler her yıl birçok insanın ölümüne sebep olmaktadır. Bu dönemlerde yoğunlaşan hava kirliliği ile birlikte kanser vakaları da artmıştır. Yine iklim değişikliği su kaynaklarını ve gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Olumsuz etkiler yalnızca bunlarla sınırlı değildir. Örneğin tarımsal arazilerin kullanılmasındaki değişiklikler, tarım alanlarındaki şehirleşme ile kuraklık gıdaya erişimi tehlikeye sokmaktadır. Bu durumda ekosistemi tehlikeye atarak biyoçeşitliliği azalmaktadır.

İnsanların, medeniyetlerin varoluşundan beri balıkların %15'i, bitkilerin %50'si, deniz memelilerinin %80'i ve diğer memeli hayvanların da %83'ünün yok olmasına sebep olduğu bilinmektedir. İklim şartlarının değişmesi farklı ekosistemlerdeki birçok canlıların sayı ve çeşidinin yanında göç zamanlarını da değiştirmiştir. Tarımsal ürünler ele alındığında; farklı bölgelerde yapılan çalışmalara göre iklim değişikliği tarımsal üretimi de olumsuz etkilemektedir (Demirbaş ve ark., 2020). Örneğin; iklim değişikliğinin önemli etkilerinden biri bitki gelişimi ve verimidir. Bu konudaki çalışmalar mısır ve buğday bitkileri arasında yoğunlaşmıştır (Çaylak, 2015). Bazı araştırmalara göre CO₂'in atmosferde artması bazı bitkileri olumlu etkilemektedir. Özellikle son yıllarda sanayinin gelişmesiyle birlikte artan CO₂ gazı salınımının bazı bitkilerin verimliliğini arttığı konusunda tartışmalar sürmektedir. C3 bitkileri ele alındığında düşük konsantrasyonlardaki CO₂'nin bile bitkilerin rubisko karboksilasyon aktivitesini sınırlamaktadır. C4 bitkileri 4 karbonlu bileşiklerle sahiptir ve düşük CO₂ konsantrasyonlarında fotosentez verimliliği yüksektir. Bu sebeple yüksek CO₂ koşullarında C4 bitkileri, C3 bitkilerine göre suyu ve azotu (N) daha etkin kullanmaktadır. C3 bitkisi olan pamuk ile yapılan bir çalışmada CO₂'e maruz bırakılan pamuğun karbon (C) asimilasyonunun ve büyümesinin artabileceği belirtilmiştir. Uzun vadede artan CO₂'ye maruz kalan bitkilerdeki en belirgin değişiklikler yapraklardaki sıcaklığın artması ve stomaların (mikrobik açıklıklar) daha kapalı olmasına bağlı olarak bitkinin iç sıcaklığını düşürememesidir. Sonuçta iklim değişikliğine bağlı olarak artan CO₂ gazı C3 bitkilerinde fotosentez ve C asimilasyon hızını etkileyeceği için bitkilerin gelişimleri ve büyümelerini de olumsuz etkileyecektir (Yavaş ve ark., 2018).

Geçmiş yıllara göre günümüzde ekilebilir tarım alanları yaklaşık olarak %35 oranında azalmıştır. Sera gazlarının yoğun şekilde hissedilmesinin bir diğer nedeni olarak tarım alanlarının tahrip edilmesi gösterilmektedir. Gıda ve Tarım Örgütü'nün Dünyada Gıda Güvenliği ve Beslenme Durumu Raporu'na göre olağanüstü iklim olayları tarımsal üretimden elde edilen verimi etkileyerek gıda güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Son 30 yılda 500 doğa kaynaklı afet meydana gelmiştir. 2017 yılından bu zaman kadar ise 630 afet yaşamıştır. Doğal afetlerden en fazla etkilenen kıta Asya kıtasıdır ve en çok ölüm de yine bu kıtada olmuştur (Demirbaş ve ark., 2020).

2.2. Hava Kirliliği

Havanın bileşiminin değişmesi olarak tanımlanan, başta insan sağlığı olmak üzere ekolojik dengeyi bozan, insan refahına zarar veren hava kirliliği; kirlletici maddelerin havada bulunmasıdır. Bu durum en önemli sağlık riski olarak kabul edilmektedir ve hava kirlleticilerine maruz kalmanın sonucunda ölümcül sağlık problemleri olabilmektedir (Forouzanfar ve ark., 2015).

Hava kirliliği açık ortam ve kapalı ortam hava kirliliği olarak ikiye ayrılmaktadır. Bunun yanı sıra hava kirliliği doğal ve yapay kaynaklı sebeplerden oluşmaktadır. Doğal hava kirlletici kaynakları; volkanik hareketler, bitki ve hayvansal emisyonlar yani biyogenik aktiviteler ile metabolik faaliyetlerdir (URL1). Yapay kirlletici kaynakları ise antropojenik aktivitelerdir. Bunlar sanayi, ulaştırma ve evsel ısınma kaynaklı hava kirliliğini oluşmaktadır (Akdur, 2009). Hava kirlleticilerinin biyolojik, kimyasal ve fiziksel parçalanmasıyla; taşınma olayları ile atmosferden temizlenmesine havanın otopürifikasyonu denir. Havanın otopürifikasyonunun hız ve kapasitesi kirlletici yoğunluğu ve hızını aşarsa hava kirliliği oluşur (Zencirci S.A ve ark., 2017).

Atmosferde oluşan kirliliğinin olumsuz etkilerinin gözlemlenmesi için meteorolojik faktörler ile coğrafi yapı önem teşkil etmektedir. Çarpık kentleşme, evsel ısınmada ve endüstrilerde kullanılan fosil yakıtlar, atık oranı fazla olan ısıtma sistemleri, termik santraller ve taşıtlardan kaynaklı emisyonlar önemli hava kirlletici kaynaklarıdır. Hava kirlleticileri birincil ve ikincil kirlleticiler olarak ikiye ayrılmaktadır. Birincil kirlleticiler kaynaktan doğrudan atmosfere yayılır, ikincil kirlleticiler ise atmosfere yayıldıktan sonra oksijen (O₂) ve su (H₂O) bileşenleriyle kimyasal reaksiyona girerek oluşan kirlleticilerdir. Örneğin SO₂ birincil kirlletici olmasına rağmen atmosferde su ile reaksiyona girerse sülfirik asit (H₂SO₄) oluşur ve bu da ikincil kirlleticidir. Kirlletici gazlar kaynaktan filtre edilmez ise ya da kimyasal tepkimeye girerlerse kirlletici potansiyeli taşımaktadırlar (URL1).

Hava kirliliğinin tarihine bakıldığında ilk kayıtlar 12. yüzyıl Mısır belgelerindedir. Ancak endüstrileşmenin gelişmeye başladığı 18. yüzyıl sonları ve 19. yüzyıl başlarıdır. Hava kirliliğinin gözle görülebilmesi ise 20. yüzyıldadır. Belçika'nın Meuse Vadisi'nde 1930 yılında 6 gün boyunca süren sis 60 kişinin ölümüne sebep olmuş ve birçok insanda akciğer problemlerine yol açmıştır. Tam bir yıl sonra İngiltere'nin en yoğun sanayi bölgelerinden olan Manchester ve Salford'da 9 gün süren sis 592 kişinin ölümüne neden olmuştur. 1952, 1956 ve 1962 yıllarında Londra'daki yoğun hava kirliliği binlerce insanın ölümüne sebep olmuştur. Özellikle Londra'da yaşanan bu olaylardan sonra hava kirliliği kontrol düzenlemelerine gidilmiştir ve bu düzenlemeler BM ve WHO tarafından yürütülmeye başlamıştır. Türkiye'de ise 1950'li yıllardan itibaren nüfus ile kentleşme artmış ve bu da endüstri alanlarının gelişmesi ile enerji ihtiyacına yol açmıştır. Daha çok petrol ve fosil yakıtların kullanılması sonucunda başta İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük şehirler olmak üzere sanayisi gelişmiş diğer şehirlerde de hava kirliliği yoğunlaşmaya başlamıştır (Zencirci SA ve ark., 2017).

Hava kirliliğini daha iyi anlamak ve nicel olarak ifade etmek amacıyla bazı parametreler kullanılmaktadır ve bunlardan biri de Air Quality Index (AQI) yani Hava Kalitesi İndeksi (HKİ)'dir. Yaygın olarak kullanılan bu sınıflandırma parametresi hava kirlleticilerinin konsantrasyonlarına göre, HKİ'deki sınır değerler ülkelere göre değişiklik gösterebilir. Türkiye'de kullanılan indeks EPA'nın hava kalitesi indeksi örnek alınarak

oluşturulmuştur ve 5 tane temel kirleticiyi esas alır. Bunlar SO₂, azot dioksit (NO₂), CO, ozon (O₃) ve PM₁₀ kirleticileridir. Bu kirleticilerin esas alınmasının en önemli sebepleri arasında havaya, suya ve toprağa kolayca karışması ve insan sağlığını tehdit etmesi gösterilebilir (Aydın ve ark., 2021). Son yıllarda yapılan müdahaleler sayesinde Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Batı Avrupa ve Türkiye'deki hava kirletici emisyonları azalmıştır. Yapılan müdahaleler taşıt emisyonları, evsel yakıtlar ve endüstrilerden yayılan PM ve SO₂ emisyonlarının kontrolleri ile sınırlı olmuştur. Kent merkezlerindeki hava kirliliğinin yaklaşık olarak %90'ı CO emisyonudur ve motorlu taşıtlardan kaynaklanmaktadır. Aşağıdaki Çizelge 2.1'de (URL 2) HKİ renkleri ile optimize edilmiş, 6 kategoriden oluşan bir skala olarak verilmiştir (Kara, 2016).

Çizelge 2. 1: Ulusal Hava Kalitesi İndeksi (URL 2)

İndeks	Hava Kalitesi İndeksi	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	CO (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
		1 sa. ort.	1 sa. ort.	8 sa. ort.	8 sa. ort.	24 sa. ort.
İyi	0-50	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
Orta	51-100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
Hassas	101-150	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
Sağlıksız	151-200	501-850	501-1000	16001-24000	181-240	261-400
Kötü	201-300	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
Tehlikeli	301-500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

Ayrıca ulusal HKİ'ye göre hesaplanan parametrelerin sınır değerleri de Çizelge 2.2'de belirtilmiştir (URL 3).

Çizelge 2. 2 : İndeks hesaplanan parametrelerin sınır değerleri (URL 3)

Parametre	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	CO (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
	1 sa. ort.	1 sa. ort.	8 sa. ort.	8 sa. ort.	24 sa. ort.
Ulusal Sınır Değer	350	250	10.000	120	50
AB Üye Ülkeleri Sınır Değeri	350	200	10.000	120	50

HKİ skalasında belirtilen kategorilere göre hava kalitesinin durumu Çizelge 2.3’de verilmiştir (Kara, 2016).

Çizelge 2. 3: Hava Kalitesi İndeksi skalasında belirtilen kategoriler (Kara, 2016)

Kategori	Tanımlama
İyi	Hava kalitesinin sağlık açısından iyi durumda olduğunu gösterir.
Orta	O ₃ gazına karşı hassas olan kişilerde solunum problemleri görülebilir.
Hassas	Bu durum akciğer hastalığı olan kişiler için zararlıdır, sağlıklı kişiler genelde bu durumdan etkilenmemektedir.
Sağlıksız	Hava kalitesinin insan ve çevre için sağlıksız olduğu anlamına gelir ve bu durum sağlıklı kişileri dahil olumsuz etkilemektedir.
Kötü	Bu durum hava kalitesinin oldukça sağlıksız olduğunu ve insanlarda ciddi ve kalıcı etkiler bırakabileceğini göstermektedir.
Tehlikeli	Tüm ekosistem için zararlı bir durumdur. Bu seviyede insanların yanı sıra doğadaki tüm canlılar risk altındadır.

Hava kirliliğine ve iklim değişikliğini büyük oranda etkilenmesinin nedeni sera gazı emisyonları, ormansızlaşma, tarımsal arazilerinin kullanımındaki değişiklikler, ağır sanayi ve fosil yakıtların kullanılmasıdır. Bu tür faaliyetler iklim değişikliğine sebep olmakla birlikte, etkileri ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre farklılık gösterebilir ancak yine de tüm dünyayı etkilemektedir (Çakır, 2022).

2.2.1. Havanın Yapısı

Hava, atmosferi oluşturan gazların toplamıdır ve her canlının yaşamını devam ettirebilmesi için büyük bir önem taşımaktadır. Çizelge 2.4’de atmosferin kuru hava bileşimi ve konsantrasyonları verilmiştir (Aydınlar ve ark., 2009). Atmosferdeki hava katmanının yeryüzüne olan yaklaşık uzaklığı 150 km kadardır. Bunun ortalama 5 km’si canlılar için uygun koşulları taşımaktadır (Uğurlu, 2021).

Çizelge 2. 4: Kuru hava bileşimi ve konsantrasyonları (Aydınlar ve ark., 2009)

Bileşen	Hacimsel Yüzde	Konsantrasyon (ppm)
Azot (N ₂)	78,084	780.900
Oksijen (O ₂)	20,946	209.400
Argon (Ar)	0,934	9300
Karbondioksit (CO ₂)	0,033	315
Neon (Ne)	0,0018	18
Helyum (He)	0,00052	5,2
Metan (CH ₄)	0,00012	1,2
Kripton (Kr)	0,00005	0,5
Hidrojen (H ₂)	0,00005	0,5
Ksenon (Xe)	0,000008	0,08
Azot dioksit (NO ₂)	0,000002	0,02

Atmosferde asılı olan ve genelde oranları sabit olan gazlar N₂, O₂ ve diğer asal gazlardır. Oranları değişen ve atmosferde sürekli olarak bulunan gazlar CO₂, O₃ ve H₂O buharıdır. Normal şartlarda atmosferde bulunmayan gazlar ise kirletici gazlardır (Uğurlu, 2021). İllerde meydana gelen ısı adaları, atmosferin kararsızlığının artmasına ve düşey hava akımlarına sebep olmaktadır. Hava kirleticilerinin en önemli kaynaklarından biri olan fosil yakıtlardan salınan partikül kirleticiler yoğunlaşma ve donma olayları sırasında bulutların mikrofiziksel yapısını değiştirir (Çiftçi ve ark., 2013).

2.2.2. Hava Kirletici Kaynakları

Hava kirliliğinin en önemli kaynaklarından biri olarak gösterilen madencilik modern çağın en büyük ihtiyacı olan kömürü karşılamaktadır. Ancak kömür kullanımı doğrudan ya da dolaylı olarak atmosferde ciddi miktarlarda emisyonlar oluşturmaktadır. Salınan emisyonlar atmosferi kirlletmenin yanı sıra yerleşim yerlerindeki insanlara ve tarım alanlarına da zarar vermektedir. Hava kirliliğine neden olan başka bir alan da ulaşımdır. Nüfusla birlikte artan taşıtların yanı sıra uluslararası taşımacılık hizmetleri de hava kirletici emisyonları yaymaktadır. Ulaşımdan kaynaklı CO₂ gazının oranı yaklaşık %20’dir ve bu oranla ulaşım sektörü hava kirliliğine sebep olmakta ikinci sırada yer alır. Üretim ve tüketimin artmasıyla birlikte kara taşımacılığının da artması son yıllarda CO₂ salınımlarında artış olmasına sebep olmuştur (Uyanık, 2023).

2.2.2.1. Doğal Kaynaklı Kirleticiler

Doğal kaynaklı hava kirleticiler doğa olaylarının sonucunda oluşurlar ve atmosferde kalma süreleri kısıtlıdır. Açık araziler ve orman yangınları, bitkilerin bozulması, ölü hayvanlar ve volkanik patlamalar sözü edilen doğa olaylarına örnek olarak verilebilir. Şekil 2.1’deki gibi volkanik patlamalardan kaynaklanan hava kirleticileri; PM, CO₂ ve SO₂ gazlarıdır (URL 8). Atmosferde kalma süreleri kısa olsa da bu kirleticilerin konsantrasyonları oldukça fazladır ve kontrolü de zordur (Uğurlu, 2021).



Şekil 2. 1: Volkanik patlama fotoğrafı (URL 8)

2.2.2.2. Yapay Kaynaklı Kirleticiler

Hava kirletici kaynaklarından yapay kaynaklı kirleticiler farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Bu tür kirleticiler kaynağın yayıldığı noktaya ve kullanım türüne bağlıdır. Yapay kaynaklı kirleticiler; endüstri, ısınma ve trafik kaynaklı olarak sınıflandırılır. Hava kirliliğine neden olan en önemli yapay kaynaklar yakma işlemlerinde gerçekleşmektedir. Petrol ve kömür gibi fosil atıkların kullanılmasından beri CO₂, SO₂, PM gibi kirleticilerin konsantrasyonları artmıştır. Özellikle kış mevsimlerinde ısınma ihtiyacı daha çok olduğu için hava kirleticilerinden PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, NO₂, CO ve CO₂ kirleticilerinin sınır değerlerinin çok üzerindeki konsantrasyonlarda olduğu gözlemlenmiştir (Uğurlu, 2021).

Nüfusun artması, üretimin artması ve ticaretin de artmasıyla birlikte motorlu taşıtların hava kirliliğine gözle görülür etkileri olmuştur. Özellikle kalabalık nüfusa sahip Hindistan gibi ülkelerde ulaşımdan kaynaklı hava kirliliği oldukça fazladır. Şekil 2.2’de

Yeni Delhi şehrinde 2023 yılında rahatsız edici şekilde artan hava kirliliği sebebiyle önlem amaçlı bir süreliğine okullar kapanmıştır (URL 9). Balıkesir il merkezinde trafikten kaynaklı hava kirliliği konsantrasyonları iklim dikkate alınarak incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda yıllık ortalama 682 ton CO ile 133 ton NO_x gazının trafikten kaynaklı yayıldığı sonucuna varılmıştır. Araştırmada taşıtlardan kaynaklanan en önemli hava kirleticilerinin kurşun (Pb), NO_x, CO ve HC olduğu belirlenmiştir (Mutlu, 2019).



Şekil 2. 2: Hindistan Yeni Delhi (URL 9)

Endüstriyel kaynaklı kirlenmeler söz konusu olduğunda en önemli hava kirleticilerinin sebebi tesislerde kullanılan yakıtlardır. Üretim için kullanılan maddelerin atmosfere atılması da kirlilik sebeplerindedir. Aslında endüstrilerin kirletici potansiyeli kullandıkları yakıtlara bağlıdır. Bunun yanı sıra baca yükseklikleri de hava kirliliği konusunda etkilidir. Şekil 2.3'deki gibi bacaları alçak olan endüstrilerden yayılan emisyonlar yoğun kirliliğe sebep olmaktadır ancak tesislerden uzaklaştıkça etkileri azalmaktadır (URL 10). Yine de son yıllarda lokal olarak gerçekleşen hava kirliliğine çözüm olarak baca yükseklikleri artırılmıştır ancak bu durum sonucunda uzak mesafelerde hava kirliliği gözlemlenmiştir (Çiftçi ve ark., 2013).



Şekil 2. 3: Endüstriyel hava kirliliğine örnek (URL 10)

2.2.3. Hava Kirletici Çeşitleri

Antropojenik faaliyetler sonucunda ortaya çıkan hava kirleticileri kükürt oksitler (SO_x), NO_x , CO_2 , CO, ağır metaller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), PM ve pestisitlerdir. Bu kirleticiler iç ve dış ortam kirleticileri olarak Çizelge 2.5'te belirtilmiştir. Bu emisyonlar meteorolojik faktörler (rüzgar, yağmur gibi), depolama, yükleme ve boşaltma sırasında oldukları yerlerden çok uzaklara taşınabilirler. Bu kirleticilerin insan ve çevre sağlığı açısından oldukça ciddi zararları vardır (Uyanık, 2023).

Çizelge 2. 5: Dış ve iç ortam hava kirleticileri (Uyanık, 2023)

Dış Ortam Hava Kirleticileri	İç Ortam Hava Kirleticileri
	CO_2
SO_2	CO
NO_x	Uçucu organik bileşikler
O_3	Pestisitler
PM	Sigara dumanı
CO_2	Hayvansal salınımlar
CO	NO_x
Pb	Formaldehit
Toksik maddeler	Mineral lifler ve çeşitli bakteri ile mantarlar

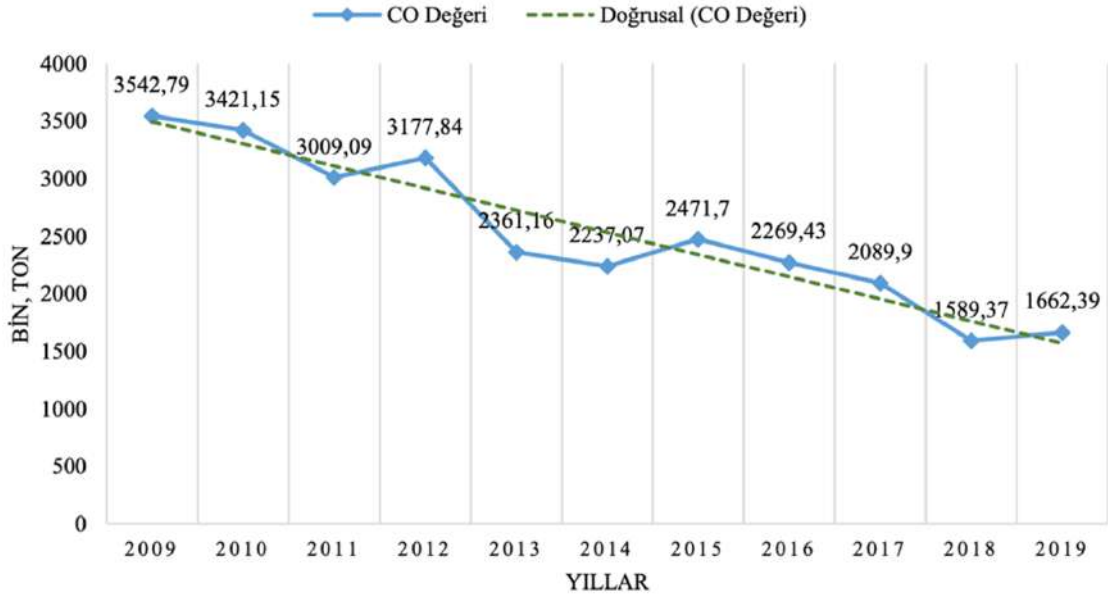
SO₂: SO₂ asidik, yanmayan ve parlamayan, renksiz bir gazdır (Güzel ve ark., 2022). Endüstriyel tesisler, ulaştırma sektörleri ve termik santraller gibi antropojenik faaliyetler SO₂ salınımına sebep olmaktadır. Yaklaşık olarak her yıl kirleticinin emisyonu %4 oranında artmaktadır. Son yıllarda hava kirliliğine dair bilincin artmasıyla birlikte gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde denetimlerin sıklaştırılmasıyla SO₂ emisyonlarının

azaltılması amaçlanmıştır. SO₂ asit yağmurlarına sebep olmakta ve bitkisel üretimin verimini olumsuz etkileme konusunda önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Richa ve ark., 2011). SO₂ atmosferde yaklaşık 40 gün kalabilmektedir. Meteorolojik etkenlere bağlı olarak kirletici miktarı artabilir (Uğurlu, 2021).

NO_x'ler: Atmosferin yaklaşık %78'si azottan oluşmaktadır. Havadaki bu azotun yanması sonucunda azot oksit (NO) oluşur ve yıllarca atmosferde kalabilme özelliğine sahiptir (Güzel ve ark., 2022). NO_x'ler atmosferde doğal olarak ya da insan faaliyetleri sonucunda oluşur. İnsan faaliyetleri sonucunda oluşan NO_x'lerin en önemli kaynakları motorlu taşıtlar ve enerji santralleridir. Yapılan bir araştırmaya göre ABD'deki NO_x emisyonlarının %58'si motorlu taşıtlardan, %32'si ise enerji santralleri ve endüstri tesislerinden kaynaklanmaktadır. NO_x'ler esas olarak fosil yakıtların yakılmasıyla oluşur. Bu atmosferik N₂ ve O₂ arasında ısı ile NO oluşturmak üzere kimyasal bir reaksiyondan kaynaklanır. NO daha sonra tekrar O₂ ile reaksiyona girerek NO₂ oluşturur. Reaksiyonun hızı yanma sıcaklığına göre belirlenir. Dolayısıyla SO₂'den farklı olarak NO₂, fosil yakıtın bir bileşeni değildir ancak yanma sürecinde ısının atmosferik N₂ ve O₂ ile katalitik reaksiyonundan kaynaklanır (Richa ve ark., 2011).

CO₂: CO₂ emisyonunun artmasındaki en önemli faktörler sanayileşme ve nüfus artışına bağlı kentleşmedir. Enerji tüketiminin CO₂ emisyonunun artmasındaki etkisi oldukça fazladır. Ekonomik büyüme ve teknolojinin gelişmesiyle artan iş olanakları sebebiyle göç artmış, buna bağlı olarak da barınma ihtiyacı, üretim ve tüketimin son zamanlarda oldukça artması nedeniyle CO₂ emisyonu günümüzün en önemli hava kirleticilerinden biri kabul edilmektedir (Kılıç ve ark., 2020).

CO: CO renksiz ve kokusuz bir gazdır, C'nun tam olarak yanmadığı durumlarda açığa çıkar. Endüstri alanlarından, metal işleme tesisleri ve kimyasal üretimlerden salınan CO; kentsel alanlarda motorlu taşıtlardan kaynaklanır. Bunların yanında orman yangınları ile odun ve kömür yakılması da CO gazına sebep olur. Kapalı ortam kirleticisidir ve aşırı artması durumunda insanların boğulması sebep olabilir (Zencirci SA ve ark., 2017). Şekil 2.4'te yapılan bir araştırmanın bulgularına göre 2009-2019 yılları arasında Türkiye'de CO gazı değişimleri incelenmiştir.



Şekil 2. 4: 2009-2019 yılları arasında Türkiye'deki CO değişimleri
(Güzel ve ark., 2022; OECD Statistics 2022'den uyarlanmıştır)

Araştırmaya göre CO değişimlerine ait en yüksek değer 2009 yılında 3.542,79 tondur. En düşük değer ise 2019 yılında 1662,39 ton şeklinde gözlemlenmiştir. Ayrıca 2009 ve 2019 yılları arasında ortalama CO değeri hesaplandığında 2530,17 ton olarak tespit edilmiştir (Güzel ve ark., 2022).

O₃: Troposfer katmanında bulunan O₃ gazı ikincil bir hava kirleticidir (Güzel ve ark., 2022). O₃ özellikle ulaşım sektöründen kaynaklanmaktadır. Son yıllarda nüfusun artmasına bağlı olarak O₃ atmosferde önceki yıllara göre daha fazla yoğunlaşmıştır ve gelecek için endişe teşkil etmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde O₃ gazı ciddi bir sorun haline gelmiştir. Bu ikincil tür kirletici motorlu taşıtlardan salınan NO_x'ler ile reaktif hidrokarbonların fotokimyasal reaksiyonları sonucunda oluşur. Kentsel alanlarda yoğunlaşan O₃ gazları rüzgarlar ile kırsal bölgelere taşınabilir. Bu sebeple yüksek konsantrasyonlardaki O₃ gazı yüzlerce hatta binlerce kilometre uzaklıklarda bulunabilir (Richa ve ark., 2011).

PM: PM'ler atmosferde katı veya sıvı damlacıklar olarak asılı halde bulunan kirleticilerdir. Partiküllerin içeriği; organik kimyasallar, metaller, küf, mantar, bakteri, deniz suyunun buharlaşmasından kaynaklı tuzlar, polenler ve sülfat (SO₄⁻²) ile nitrat (NO⁻³) gibi asitlerden oluşur ve kanserojen etkileri vardır. Motorin ve kurşunlu benzin kullanılan taşıtlardan ve termik santrallerden yayılır (Zencirci S.A ve ark., 2017). PM'ler boyutlarına göre ince (PM_{2,5}) ve kaba (PM₁₀) partiküller olarak ikiye ayrılmaktadır. Toz, duman, sis gibi gözle görülebilirken, mikroskobik olup gözle görülemeyen durumlarda da bulunabilirler (Güzel ve ark., 2022).

2.2.4. Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri

Hava kirliliğinin insan sağlığına zararları söz konusu olduğunda en çok gözlemlenen hastalıklardan biri solunum yolu problemleridir. Hava kirliliğine uzun vadede maruz kalan insanlarda bronşit, nefes darlığı ve buna bağlı olarak dolaşım bozukluklarının yanında akciğer kanseri görülmektedir. Yine dolaşım bozukluklarına bağlı olarak halsizlik, sinir sistemi bozuklukları da (suç işlemeye eğilimin artması ve sinirlilik hali gibi) hava kirliliğine maruz kalan insanlarda görülebilmektedir (Çakır, 2022). Chicago Üniversitesi'nde yapılan araştırmaya göre hava kirliliğinin fazla gözlemlendiği ülkelerde depresyon ve bipolar bozukluğun diğer ülkelere göre daha sık görüldüğü sonucuna varılmıştır. Çocuk, yaşlı ve kronik hastalığı olan insanlar hava kirliliğinin yan etkilerine karşı daha savunmasızdır (Güzel ve ark., 2022). Yapılan araştırmalara göre hava kirliliği gebe annelerin ve bebeklerinin sağlığını oldukça olumsuz etkilemektedir. Annenin soluduğu kirli hava nedeniyle taşıdığı O₂ miktarı azalır ve bu da bebeğin gelişiminin gerilemesine neden olabilir (Çakır, 2022). WHO tarafından yapılan bir araştırmada havada kısa sürede artan SO₂ gazının insanlarda ciddi solunum hastalıklarına sebep olacağı ve zehirlenebilecekleri belirtilmiştir. Dış ortam kirleticilerinden olan PM'ler kansere sebep olabilmektedirler. NO₂ gazı, maruz kalan bireylerin akciğer alveollerine kadar inebilir, O₃ gazı ise solunum darlığı ile göğüs ağrılarına sebep olmaktadır (Uyanık, 2023). Araştırmalara göre Türkiye'de kömürlü termik santrallerden kaynaklı hava kirliliğinin erken ölümlere ve iş gücü kaybına sebep olduğu ortaya konulmuştur (Çakır, 2022).

Hava kirliliği, çevre kirliliğinin yalnızca bir kısmı olmasına rağmen halk sağlığını olumsuz etkilemesi, son yıllarda sağlık harcamalarını arttırmıştır. OECD (İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı) verilerine ve HEAL (Sağlık ve Çevre Birliği) 2021 raporuna göre yapılan bir çalışmada Türkiye'de termik santrallerden kaynaklı hava kirliliğinin sağlığa etkileri ve hastalık yüklerinden söz edilmiştir. Bu araştırma aşağıdaki Çizelge 2.6'da özetlenmiştir (Güzel ve ark., 2022).

Çizelge 2. 6: Santrallerden kaynaklı hava kirliliğinin sağlık etkileri ve hastalık yükü (Güzel ve ark., 2022)

Sağlık Etkileri	Hastalık Yükü (ortalama)
Tüm kirleticilerden kaynaklı ölüm vakası	1.852 vaka
PM ₁₀ kaynaklı kronik bronşit	1.452 vaka
PM _{2,5} , O ₃ ve NO ₂ kaynaklı solunum hastalıklarına bağlı	102.922 vaka
PM _{2,5} ve O ₃ kaynaklı kalp-damar hastalıkları	1.490 vaka

Açık ortam hava kirliliğinin yanı sıra kapalı ortam hava kirliliği de oldukça tehlikelidir. 1970'li yıllarda yaşanan kriz sonrasında enerji kısıtlamalarına gidilmiş ve bu sebeple enerji tasarrufuna yönelim olmuştur. Isı kayıpları olmaması için binalardaki havalandırmalar azaltılmış ve ısı ile havanın sızması amacıyla yeni tasarımlar yapılmıştır. WHO'nun raporlarına göre 2012 yılında düşük ve orta gelirli ülkelerde ev içindeki hava kirliliğinden dolayı küresel çapta ortalama 4.3 milyon ölüm olduğu

belirtilmiştir. Ölümleri sebepleri olarak ise alt ve üst solunum enfeksiyonları, akciğer kanseri, Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOA) ve kalp hastalıkları gösterilmiştir.

Sağlık Bakanlığı'nın "Türkiye'nin Hava Kirliliği ve İklim Sorunlarına Sağlık Açısından Yaklaşım" raporuna göre aşağıdaki Çizelge 2.7'de kapalı ortam hava kirleticileri ve sağlık etkileri belirtilmiştir (Zencirci SA ve ark., 2017).

Çizelge 2. 7: Kapalı ortam hava kirleticileri sağlık etkileri ve kaynakları (Sağlık Bakanlığı 2010)

Kirletici	Sağlık Etkileri	Kaynakları
CO, CO ₂ , NO _x , SO ₂	Göz bebeklerinin küçülmesi, baş ağrısı, kalp ve akciğer fonksiyonlarının olumsuz etkilenmesi, boğulma	Araç egzozları, kömürlü ve odunlu sobalar, uygunsuz çalıştırılan kazanlar, su ısıtıcıları vb.
PM _{2,5}	Solunum ve dolaşım yolu hastalıkları	Sigara, toz, toprak ısıtma ve yemek pişirme aktiviteleri vb.
Uçucu organik bileşikler	Sinir sistemi bozuklukları, karaciğer ve kalp hastalıkları	Sigara, uçucu kozmetik ürünler, kirli sular ve plastikler vb.
Ağır metaller	Gelişim bozuklukları, üreme bozuklukları	Boya, ısınma amaçlı yakıtlar, sigara vb.
Pestisitler	Beyin fonksiyonlarının bozulması, karaciğer ve üreme hastalıkları	Zirai ilaçlar vb.
Asbest	Asbestozis, mezotelioma	Boru ve kazan yalıtımları, dekoratif spreylere vb.
Formaldehit	Uzun süreli maruz kalmalarda gözlerde sulanma, solunum zorluğu, boğulma hissi ve mide bulantısı	Halı, kumaş, laminant parkeler, sigara, patolojik dokuların korunumu vb.
Biyoaerosoller	Enfeksiyon, alerjik reaksiyonlar	Bitkiler, hayvanlar, toz vb.

2.2.5. Hava Kirliliğinin Tarıma Etkileri

Son yıllarda artan antropojenik faaliyetler ile birlikte etkisini daha çok göstermeye başlayan iklim değişikliği ve küresel ısınma; tarım, bitki örtüsü, temiz su kaynakları, insan sağlığı, biyolojik çeşitlilik ve beraberinde gıda güvenliğini de tehdit etmektedir. Dünya çapında ya da ülkeler bazında yaşanabilecek bir gıda güvenliği tehlikesi küresel anlamda sosyal, siyasal ve ekonomik olarak çok daha büyük sorunlara yol açabilir. Dünya Tarım Örgütü'nün de belirttiği gibi tüm insanların sağlıklı bir yaşam sürdürebilmesi için güvenilir ve besleyici gıdaya ihtiyaç vardır. İklim değişikliğinin bir sonucu olan sıcaklık değişimleri ve artan CO₂ miktarı bazı bölgelerdeki tarımsal ürünlere pozitif etki yapıyor gibi görünebilir. Ancak bu etki kısa sürelidir ve uzun vadede tarımsal ürünlerin kalitesinin bozulmasına, hatta üretimin azalmasına sebep olabilmektedir. Tarımsal ürünlerin kaliteli olması ve üretimin verimli olabilmesi için toprak yapısının, iklimin, nem, rüzgar ve suyun elverişli olması gerekmektedir. Buna göre iklim değişikliğinin tarımsal ürünleri uzun vadede olumsuz etkilediği düşünüldüğünde güvenli gıdaya erişimin önemli bir konu olduğu açıktır. Özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki insanların sağlıklı bir

yaşam sürmesi beklenemeyeceği gibi çocuklarda bedensel ve zihinsel gelişim bozuklukları da olacaktır. Ayrıca 2080 yılına kadar 2.5°C'deki bir sıcaklık artışının tüm doğal dengeyi bozmasıyla birlikte yaklaşık olarak 50 milyon insanın açlık riskiyle karşı karşıya kalacağı düşünülmektedir (Akalin, 2014).

İklim değişikliğine sebep olan ve günümüzün en önemli problemlerinden biri olarak kabul gören hava kirliliği; doğal düzeninin ve dengenin bozulmasındaki etkenlerden biridir. Özellikle endüstri, ısınma, ulaşım ve tüketimin artması sera gazlarına sebep olmaktadır. İnsan kaynaklı sera gazları 1970 yılından 2004 yılına kadar yaklaşık %70 oranında artmıştır.

Hava kirliliğinin çevresel zararları;

- Ozon tabakasının incilmesi
- Sera gazı emisyonları
- Sıcaklık değişimleri
- Deniz seviyelerinin değişmesi
- Tehlikeli boyutlardaki meteorolojik olaylar
- Asit yağmurları
- Biyolojik çeşitliliğin zarar görmesi ve türlerin azalması ya da yok olmasıdır.

Kaynakların sınırlı olması buna karşılık tüketimin fazla olması sonucunda hava kirliliği günümüzde de artarak devam etmektedir (Çakır, 2022).

Hava kirliliği kirleticilerinin tarım üzerindeki etkilerine bakıldığında; bitkiler üzerindeki toksik etkisi kirleticinin türüne ve konsantrasyonuna bağlıdır. Bununla birlikte bitkinin türü, gelişme dönemi, ışık ve sıcaklık şiddeti gibi özelliklere göre de kirleticilerin etkileri farklılık göstermektedir. Hava kirleticilerinden etki sırasıyla hidrojen florit (HF), SO₂, NO_x, PAN ve CO kirleticileri bitkiler üzerinde olumsuz etkiler gösterebilir. Bu sıralama genel olmakla birlikte bitki türleri arasında farklılık gösterebilir (Elkoca, 2003).

Bitkilerdeki kompleks şartların neden olduğu strese abiyotik stres denir (Korkmaz ve ark., 2017). Bitkiler üzerinde abiyotik streslerden biri olarak bilinen hava kirliliği mahsuller üzerinde doğrudan ve dolaylı olarak büyük tehditler oluşturmaktadır. Hava kirleticilerinin tarımsal ürünler üzerindeki olumsuz etkilerine dair araştırmalar kısıtlı olsa da hava kirliliğinin normal seviyelerin üzerinde olduğu durumlarda bitki örtüsüne zarar verdiği bilinmektedir (Jayara, 2021).

Hava kirliliğinin tarım üzerindeki olumsuz etkileri ile ilgili çalışmalara bakıldığında Elkoca'nın 2003'teki araştırmasında; bitki türlerinin hava kirleticilerinden belirli konsantrasyonlarda etkilendiği belirtilmiştir. Kirletici gazlar bitkileri olumsuz etkileyecek konsantrasyonlara geldiğinde bitkilerde gözle görülebilecek zararlar oluşmaya başlar. Bitkilerin yüksek konsantrasyonlardaki kirleticilere maruz kalmasının yanı sıra maruz kalma süreside önemlidir. Bunun yanı sıra kirleticilerin etkili olabilmesi için meteorolojik koşullar da göz önüne alınmalıdır. Örneğin soğuk havalarda bitkiler en az fizyolojik aktiviteleri gösterirler ve bu süreçte düşük sıcaklık ile düşük nem koşullarında yüksek kirletici konsantrasyonları daha az etkili olur. Ancak sıcak havalarda bitkilerdeki metabolik aktiviteler yoğun olur ve yüksek nem havadaki kirleticileri katalize ederek ikincil ürünlere dönüşüm reaksiyonlarını hızlandırır. Bu durumda hava kirliliğinin toksik etkisi bitkilerde daha yoğun gözlemlenir. Bu tür bir toksik etki bitkinin belirli bölgelerinde (kök, dal, yaprak) nekrozlara sebep olabilir. Ayrıca klorofil miktarının azalmasına ve dolayısıyla fotosentezin yavaşlamasına buna bağlı olarak da gelişim bozukluklara sebep olabilmektedir. Hava kirliliğine maruz kalmış ve olumsuz etkilenmiş bir bitki kuraklığa, dona, istilacı böcek ve mantarlara karşı dirençsiz hale gelir (Elkoca, 2003).

Önemli bir hava kirletici olan SO₂ asit yağmurlarının bileşenidir ve yan ürünlerinden H₂SO₄ 'e maruz kalan bitkilere aşırı derece zarar verebilir. Yapraklarda düzensiz beyaz, kırmızı ya da siyah lekeler oluşmaya başlar. Dokulardaki pigmentler hasar görür, bu nedenle bitki yapraklarını kaybeder. Özellikle genç bitkilerde bu durum mahsul üretimini büyük ölçüde azaltabilir. Genç yapraklı bitkiler, kozalaklı ağaçlar (çam ağaçları) ve kapalı tohumlular (akça ağaç, orkide, üzüm, gürgen, buğday, vb.) SO₂ kirliliğine en duyarlı bitkilerdir. Yapraklara stomalardan giren kirletici gaz bitkilerde kronik veya akut etkilere sebep olabilir. Arpa, karabuğday, yonca, yulaf, turp, kabak, ıspanak gibi bitkiler SO₂'ye karşı en duyarlı bitkilerdir. Şekil 2.5'te SO₂'ye maruz kalan ahududu bitkisinin yapraklarındaki olumsuz etkiler görülmektedir (Gheorghe ve ark., 2011).



Şekil 2. 5: SO₂'ye maruz kalan ahududu bitkisinde akut etki (Gheorghe ve ark., 2011)

NO₂ gazı bitkilerin yaprak ve fidelerini etkiler. Özellikle iğne yapraklı bitkilerde NO₂ gazı bitkinin kloroplastlarındaki stomalardan girerek fotosentetik aktiviteyi azaltabilir. En sık görülen yan etkiler ise kapalı tohumlu bitki yapraklarında sararma ve kozalaklı iğnelerde uç yanığıdır (Gheorghe ve ark., 2011).

Türkiye'nin güneyinde Muğla'da bulunan termik santral çevresinde ve yine İskenderun Sanayi Bölgesi'nin çevresindeki ormanlık alanlarda ağaçların yaprak kaybetme oranının arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum termik santralden ve sanayi bölgesinden yayılan hava kirliliği ile ilişkilendirilmiştir (Tolunay ve ark., 2013). Bitkilerin hareketsiz olması ve fizyolojik tepkiler bakımından insan ve hayvanlardan farklı olarak hava kirliliğine karşı daha hassastır. Bu yüzden yerel koşullardan daha çabuk etkilenmektedir. Düşük konsantrasyonlardaki hava kirleticilerine uzun süreli maruz kalan bitkilerde yaprak, kök ve gövdelerde yaralanmalar gözlemlenir (Yücedağ ve ark., 2016). Sıcaklık stresinin bitkiler için en önemli yaşam aktivitelerinden olan fotosentezin üzerinde önemli bir negatif etkisi vardır (Ding ve ark., 2016). Özellikle son yıllarda iklim değişikliğinin etkilerinden küresel ısınmanın etkilerinin artmasıyla birlikte bitki gelişimlerinin dönemlerinin kısaldığı gözlemlenmiştir. Bitkilerin sıcaklıktan ve CO₂'den olumsuz etkilenmeleri konusunda yapılan araştırmalar C3 (buğday, pirinç, soya fasulyesi) ve C4 (şeker kamışı, darı, mısır) bitkileri üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu iki tür bitkiler CO₂ özümleme konusunda farklılık göstermektedir. CO₂ gazının atmosferdeki mevcut

konsantrasyonları C3 bitkilerinin fotosentezini sınırlamaktadır. CO₂ konsantrasyonunun atmosferdeki artışı her bitki türünü farklı şekilde etkilemektedir. Çalışmalara göre CO₂ gazı şimdilik C3 bitkilerini olumsuz etkilese de iklim değişikliğine bağlı olarak CO₂ konsantrasyonunun artması bu bitki türlerinin fotosentez kapasitesini arttırabilir. C4 bitkileri ise CO₂ gazının artışına karşı daha dirençlidir (Yavaş ve ark., 2018).

Araştırmalar incelendiğinde hava kirleticilerden SO₂, NO_x ve O₃ gazlarının bitkilere zararlarından söz edilmiştir ancak CO₂ konusunda ayrıntılı bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bitkiler için gerekli besinler arasında S önemli bir yere sahiptir ve SO₂ düşük konsantrasyonlarda ek bir kaynak olarak kullanılabilir. Ancak SO₂ gazının fazla olduğu durumlarda stomalarda düzensizlik olur ve bu da solunumun artmasına, fotosentezin azalmasına sebep olur (Jayara, 2021). SO₂ stomaların kontrolsüz açılmalarına ve su kaybına sebep olur. Buğday bitkilerinde ise ılıman iklim koşullarında klorofil kaybına sebep olur. Bu durum akut olarak yaprak hücreleri tamamen parçalar. NO_x gazı bitkilere SO₂ gazına benzer şekilde stomalardan girerek apoplastın sulu fazında çözüldükten sonra nitroz asit (HNO₂) üretmek için indirgenir ya da NO⁻³ veya nitrit (NO⁻²) üretmek için ayrışır (Rai ve ark., 2011). Ayrışan NO⁻² ve NO⁻³ hücre zarı ve lipitlerin oksidasyonuna neden olur. Yüksek konsantrasyonlardaki NO⁻² klorofili tahrip ederek azaltır. Bu da hücrelerin asitlenmesine, klorozun, hatta bitkinin ölmesine yol açar. NO⁻²'nin gelişmekte olan ülkelerde mahsul verimi üzerindeki etkisi hakkındaki araştırmalar yetersizdir. Bitkiler için başka bir zararlı hava kirletici O₃'dur ve O₃ toksisitesi polen düşüklüğüne neden olur. Ayrıca bitkilerin kuraklığa karşı direncini azaltır (Wilkinson ve ark., 2012). O₃'ün sebep olduğunu hasarlar yaprak kısımlarında nekrozlar ve renk değişimleridir (Jayara, 2021).

İklim değişikliği ve hava kirliliğinin tarım üzerindeki olumsuz etkileri ile ilgili çalışmalardan birinde; atmosferdeki CO₂ artışı ve sıcaklık değişimleri sebebiyle mısır ve buğday bitkilerinin değişken hava koşullarındaki hassasiyetleri analiz edilmiştir (Çaylak, 2015). Çin'in en büyük buğday üretim bölgesi olan Kuzey Çin Ovası (NCP)'nın, son yıllarda hava kirliliğinden ciddi şekilde etkilendiği belirtilmiştir. Konuyla ilgili araştırma kışlık buğdayın (*Triticum aestivum* L.) 2001 yılından 2012 yılına kadar olan süreçte hava kirliliğinin potansiyel etkisi üzerinedir. Araştırmaya göre kışlık buğdayın büyüme döneminin erken safhalarında hava kirliliğinden etkilendiği ortaya konulmuştur. Ancak bu araştırmada buğdayın tane verimi ile hava kirliliği arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (Liu ve ark., 2016). Yine NCP'deki buğday ve mısır tarımının verimi ile iklim değişikliği arasındaki ilişki mekânsal ve zamansal değişiklikler göz önünde bulundurularak bir araştırma yapılmıştır. Son yıllarda sıcaklığın artması, yağış miktarı; kısacası iklim değişikliğinin ova üzerindeki olumsuz etkileri gözlemlenmiştir. Sıcaklıktaki ve yağıştaki değişimlerin buğday verimini %6, %10 ve %16 oranlarında azalttığı sonucuna varılmıştır (Song ve ark., 2022). Çin'de yapılan başka bir araştırmada son kırk yılda yaşanan ekonomik kalkınmada başarılar elde edilmesine rağmen hava kirliliği oldukça artmıştır. Özellikle 1960'lı yıllardan bu zamana kadar tarımda toprak ve suyun etkilerinin yanı sıra artan sıcaklıklar ile hava kirliliği gibi çevresel faktörlerin de etkilerini ortaya koymak için birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin sıcaklığın artması bazı bitkilerin fenolojisini hızlandırabilir ve bu nedenle mahsul verimini %10-%40 arasında azaltabilir. Yakın gelecekte yani 2030 yılı ve sonrası için mısır, soya fasulyesi, buğday üzerinde hava kirliliğinden kaynaklı O₃'ün artması ile küresel bir riskin, gıdaya erişimin tehlikeye gireceği düşünülmektedir (Chen ve ark., 2022). 2012 yılında yapılan bir araştırmada Pekin'de simülasyon ortamında iklim değişikliğine bağlı ısının artışının buğday ve mısır üzerindeki etkileri analiz edilerek olumsuz etkiler bulunmuştur. İklim değişikliğinin tarımdaki önemli etkilerinden biri de sıcaklık ve mevsim değişikliklerine

bağlı olarak mahsullerin ekim ve hasat zamanlarıyla, tarım alanlarının konumunun değiştirmesidir. Ayrıca mahsullerin yetiştirilme koşulları da değişmektedir. NCP’de kışlık buğdayların büyüme aşamasında sıcaklık ve nem değişimlerine bağlı olarak kuraklık oluşmaktadır ve bu da mahsul verimini etkilemektedir (Zhang ve ark., 2021). Ancak bazı araştırmacılar; NCP’deki sıcaklık değişimleri, aşırı yağışlar ve kuraklık gibi iklim şartlarının kışlık buğday ve yazlık mısırın verimliliğini ihmal edilebilir düzeyde etkilediğini belirtmiştir (Li ve ark., 2022). Yine de özellikle sıcaklık ve buhar basıncı mahsulleri büyüme aşamasında olumsuz etkilemektedir. Sonuç olarak tarım alanlarının iklim değişikliğine göre optimize edilmesi ve buna yönelik stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir (Yan ve ark., 2023).

2.3. Türkiye’de Buğday Yetiştiriciliği

İnsan beslenmesinde en önemli gıda olan tahıllardan buğday dünyada en çok üretilen ve tüketilen besindir. Buğday bitkisi “poales” takımına, “poaceae” familyasına ve “triticum” cinsine aittir (Kuşçu, 2021). Çoğu toplumda düşük yağlı temel besin maddesidir. Karbonhidrat bir besin olan tahıllar; mineral, protein açısından zengin olup suda ve yağda çözünebilir vitaminleri barındırır (Seal ve ark., 2021). Buğday üretiminin ilk kez Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Karacadağ yakınlarında olduğu bilinmektedir. Tarih boyunca birçok uygarlığa besin kaynağı olan buğday 10 bin yıl önce Şekil 2.6’da da gösterildiği gibi “Bereketli Hilal” bölgesinde başlamıştır (URL 15).



Şekil 2. 6: Bereketli Hilal (URL 15)

Tahıllardan en önemli besin maddesi olan buğday (*Triticum*) dünya nüfusunun yaklaşık %40'ı için temel besin kaynağıdır. Tüm dünyada buğday üretiminde herhangi bir azalma olması durumunda undan yapılan gıda maddeleri ve ekmek fiyatlarının zamlanarak herkesi doğrudan etkilemesi beklenir. Bu nedenle yeterli üretimin yapılamadığı durumlarda gıda krizi ortaya çıkabilir (URL 12). Bu sebeple küçük tarım alanlarında bile birim alandan alınan verimin yüksek olması önemlidir. Yüksek verim sağlamak için her bölgenin iklim ve toprak koşullarının iyi analiz edilmesi ve buna göre tohum seçilmesi gerekmektedir (Özsoy ve ark., 2022).

Her türlü koşulların yanından bitkisel üretimlerde en önemli faktör olarak iklim gösterilmektedir. Buğday yetiştiriciliğinde en önemli iklim koşulları bol nem ve düşük sıcaklıktır. Ekimden sonra gelişmekte olan buğdaylarda istenilen nem oranı %60 civarında ve sıcaklık ise 5-10°C olmalıdır. Toprakların su tutma kapasitesinin ise %25-30 civarlarında olması istenmektedir. Buğdaylar çok çeşitli olması sebebiyle verimsiz topraklardan verimli toprak tiplerine kadar farklı alanlarda yetiştirilebilmektedir. Değişik iklim koşulları ve toprak yapılarına uyum sağlayabilmesi sebebiyle birçok ülke gıda talebini karşılamak için buğday yetiştiriciliğine yönelmektedir (Kuşçu, 2021). Buğday yetiştiriciliğindeki önemli morfolojik özelliklerden biri de bitki boyudur. Bitki boyu, genetik yapıya bağlı olmakla birlikte ekim sıklığı ve zamanı, iklim ve toprak özellikleri, sulama, yetiştirilme tekniğine de bağlıdır (Mut vd., 2005). Tahıl bitkilerinde fotosentez başak kısmında gerçekleşmektedir. Fotosentezden elde edilen besin tanelere taşıyıp verimi ve kaliteyi doğrudan etkilemektedir. Başak boyunun uzun olması daha fazla tane sayısı demek olduğu için buğdayın en önemli bileşeni başaktır (Özkan, 2022).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu'nun (FAO) 2016 verilerine göre 356 milyon ton tahıl endüstriyel amaçlar için, 939 milyon ton hayvan beslenmesinde ve 695 milyon ton ise insan beslenmesinde kullanılmıştır. Veriler böyleyken tahılın dünya genelindeki önemi göz ardı edilmemelidir. Özellikle insanların günlük beslenmesinde tahıllar yaygın olarak kullanılmaktadır ve günlük kalori ihtiyacını büyük oranda karşılamaktadırlar. Türkiye'de tahıllardan elde edilen kalori miktarı yaklaşık olarak %60-65 olup, günlük kaloninin %20'si de buğdaylardan sağlanabilmektedir. Bu değerler dünya ortalamasına göre üstünlük göstermektedir. Türkiye'de temelde tahıl tüketimi ekmektir ve küçük bir kısmı makarna, bulgur gibi besinlerin elde edilmesinde kullanılmaktadır (URL 14). Dünya genelinde tahıl üretimi çok farklıdır ve Çizelge 2.8'de özetlenmiştir.

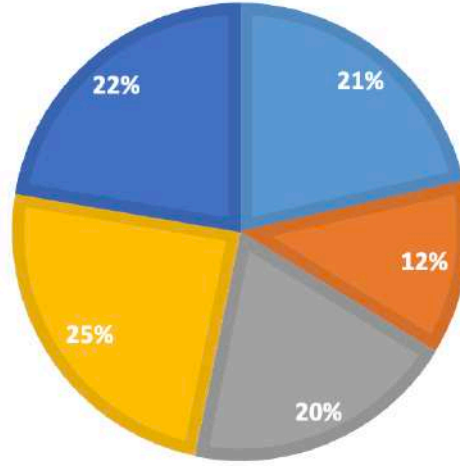
Çizelge 2. 8: Dünya'da yıllara göre tahıl üretim miktarları (milyon ton) (Kuşçu, 2021)

Tahıllar	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Buğday	659	718	732	740	757	763	732
Arpa	131	145	144	150	148	145	139
Mısır	901	1032	1061	1023	1132	1090	1129
Çavdar	14	17	15	13	13	13	11
Yulaf	21	24	23	22	24	24	22
Dünya Geneli	1829	2043	2092	2058	2187	2142	2139

Dünyada 2018-2019 yılı itibariyle 1.13 milyar ton mısır, 732 milyon ton buğday, 139 milyon ton arpa, 22 milyon ton yulaf, 11 milyon ton çavdar üretimi gerçekleşmiştir (Kuşçu, 2021).

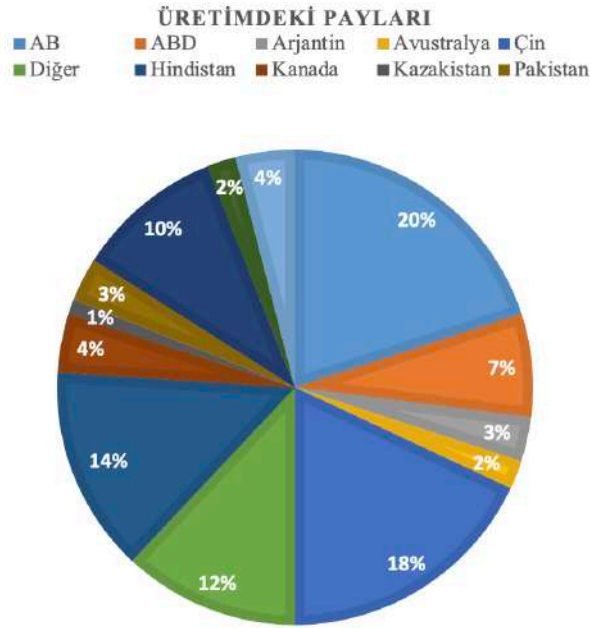
EKİM ALANI ORANLARI

■ AB ■ ABD ■ Çin ■ Hindistan ■ Rusya



Şekil 2. 7: Dünyada buğday ekim alanlarının ülkelere göre oranları (Kuşçu, 2021)

Şekil 2.7’de dünyada buğday ekim alanlarının 2019-2020 grafiğine bakıldığında en fazla ekim alanın yaklaşık %14 ile Hindistan ve sırasıyla %13, %12, %11 ve %7 ile Rusya, Avrupa Birliği (AB), Çin ve ABD olduğu görülmektedir (Kuşçu, 2021).



Şekil 2. 8: Ülkelerin buğday üretim oranları (Kuşçu, 2021)

Dünyada buğday üretimi oranlarına bakıldığında üretim yapan ülkeler ve payları yukarıda Şekil 2.8’de verilmiştir (Kuşçu, 2021).

Türkiye buğday yetiştiriciliği açısından oldukça zengindir; 20’den fazla tür ve 400’den fazla ıslah edilmiş buğday türünü barındırır. Doğu Karadeniz kıyı şeridi dışındaki hemen her yerde buğday tarımı toplam tarımsal alanların yaklaşık %26,5’ini oluşturur ve Türkiye’de 30 tarım havzası vardır. Şekil 2.9’da Türkiye’de buğday üretim bölgeleri verilmiştir (URL 15).



Şekil 2. 9: Türkiye’de buğday üretim bölgeleri (URL 15)

Türkiye’de tarla alanlarının kullanımında buğday birinci sırayı arpa ikinci sırayı almaktadır. Tahıllar temel besin olmanın yanı sıra üretim aşaması kolay, maliyet açısından ucuzdur. Ayrıca yetiştirilme ortamlarına adaptasyonları çabuk olmakla birlikte hastalık, zararlı böcekler ve iklim şartlarına karşı diğer bitkisel ürünlere göre daha dayanıklıdır. Özellikle son yıllarda buğday üretiminin daha çok tercih edilmesinin sebebi nüfusun artmasına bağlı olarak tarım alanlarının azalması ve tüketim hızının artmasıdır (Kayaçetin, 2006). Türkiye İstatistik Kurumu’nun (TÜİK) 2023 yılındaki verilerine göre tahıl ürünlerinde 2022 yılına göre yaklaşık % 9 oranın artış olmuş ve 42,2 milyon ton üretim gerçekleşmiştir. Buğday üretiminde ise 2022 yılına göre 22 milyon ton üretimle %11,4 oranında artış olmuştur (URL 26).

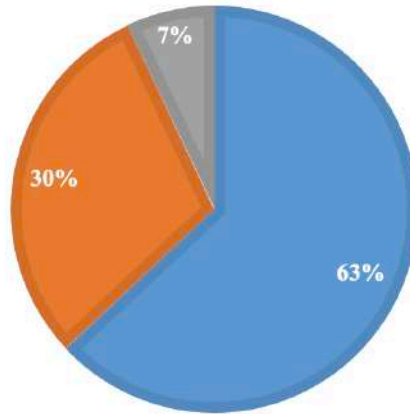


Şekil 2. 10: Konya'da buğday tarımı (URL 11)

Türkiye'de buğday tarımının geçmişine bakıldığında 2009 yılında ortalama olarak 8 milyon hektarlık alana ekim yapılmış ve 20 milyon ton üretim gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.10'da Konya'da buğday tarımına örnek verilmiştir. Türkiye'deki buğday üretiminin yaklaşık %11'i Konya ilinden karşılanmaktadır. Konya ilinde 2009 yılından beri yaklaşık 780 bin hektarlık alana ekim yapılmasıyla birlikte Türkiye'de en çok verim bu ilde gerçekleşmiştir. Ancak yine de ürünlerde kalite düşüklüğü gözlemlenmiştir. Konya'da yapılan bir anket araştırmasında çiftçilere buğday yetiştiriciliği hakkında sorular sorulmuştur. Şekil 2.11'de çiftçilerin buğday tarımındaki toprak tercihleri belirtilmiştir ve buna göre çiftçilerin %7'si hem kuru hem de sulu tarım, %30'u sulu tarım ve %63'ü de kuru tarım yapmaktadır (Akman ve ark., 2011).

YÜZDELİK DİLİM

■ Kuru ■ Sulu ■ Kuru+sulu



Şekil 2. 11: Çiftçilerin buğday tarımındaki toprak tercihleri (Akman ve ark., 2011)

Yapılan anket sonuçlarına göre Konya’da kışlık buğday ekiminin en uygun olduğu zaman Ekim ayıdır. Çiftçilerin yaklaşık %22.3’ü Kasım ayında ekim yaparken %77’si Ekim ayını tercih etmektedir. Ekim ayında yapılan ekimlerde dona karşı direncin ve çimlenme oranını arttığı gözlemlenmiştir (Akman ve ark., 2011).

2.4. Konya İli Hakkında Genel Bilgiler

2.4.1. Konya İlinin Coğrafi Konumu ve Topoğrafyası

Coğrafi konumu olarak; 36°41' ve 39°16' kuzey enlemleri ile 31°14' ve 34°26' doğu boylamları arasında yer alır. Ayrıca Konya'nın yüzölçümü göller hariç 38.257 km² ve ortalama yükseltisi 1.016 m'dir. Konya İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan Ankara, Aksaray, Niğde, Mersin, Karaman, Antalya, Isparta, Afyon ve Eskişehir ile komşu olan bir şehirdir (Çobanyıldız, 2016). Şekil 2.12'de Konya ilinin Türkiye haritasındaki yeri ve fiziki haritada dağlar ile göller gösterilmiştir (URL 5, URL 6). Konya ilini çevreleyen göllere ve platolara bakıldığında; kuzeyde Haymana platosu, doğuda Obruk platosu, kuzeydoğuda Cihanbeyli platosu ve Tuz Gölü, batıda Beyşehir Gölü ve Akşehir Gölü, güneyde Sultan Dağları'ndan başlayan ve Karaman ilinin güneyine kadar devam eden fay hattı boyunca oluşmuş volkanik dağlara kadar uzanmaktadır (Çobanyıldız, 2016).



Şekil 2. 12: Konya ilinin Türkiye haritasından yeri (URL 5) ve Konya fiziki il haritası (dağlar ve göller) (URL 6)

Şehrin bulunduğu alanın büyük bir kısmı yüksek geniş düzlüklü platodur. Bu büyüklükteki yüzölçümüyle Türkiye'nin en büyük yüzölçümüne sahip ilidir. Coğrafi konumu sebebiyle kuzey-güney ve güneybatı yönleri Toros Dağları ve uzantılarıyla çevrilidir. Güneybatıda 2.467 m yükseklikte Geyik Dağı, Karakuş Dağı ve Haydar Dağı vardır. Batıda; güneydoğudan, güneybatıya doğru uzanan 100 km uzunluğunda Konya ile Isparta'yı birbirinden ayıran Sultan Dağı vardır. Konya ilinin en yüksek dağları ise 3.240 m uzunluğundaki Ereğli çevresinde bulunan Bolkar Dağları'dır. Özellikle Sultan Dağı tarımda önemli bir yere sahiptir (Çiftçi ve ark., 2013). Bu dağların yanı sıra; Karaman ilinin kuzeyinde 2000 m yüksekliğinde Karadağ, Karapınar ilçesinin doğusunda Karacadağ ve il merkezinin batısında 1100 m yüksekliğinde krater gölüne de sahip olan Takkeli Dağ vardır. Konya ilinin %80'i düzlük, kalan kısımları da dağlık bölgelerdir. Topoğrafik olarak Konya; il sınırının batısında Meram ilçesi yakınlarında 1250 m'den itibaren belirgin bir şekilde batı yönüne doğru yükselmeye başlar. Kuzey ve güney yönlerinde uzanan bu eğik düzlemin ova ile kesiti karşılaştırıldığında; ovadan bakıldığında bir çizgi üzerindedir. Bu yamaçlar da Konya ilinin batısında bir duvar görünümü oluşturmaktadır. İlin kuzey tarafında doğu ve batı yönlerinde daha alçak yamaçlar vardır. Bu yamaçlar Karaömerler Köyü kuzeyindeki tepe kısmı ile bitip, tekrar kuzey tarafına yönelmektedir (Kunt ve ark., 2018).

2.4.2. Konya İlinin İklimi

Konya ilinde farklı iklim özellikleri görülmektedir ve bunun nedeni olarak kuzey-güney doğrultusunda geniş bir alanı kapsayan Konya Kapalı Havzası gösterilmektedir. Havzanın güney kısmında kış aylarında ılık ve yağışlı, yaz aylarında sıcak ve kurak olan Akdeniz iklimi görülmektedir. Orta ve kuzey kısımlarında ise kış aylarında soğuk, yaz aylarında sıcak ve kurak olan karasal iklim yaşanmaktadır. Karapınar ve çevresinde çöl iklimi hakim olmaktadır. Yağışlar genellikle kış ve ilkbahar aylarında görülür ayrıca Konya merkezinde hakim rüzgarların yönü kuzey-kuzeydoğudur (Çiftçi ve ark., 2013).

2.4.3. Konya İlinin Meteorolojik Koşulları

Konya’da yıllık ortalama rüzgar hızı 2,0 m/s olmakla birlikte hakim rüzgarların yönü kuzey ve kuzeydoğudur. Akşam saatleri rüzgar hızının en az olduğu saatlerdir. Rüzgarlı geçen gün sayısı az olup etkin olduğu saatler genelde gün doğumundan sonra başlayıp gün batımına kadar sürmektedir. Konya’da yağışlı gün sayısı ortalama 81,6 gündür. Yağışlar özellikle kış ve ilkbahar aylarında etkilidir. En fazla yağış alan aylar Aralık ve Mayıs aylarıdır. Yıllık ortalamalarına göre yağış miktarı 325,8 mm/m²’dir. Hava sıcaklığına bakıldığında yıllık ortalama sıcaklık 11.5°C’dir ve en soğuk aylardan biri olan Ocak ayında sıcaklık ortalama -2°C olup, Temmuz ayında en sıcak günlerde ortalama 23,2°C’dir. Konya’da en fazla sisli günler Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında görülmektedir. Yaz aylarında sis gözlenmez. Kış günlerinde bazı zamanlarda atmosferin üst kısımlarının yere göre daha sıcak olması durumunda inversiyon ve sis meydana gelir ve bu da hava kirleticilerinin uzun süre havada asılı kalmalarına sebep olmaktadır. Konya ilinde ortalama nem oranı %60 olup, kış aylarında bu değer yaklaşık olarak %72’lere kadar yükselebilmektedir. Nem oranı Aralık ve Ocak aylarında ise %79’lara kadar yükselmektedir. Bağıl nemin en az gözlemlendiği aylar Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Konya’da yıllık ortalama basınç 898,4 mbar’dır. Ancak bu durum kış aylarında yükselerek ortalama 899,5 mbar’ı görmektedir. Bu durumlarda da sis oluşumu sıkça görülür. Bu sebeple hava kirliliğinde hava basıncının da önemli bir yeri vardır (Kunt ve ark., 2018). Çizelge 2.9’da Konya ilinde 1929-2022 yılları arasında mevsim normallikleri 12 ay esas alınarak ortalama minimum ve maksimum sıcaklık, güneşlenme süresi, yağışlı gün sayısı ve yağış miktarı olarak verilmiştir.

Çizelge 2. 9: Konya’da 1929-2022 yılları arasında mevsim normallikleri (URL 4)

KONYA	AYLAR												Yıllık
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
	Ölçüm Periyodu (1929-2022)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0.2	1.5	5.5	11.1	15.9	20.1	23.5	23.3	18.8	12.8	6.5	1.8	11.7
Ortalama Max. Sıcaklık (°C)	4.6	7.0	11.7	17.5	22.4	26.7	30.2	30.2	26.0	20.0	13.1	6.6	18.0
Ortalama Min. Sıcaklık (°C)	-4.2	-3.3	-0.2	4.3	8.6	12.7	15.9	15.7	11.0	6.0	0.8	-2.3	5.4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.3	4.6	5.9	7.2	9.0	10.7	11.8	11.4	9.7	7.3	5.3	3.2	7.4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	9.96	8.39	8.91	8.90	10.3	6.78	2.18	1.48	3.17	6.07	6.57	10.07	82.8
Aylık Toplam Yağış Miktarı	38.4	28.8	29.4	31.7	43.0	25.9	7.5	6.3	13.5	29.6	32.0	45.7	331.8

Ortalaması (mm)		Ölçüm Periyodu (1929-2022)													
En Yüksek Sıcaklık	19.9	23.8	28.9	30.9	34.4	36.7	40.6	39.0	38.8	32.3	25.4	21.8	40.6		
En Düşük Sıcaklık	-28.2	-26.5	-16.4	-8.6	-1.2	1.8	6.0	5.3	-3.0	-8.4	-20.0	-26.0	-28.2		
Günlük Toplam En Yüksek Yağış Miktarı			Günlük En Hızlı Rüzgar					En Yüksek Kar							
22.02.1945			73.2 mm					18.04.2012 32.4 m/s				22.02.1945 66 cm			

Geçmişten günümüze Konya ilinin nüfusunda gelişmeler olmuştur. Çizelge 2.10'da Konya ilinin 2023 yılındaki nüfus bilgileri verilmiştir. Son olarak ise Konya'nın nüfusu 2023 yılı itibariyle 2.320.241 kişidir (URL 7).

Çizelge 2. 10: Konya ve Türkiye'de 2023 yılının nüfus bilgileri (URL 7)

NÜFUS VERİLERİ	
Türkiye'deki Toplam Nüfus	85.372.377
Konya İli Nüfusu	2.320.241
Konya İlinde Nüfus Artış Hızı (binde)	10,4
Konya İlinde Nüfus Yoğunluğu (göller hariç) kişi/km ²	60 kişi

Ayrıca Çizelge 2.11'de Konya ilindeki ilçelerin 2023 yılındaki nüfus bilgileri verilmiştir (URL 24).

Çizelge 2. 11: Konya ilçelerinin 2023 yılındaki nüfusları (URL 24)

İLÇELER	NÜFUS
Akşehir	92.946
Beyşehir	79.030
Cihanbeyli	50.922
Çumra	68.543
Ereğli	153.849
Ilgın	53.707
Karatay	375.919
Meram	347.341
Selçuklu	695.771
Seydişehir	65.928

Çizelge 2.10 ve 2.11’de (URL 7, URL 24) görüldüğü gibi yıllar geçtikçe Konya’nın nüfusunda artmalar yaşanmıştır. Bunun sebebi olarak da birçok yeni fabrikanın açılması ve sanayinin gelişmesiyle organize sanayi bölgelerinin büyümesi gösterilebilir. Konya’da gerçek ve tüzel olarak Konya Sanayi Odası’na kayıtlı yaklaşık 1000’in üzerinde sanayi kuruluşu bulunmaktadır. Bu kuruluşlardan en önemlileri olarak; Konya Çimento Fabrikası, Konya Kağıt Fabrikası, Konya Şeker Fabrikası, tuğla fabrikaları ve yağ rafine fabrikaları gösterilebilir. Yine nüfusa bağlı olmasının yanında Konya’nın düz ve geniş bir araziye dağılmasından dolayı trafikte yer alan araç sayısı da oldukça fazladır. Türkiye’de kişi başına düşen araç sayısı olarak en yoğun illerden biridir. Bu durum da meteorolojik faktörlerin yanında hava kirliliğini önemli ölçüde arttırmaktadır. Bir bölgede hava kirliliği seviyesini kaynaktan gelen kirlilik miktarının yanında meteorolojik şartlar ve topoğrafik yapıyı da etkiler (Kunt ve ark., 2018)

Konya ilinde hava kirliliğini meteorolojik faktörler de belirli oranlarda etkiler. Örneğin sıcaklığın düştüğü zamanlarda artan yakıt kullanımı sebebiyle hava kirliliğinde artış gözlemlenmektedir. Hava sıcaklığının azaldığı zamanlarda havadaki nem sise neden olmaktadır ve bu da kirliliği yoğunlaştırmaktadır. Yağış ise kirliliğin giderilmesinde önemli bir yere sahiptir çünkü yağış arttıkça havadaki kirletici miktarı azalır. Atmosferde yayılan hava kirleticilerinin başka bölgelere taşınmasında ve daha çok yayılmasındaki en önemli faktör ise rüzgardır. Özellikle sanayi bölgelerinden kaynaklı kirliliğin yerleşim bölgelerine taşınmasında rüzgarın yönü ve hızı önemlidir. Ancak rüzgar hızı arttıkça kirletici konsantrasyonlarının azaldığı gözlemlenmiştir. Konya ilindeki sanayi alanlarının rüzgarla aynı yönde olması ilin merkezindeki hava kirliliği konsantrasyonunu arttırmaktadır. Yüksek basınçlarda hava çökelmeye eğilimli olduğu için atmosferdeki hava kirleticileri yükselemez ve dolayısıyla da yayılamaz. Alçak basınçlarda ise kirleticiler atmosfere yükselebilirler (Kara ve ark., 2018).

Türkiye’de Konya hava kirliliği bakımından önde gelen şehirlerden biridir. Özellikle sanayi ve yerleşim alanlarından kaynaklanan kirlilik; kış aylarında kuzey, kuzey-doğu ve kuzey-batı kesimlerindeki yükseltilerden dolayı şehir merkezinde yoğunlaşmaktadır (Çiftçi ve ark., 2013). Konya ilin topoğrafik olarak geniş bir çukurun içerisinde kurulduğundan hava hareketleri engellenmektedir. Bu da kirliliğin merkez bölgelerde yoğunlaşmasına neden olmaktadır (Kunt ve ark., 2018).

2.4.4. Konya İlinde Hava Kirliliği

Konya ili Türkiye’deki konumu ve yüzölçümü bakımından en büyük şehir olması sebebiyle sanayisi oldukça gelişmiştir. Özellikle 1975 yılından sonraki yıllarda Konya’da hava kirliliği yavaş yavaş etkisini göstermeye başlamıştır. Şehir merkezinde oluşan hava kirliliğinin başlıca sebepleri aşağıdaki Çizelge 2.12’de de ifade edildiği gibi; yerleşim yerlerinin ısınmasında kullanılan fosil yakıtlar, sanayi tesisleri, motorlu taşıtların egzozlarından yayılan emisyonlardır. Şehirdeki yeşil alan yetersizliği de kirliliğin başka bir sebebidir. Aşağıdaki Çizelge 2.12’de Konya’daki hava kirliliğinin etkileri doğal ve yapay etkenler olarak ikiye ayrılmıştır.

Çizelge 2. 12: Konya ilinde hava kirliliği etkenleri

Doğal Kaynaklı Etkenler	Yapay Kaynaklı Etkenler
Meteorolojik ve iklimsel faktörler	Motorlu taşıtlar
Coğrafi konum	Isınma
Topoğrafik yapı	Kentleşme Sanayileşme

Çevre Bakanlığının 22.10.1992 tarih ve 21388 Sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Motorlu Taşıt Egzoz Gazlarının Yol Açtığı Kirliliğin Önlenmesine İlişkin Tebliğ” ’e göre Konya’da motorlu taşıtların egzoz emisyonlarından kaynaklanan hava kirliliğinin önlenmesi amacıyla 01.01.1994 tarihinden itibaren egzoz gazı emisyon ölçümleri yapılmaktadır (Kunt, 2007). Ulusal HKİ, EPA HKİ’nin sınır değerlerine göre oluşturulmuş olup PM₁₀, CO, SO₂, NO₂ ve O₃ esas alınmıştır ve Çizelge 2.13’te verilmiştir (URL 5).

Çizelge 2. 13: Hava kirliliği indeksi hesaplanan parametrelerin sınır değerleri (URL 5)

Parametre	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	CO (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	PM (µg/m ³)
	1 saatlik ortalama	1 saatlik ortalama	8 saatlik ortalama	8 saatlik ortalama	24 saatlik ortalama
Ulusal Sınır Değer	410	270	10.000	120	70
AB Üye Ülkelerinde Sınır Değerler	350	200	10.000	120	50

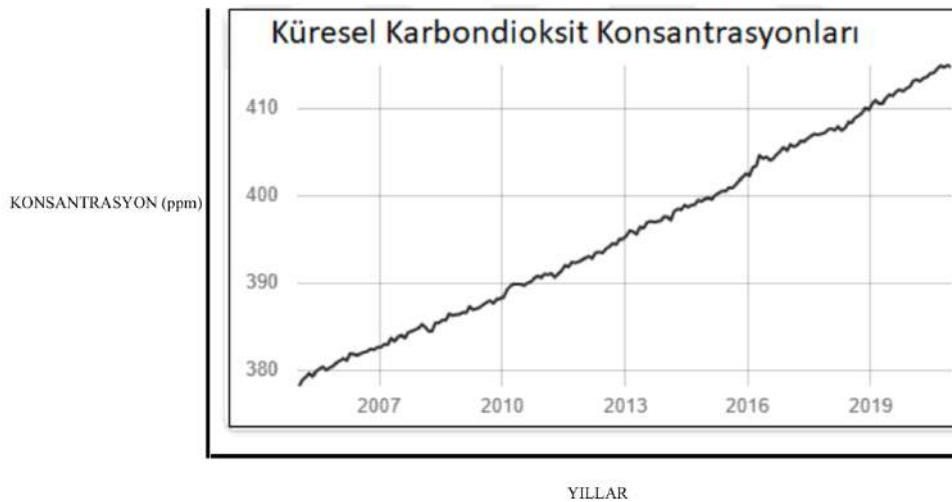
Konya’nın trafikten kaynaklı PM₁₀, O₃, CO ve NO₂ kirleticilerinin emisyonları saatlik olarak ölçülmüş ve sonuçları ise Çizelge 2.14’de verilmiştir. Ölçümler 1 Ocak 2021 ve 31 Aralık 2021 tarih aralığında gerçekleştirilmiştir. Bu veriler Güney İç Anadolu Temiz Hava Merkezi’nden alınmıştır. Çizelge 2.13’e göre Konya ilinde 1 Ocak 2021 ve 31 Aralık 2021 tarihleri arasında 1 yıllık ölçümlerde yalnızca maksimum değerlerin sınır değerleri aştığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 2. 14: Konya’da trafikten kaynaklı hava kirleticileri emisyonlarının özet tablosu

Hava Kirleticiler Parametreleri	Sınır Değer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Min. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ortalama ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM ₁₀	50	1,95	331,54	42,69
O ₃	120	2,02	123,77	50,54
CO	10.000	46,02	8.189,89	827,4
NO ₂	250	5,28	611,49	75,13

2.4.5. Konya İlinde İklim Değişikliği ve Buğday Tarımı

Küresel iklim modelleri önceleri CO₂ konsantrasyonundaki değişimleri tahmin ederken; günümüzde daha çok volkanik aktiviteler, buzulların erimesi, okyanustaki O₂ konsantrasyonları gibi olayları esas almaktadır. Bu sistemler geçmiş verilere göre kalibre edilip doğrulamalar yapılır. Ardından gelecekteki sıcaklık, yağış gibi değişiklikleri tahmin etmekte kullanılır. Şekil 2.13’te Mauno Lao İstasyonu’nda (Havai) 2007-2019 yıllarındaki CO₂ konsantrasyonu artışı için tahmin modeline dair grafik verilmiştir (URL 16).



Şekil 2. 13: Mauno Lao İstasyonu’nda (Havai) 2007-2019 yıllarındaki CO₂ konsantrasyonu artışı (URL 16)

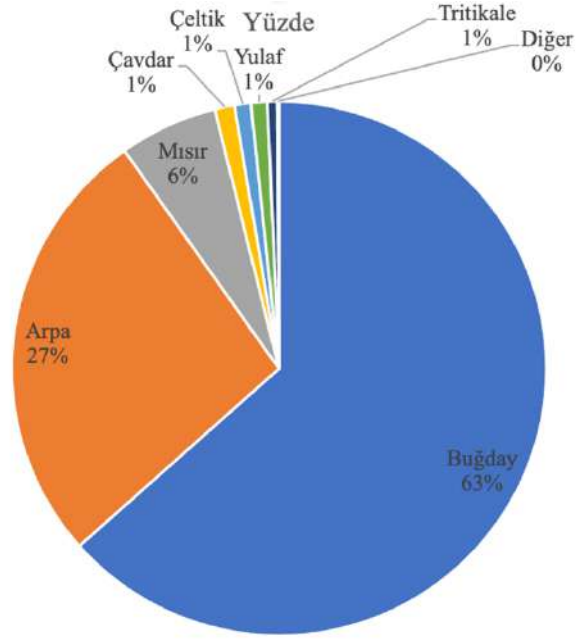
İklim değişikliğinden gelecekte en çok etkilenecek bölge olarak Akdeniz Havzası görölmektedir. Yapılan araştırmalara göre iklim değişikliğinin yoğun olumsuz etkilerinin bu bölgede fazlaca gözleneceği öngörülmektedir (Kuşçu, 2021). Şekil 2.14’de Akdeniz Havzası ve etrafındaki ülkeler gösterilmiştir (URL 17).



Şekil 2. 14: Akdeniz Havzası haritası (URL 17)

Türkiye, Akdeniz Havzası’ndaki ülkelerden biridir. Bu havzanın en önemli özellikleri; nüfusun bu bölgede yoğun olması sebebiyle ekonomik ve ticari faaliyetlerin fazla olmasıdır. Kış aylarında Akdeniz Bölgesi’nin ısınma eğilimde olduğu söylenebilir. Konya ili de diğer birçok şehir gibi Akdeniz Havzası’na yakın illerden biridir. Buğday yetiştiriciliğinin iklim değişikliğinden olumsuz etkileneceği düşünöldüğünde bu bölgede yapılan tarımın da etkilenecek olması kaçınılmazdır. Ancak bu konuda yapılan çalışmalar sınırlıdır. Dellal ve arkadaşlarının 2004’te yaptıkları bir çalışmada; HadGem modelini kullanarak 2050 yılında iklim değişikliğinin Türkiye’nin bütün bölgelerinde yetiştirilen tahılların verimine dair olası etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucuna göre Türkiye genelinde yetiştirilen arpa, buğday, mısır ve çavdarın iklim değişikliğinden etkilenip verimlerinin %2 ile %13 arasında düşeceği öngörülmüştür. İklim değişikliği ve küresel ısınma sebebiyle sıcaklığın her yıl yaklaşık 1°C artacağı ve buna bağlı olarak buğday üretiminde %6’lık bir düşüş olacağı öngörülmektedir (Kuşçu, 2021).

Türkiye’de birçok tahıl ürünü yetiştirilmektedir ve Şekil 2.15’te ekimi yapılan tahıllar ile yüzdeleri verilmiştir (Kuşçu, 2021). Buğday ekimi ise %64 ile ilk sırada yer almaktadır (URL 25).



Şekil 2. 15: Türkiye’de tahıl çeşitleri ve ekim alanları (%) (Kuşçu, 2021)

2019-2020 yılı üretim verilerine göre Dünya’da ekilen buğday alanlarının %3,3’ünü Türkiye oluşturmaktadır. Ayrıca Türkiye’de 2018-2019 yılları arasında 72.9 milyon hektarlık bir alan buğday yetiştiriciliği için kullanılmıştır. Bu tarım alanları Konya, Ankara, Diyarbakır, Yozgat, Çorum, Tekirdağ, Şanlıurfa, Mardin ve Eskişehir’dir. Şekil 2.16’da Türkiye’de buğday ekim alanları en yoğunundan en azına göre verilmiştir (Kuşçu, 2021). İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde diğer bölgelere göre buğday üretimi daha fazladır. İç Anadolu Bölgesi’nde geniş tarım arazileri olmasına rağmen yağış kısıtlıdır ancak yine de buğday üretimi oldukça yaygındır.



Şekil 2. 16: Türkiye’de buğday ekim alanları (Kuşçu, 2021)

Buğday bütün ülkelerde olduğu gibi Türkiye içinde önemli bir besin kaynağıdır. Türkiye’nin Konya ili yüzölçümü bakımından en büyük il olup toplamda 2.6 milyon hektarlık tarım arazisine sahiptir. Mevcut tarım arazisinin yaklaşık 700 milyon hektarlık kısmında buğday yetiştirilmektedir. Konya’da yetiştirilen buğdaylar geçmiş yıllarda kaliteli ve verimli olsa da son yıllarda iklim değişikliğinin etkileri hissedilmeye başlamıştır. Bu olumsuz etkiler nedeniyle kalitenin düştüğünü fark eden çiftçiler buğday ekim zamanını 1-30 Ekim aralığına yaymaya başlamışlardır. Çünkü kışlık buğday çeşitleri sonbahar döneminden erken ekildiğinde aşırı sıcaklardan olumsuz etkilenebilirler. Yine ekim zamanı için geç kalınırsa büyüme döneminde don olaylarına karşı dirençsiz kalabilirler (URL 18).

Kuşçu’nun 2021 yılında yaptığı bir araştırmaya göre kuru tarım sistemi ve atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu 550 ppm olarak simüle edilmiştir. Buna göre tahıl veriminde %20’lere yakın bir azalma görüldüğü saptanmıştır. Özellikle kışlık buğdaylarda kuru tarım yapıldığında iklim değişikliğine karşı dirençleri düşük olacaktır. Araştırmada Konya ilinde bölgesel iklim modeli kullanılarak tahmin çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda iklim değişikliğinin kuru tarımda yetiştirilen buğday verimine etkileri değerlendirilmiştir. Buğday yeterli sulandığı zaman CO₂ konsantrasyonlarına karşı olumlu etki göstermektedir. Ancak tahmin modeline göre sıcaklık artışları ve yağışların azalması ile CO₂ konsantrasyonlarına karşı buğdayların olumsuz etkilendiği gözlemlenmiştir. Sonuçta Konya ilinde iklim değişikliğine bağlı olarak buğdayların kalitesi ve verimlerinin düştüğü ortaya konmuştur (Kuşçu, 2021). Şekil 2.17’de Konya’nın Şahin ilçesinde bir buğday tarlasından görsel verilmiştir (URL 18).



Şekil 2. 17: Şahin/Konya'da bir buğday tarlası (URL18)

Çizelge 3. 1: Taner ekmeklik buğdayın özellikleri (URL 25)

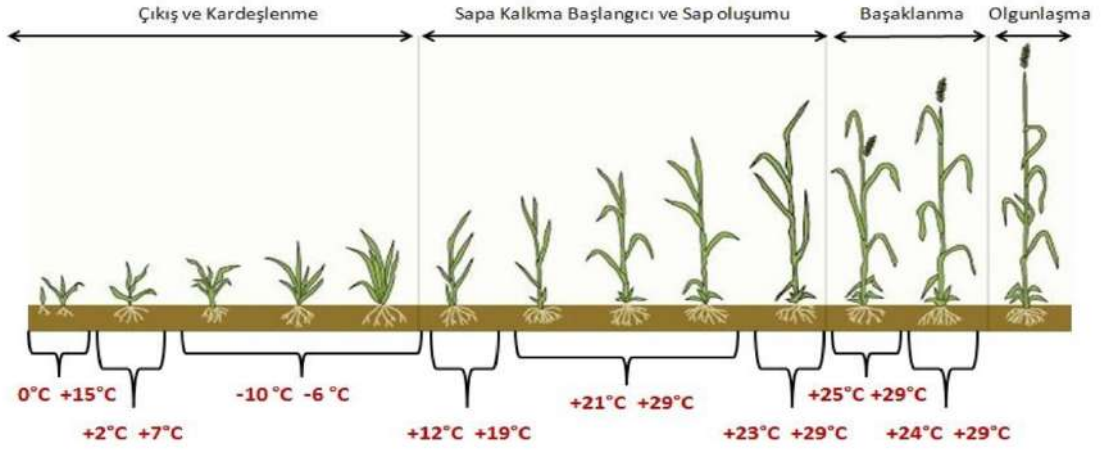
Bin Tane Ağırlığı (g)	35,08
Hektolitre (kg)	74,00
Protein %	14,62
Zeleny (ml)	51,00
Sertlik (SKC)	81,00
Enerji (joule)	309,00
Su Absorbsiyonu %	66,30

Morfolojik özelliklerine bakıldığında kılçıklı, başak orta boyda ve kırmızı renkli, kırmızı taneli ve uzun/çok uzun boylu bir çeşittir. Sağlam saplı ve kurak şartlara dayanıklı, suya ve azota tepkisi iyi olup, eş zamanlı olgunlaşmaya sahiptir. Başaklanma zamanı orta, yüksek verimli ve ekmeklik kalitesi oldukça iyi olan bir çeşittir. Verim özelliği kuru koşullarda ortalama 420 kg/da'dır. Doğal epidemi koşullarda yaprak hastalıklarına dayanıklıdır. Ekim zamanı 1-15 Ekim arasında olup, ekim derinliği olarak 4-5 cm önerilmektedir. Yetiştirmek için tavsiye edilen bölgeler İç Anadolu ve Geçit Bölgeleri olup yine bu yerlere benzer ekolojilerde yetiştirilebilir. Şekil 3.2'de Taner ekmeklik buğdayın tohum hali gösterilmiştir (URL 25).



Şekil 3. 2: Taner ekmeklik buğdayın tohum hali (URL 25)

Şekil 3.3'te ekmeklik buğdayın gelişim aşamaları ve ihtiyaç duyduğu sıcaklıklar verilmiştir (URL 21).



Şekil 3. 3: Buğdayın gelişim aşamaları ve ihtiyaç duyduğu sıcaklıklar ((URL 21)

Şekil 3.4'te Taner ekmeklik buğdayın başaklanmış hali gösterilmiştir (URL 25).



Şekil 3. 4: Taner ekmeklik buğdayın başaklanmış hali (URL 25)

D. melanogaster white tip kültürü 2014 yılından beri laboratuvarında kültüre edilmektedir. (200 ml'lik kültür şişelerinde $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$); deneyler için aynı yaşta yeni bireyler oluşturulması sağlanarak yeni olgunluğa erişen 25 dişi ve 25 erkek birey böceğin standart diyeti bulunan şişeye alınmıştır. Diyet patates püresi ile hazırlanmaktadır (Güneş ve ark., 2018). Çalışmanın her anı aseptik ortamda yürütülmüştür. Kültürden alınan bireylerin çiftleşmeleri için bir gün beklenmiş, çiftleşen bireyler bir gün sonra morga alınmış, kalan şişede bulunan yumurtaların açılması beklenmiştir.

3.2. Metot

Bu tez çalışmasında buğdayın tüm dünyadaki önemi ve stratejik konumu göz önünde bulundurularak hava kirliliği ile ilişkisi araştırılmıştır. Çalışma alanı olarak belirlenen Konya ili konumu, nüfusu, ticari yolları, sanayisi ve yüzölçümü açısından trafiğin yoğun olduğu illerden biridir. Bu sebeple Konya'daki yoğun hava kirliliğinin sebebi olarak sanayi bölgeleri ve trafik nedeniyle oluşan emisyonlar gösterilebilir (Uyanık, 2023). Ayrıca Türkiye'de yetiştirilen buğdayların büyük bir kısmı Konya ilindeki tarım arazilerinde gerçekleşmektedir. Seçilen buğday türü kışlık ekmeklik buğday olup (*Triticum aestivum L.*) çeşidi Taner ekmeklik buğdaydır. Kış aylarında Konya'da hava kirliliğinin yoğun gözlemlenmesi ve Taner ekmeklik buğdayın kış şartlarına dirençli olması sebebiyle tercih edilmiştir. Buğday hava kirleticilerinden CO₂ gazına belirli periyot ve konsantrasyonlarda maruz bırakılmış ve büyüme-gelişmesi gözlemlenmiştir. Ayrıca buğdaylar besin haline getirilip D. melanogasterların beslenme ortamına konulmuştur. Ardından hava kirliliğine maruz bırakılan canlıların yaşam-ölüm oranları gözlemlenmiştir. Çalışmada buğdayın hava kirliliği ile ilişkisi ve besin olarak alınması halinde canlı yaşamındaki olumsuzluklarının anlaşılması amaçlanmıştır. Hava kirletici olarak CO₂ gazını tercih edilmesinin sebebi Konya'daki taşıt yoğunluğundan ve sanayiden kaynaklı CO₂ emisyonlarıdır. Ayrıca model canlı olarak D. melanogaster tercih edilmesinin sebebi ise buğdayın bu canlının ana besini olmamasıdır. D. Melanogasterin sindirim sisteminin insana benzemesi model canlı olarak tercih sebebidir. Literatürdeki bazı çalışmalarda hava kirliliğinin bazı bitki türlerindeki olumsuz etkileri araştırılmış ancak CO₂ gazının etkilerine dair doğrudan bir araştırmaya sınırlı sayıda rastlanmıştır.

Başlangıçta buğday tohumlarının filizlenmesi için kapların içerisine 50 tane tohum konup 25°C'de ortalama 2-3 kadar su içerisinde bekletilmiştir. Şekil 3.5'te tohumların suda filizlenme ve sonrasının görseli verilmiştir.



Şekil 3. 5: Buğday tohumlarının filizlenme aşaması

Ekmeklik buğday tohumlarının balmumu kaplarına yerleştirilen kenevir liflerinin içinde çimlendirilmiştir. Bu aşamada buğdayın kısa zamanda çimlenmesi için elverişli ortam sağlaması ve nemli koruması sebebiyle kenevir lifi kullanılmıştır. Ayrıca balmumu kaselerin kullanılmasının sebebi ise ortam sıcaklığını korumasıdır. Şekil 3.6’da balmumu kaselerinde kenevir liflerine ekilmiş buğday tohumları görülmektedir. Yine aynı türden henüz çimlendirilmeyen tohumlar da deneye tabii tutulmuştur.



Şekil 3. 6: Kenevir lifinde çimlenme aşamasındaki buğdaylar

Önceden tasarlanan ve fiberglasstan 18x18x18 cm boyutlarında, üsteki delik çapı 5,5 cm ve yandaki küçük delik çapı 1,8 cm olacak şekilde yapılmış deney kabini boşken ve ortam sıcaklığı 25°C iken Şekil 3.7'deki IAQ-CALC™ INDOOR AIR QUALITY METER MODEL 7545 cihazı ölçüm yapıldığında ortamdaki CO₂ miktarı 497-503 ppm arasında değiştiği gözlemlendi. Burada normal şartlardaki ortamın CO₂ konsantrasyonunun normalden (415 ppm normal kabul edilmektedir (URL 23)) yüksek olmasının sebebinin deneyin kış döneminde yapılması ve ısınma kaynaklı hava kirliliğinin yoğun olması olduğu söylenebilir.



Şekil 3. 7: IAQ-CALC™ Indoor Air Quality Meter Model 7545 cihazı



Şekil 3. 8: Deney kabininin boş hali

Şekil 3.8'deki gibi deney kabini boşken yapılan ölçüm saat 12:50'de gerçekleşti. Kabin içerisinde CO₂ miktarını arttırmak amacıyla 80 gramlık bir A4 kağıdı (A4 kağıdının ağırlığı 80-90 gram arasında değişmektedir) yakıldı. CO₂ gazı elde etmek için A4 kağıdı yakılmasının sebebi diğer deney aşamalarında aynı konsantrasyonları elde edebilmek ve yeterince gaz açığa çıkarmaktır. Bu işlem saat 12:55'te gerçekleşti. Kabinin kapağı kapatılarak dumanın yoğunlaşması beklendi ve 5 dakika sonra kapak açıldığında CO₂ miktarı ölçümler oranda 8888 ppm ölçüldü. Dumanın dağılması beklendi ve **10 dakika sonra CO₂ miktarı 5111 ppm** olarak ölçüldü. Şekil 3.9'da deney kabindeki CO₂ gazının ölçüm anı gösterilmiştir.



Şekil 3. 9: Deney kabini içerisinde A4 kağıdı yakıldıktan sonra CO₂ oranı ölçüldü

Bu dakikadan sonra ara ara ölçümler yapıldı. Deneyin bu aşamasında bitkilerin gelişimini olumsuz etkileyecek kritik CO₂ miktarının Kuşçu, 2021'in araştırmasındaki buğday bitkileri için 550 ppm değeri göz önünde bulundurularak (Kuşçu, 2021) toksik konsantrasyonun kaçınıcı dakikada oluşmaya başladığı gözlemlendi. Aşağıdaki Çizelge 3.2'de ölçüm yapılan saatler ve gaz konsantrasyonları verilmiştir.

Çizelge 3. 2: CO₂ gazına maruz bırakılan buğdayların ppm miktarı ve maruz kalma süreleri

Saat	Dakika	CO ₂ miktarı (ppm)
13:25	15.dk	2760-2810
13:26		2510
13:28		1918-1925
13:30		1620-1630
13:35		1344-1350
13:38		1040-1050
13:40		740
13:43		535-540
13:45	35.dk	501

Yaklaşık 35 dakika sonra kabin içindeki CO₂ miktarı kağıt yakılmadan önceki haline döndüğü için deney sonlandırıldı. 13:50'de yeniden kabin içinde aynı A4 kağıdından yakılıp 5 dakika sonra kapak kapatıldı ve duman içeri hapsedildi. 15 dakika sonra kabin içerisine Şekil 3.10'daki daha önceden çimlendirilen buğday ile yine aynı türden henüz çimlendirilmeyen tohumlar konuldu ve kapak kapatıldı. Önceden filizlenmesi için suda bekletilen tohumlardan %90'ı çimlenmiştir. Kalan %10 kadar tohumun çimlenmemesinin sebebi olarak ortam sıcaklığındaki ani değişimler ve nem oranının düşmesi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3. 10: Çimlendirilen ve tohum halindeki buğdaylar

Şekil 3.11'de deney kabini içerisinde hava kirliliğine maruz bırakılan buğdaylar ve ortamdaki CO₂ gazının ölçülme anı gösterilmiştir.



Şekil 3. 11: Deney kabini içerisinde hava kirliliğine maruz bırakılan buğdaylar ve ortamdaki CO₂ gazının ölçülme anı

Buğdaylar CO₂ gazına maruz bırakılmaya başlandı ve bu süreç toplamda 45 dakika sürdü. Çizelge 3.3'te ölçüm yapılan saatler ve miktarları verilmiştir. Buğdaylar 14:10'da kabin içerisine konuldu.

Çizelge 3. 3: CO₂ gazına maruz bırakılan buğdayların ppm miktarı ve maruz kalma süreleri

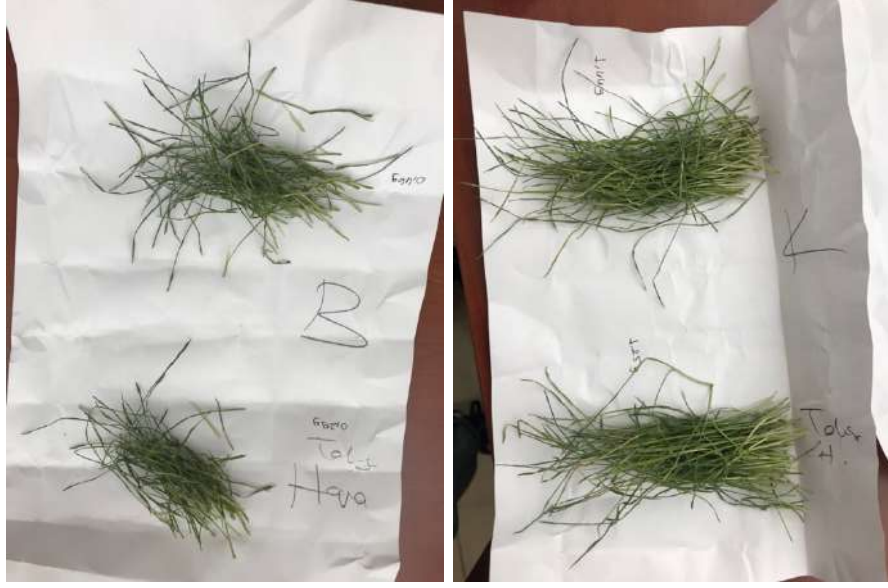
Saat	Dakika	CO ₂ miktarı (ppm)
14:20	10.dk	1192-1200
14:30	20.dk	1188-1191
14:40	30.dk	1240-1245

Deneyin bu aşamasından sonra buğdayların büyüme ve gelişmeleri gözlemlenmeye başlandı. Büyüyüp gelişen buğdaylar 3+1 kontrol grubu da dahil edilerek daha önceden hava kirliliğine maruz bırakılan ve bırakılmayan buğday bitkileri şeklinde sınıflandırıldılar. Çizelge 3.4'de ekmeleklik buğdayın hava kirliliğine maruz kaldıktan sonraki ortalama boyları ve toplam ağırlıkları belirtildi. Veriler bu balmumu kasesindeki buğdaylar esas alınarak verilmiştir. Ağırlıklar hassas terazi DM3 ile boylar ise kumpas ile ölçülmüştür.

Çizelge 3. 4: Buğdayın hava kirliliğine maruz kaldıktan sonraki ortalama boyları ve ağırlıkları

Hava kirliliğine maruz kalan buğdaylar	Ağırlık (g)	Boy (cm)
	0,77	15
Temiz havadaki buğdaylar	0,95	13,3

Şekil 3.12'de buğdayların çimlendikten sonra hasat edilmiş halleri verilmiştir.



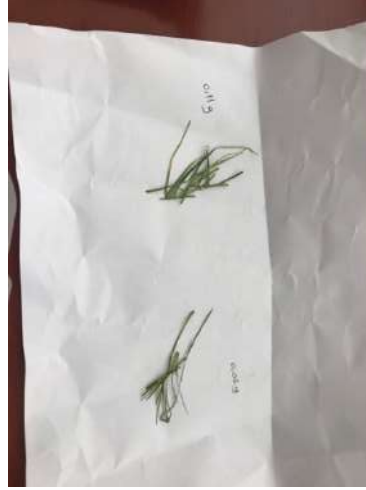
Şekil 3. 12: Buğdayların çimlenme sonrası

Aşağıdaki Çizelge 3.5’te ekmeklik buğday çeşitlerinin **tohum halindeyken hava kirliliğine maruz kaldıktan sonra yetiştirilmiş** hallerinin büyüklük ve ağırlıkları belirtildi.

Çizelge 3. 5: Buğdayın tohum halindeyken hava kirliliğine maruz kaldıktan sonra yetiştirilmiş hallerinin ortalama boyları ve toplam ağırlıkları

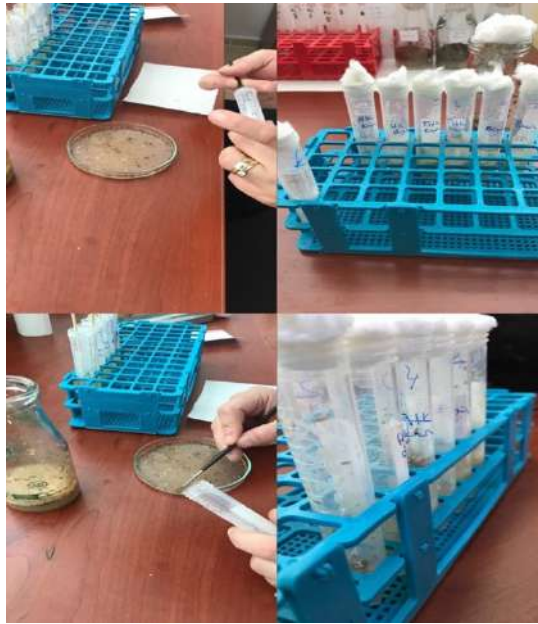
	Ağırlık (g)	Boy (cm)
Tohumken hava kirliliğine maruz kalan buğdaylar	0,06	6.3

Şekil 3.13’te çimlenen ve hava kirliliğine maruz bırakılan buğdayların hasat edilmiş halleri verilmiştir.



Şekil 3. 13: Buğdayların çimlenme sonrası (hava kirliliğine maruz bırakıldı)

Bu aşamadan sonra buğdaylar Şekil 3.14'te de gösterildiği gibi sıvı azot ile ezilerek besin haline getirilip *D. melanogaster*'nin standart beslenme ortamına eklendi. Deney gruplarını içeren besinler falkon tüpleri hazırlanarak üstlerine her grup için 100'er birinci evre larvası aşılanmıştır. Tüpler inkübatör NÜVE ES 120 içerisinde $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de %60 nem oranında 12 saat gündüz ve 12 saat gece muhafaza edilmişlerdir. Tüm deneyler (tohumların çimlendirilmesi, büyütülmesi, böcek kültürünün sağlanması ve yaşama-gelişme deneyleri) sabit koşullarda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 14: Buğdayların besin haline getirildikten sonra model canlıların beslenme ortamına eklenmesi anı

Deney gruplarına bağlı modelin yaşama oranı, gelişim süreleri larva, pup ve ergin evre için gözlenip hesaplanmıştır (Güneş ve ark., 2017). Tüm deneyler aynı inkübatör koşullarında devam edilmiş, dört kez tekrarlanmıştır.

Deney grupları řu şekildedir:

- 1) Standart besin bulunan kontrol grubu,
- 2) Standart besine ek temiz havaya maruz kalan ve çimlenen tohumdan elde edilen örneklerin eklendiği grup,
- 3) Standart besine ek çimlenme öncesi hava kirliliğine maruz tohumdan elde edilen örneklerin eklendiği grup,
- 4) Standart besine ek çimlenme sonrası hava kirliliğine maruz tohumdan elde edilen örneklerin eklendiği grup.

Böcekten elde edilen verilerin değerlendirilmesinde dört tekrarın ortalaması alınarak standart hata belirlenmiş, elde edilen ortalamalar gruplarla istatistiki olarak kıyaslanarak tek yönlü “Varyans Analizi” (ANOVA), ortalamalar arasındaki farkın önemini saptamak için “LSD Testi”, yaşama ve eşey oranı ile ilgili verilerin değerlendirilmesinde ise “ χ^2 (Chi square) Testi” kullanılmıştır. Ortalamaların önemi 0,05 olasılık seviyesinde ($p < 0,05$) değerlendirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Hava kirleticilerinden CO₂ gazına maruz kalan buğdaylar ile temiz havadaki buğdayların toplam ağırlıkları karşılaştırıldığında temiz havaya göre yaklaşık %19 oranında azalma olduğu belirlendi. Tohum halindeyken CO₂ gazından maruz kalan buğdayların toplam ağırlığının diğerlerine göre sırasıyla yaklaşık %92 ve %94 oranlarında azaldığı belirlenmiştir. Buna göre çimlendikten sonra CO₂ gazına maruz kalan buğdaylar ile yine temiz havada çimlenip büyüyen buğdayların kloroplastlarının geliştiği düşünülmüştür ve CO₂'nin bir kısmını fotosentez için kullanmış olabilirler. Bu grup tohum halindeki grubuna göre gazdan yüksek oranlarda etkilenmemiştir. Ancak CO₂ gazının tohum halindeki buğdaylarda etkilerine bakıldığında bu gruptaki buğdayların toplam ağırlıklarına gazdan olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Çizelge 3.4'e göre temiz havadaki buğdaylar ve CO₂ gazına maruz kalan buğdayların boy oranları ile hava kirliliği arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Ancak Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5 karşılaştırıldığında tohum halindeyken CO₂'e maruz kalan buğdayların boy oranlarının kısaldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.1'de kontrol deneyiyle birlikte temiz havada çimlenmiş ve büyümüş buğdaylar, çimlendikten sonra CO₂ gazına maruz kalan buğdaylar ve tohum halindeyken CO₂ gazına maruz kalan buğdayların model canlı için yaşama oranları (F_{31} : 7,448; $p<0,05$; $p=0,0$) ve gelişim süreleri (F_{31} : 4,31; $p<0,05$; $p=0,00$) verilmiştir. Model canlılar besinlerle beslendikten sonra üçüncü evreye ulaşan larva oranları ve yaşam süreleri, pup evresine ulaşan canlı oranı ve yaşam süreleri ile ergin olma evresine ulaşan canlı oranı ile yaşam süreleri ortalamaları alınarak verilmiştir.

Çizelge 4. 1: Deneme deseni böceğin beslenme ortamına eklenen buğdaylara göre model canlıının yaşama oranları ve gelişme süreleri arasındaki değişim

Uygulanan Madde	3. evreye ulaşan larva oranı (%) (Ort*± S.H)†	3. evreye ulaşma süresi (gün) (Ort*± S.H)†	Pup olma oranı (%) (Ort*± S.H)†	Pup olma süresi (gün) (Ort*± S.H)†	Ergin olma oranı (%) (Ort*± S.H)†	Ergin olma süresi (gün) (Ort*± S.H)†
Kontrol	100 ± 1,0a	3,8 ± 1,0a	100 ± 1,0a	5,0 ± 0,3a	98 ± 1,0a	8,0 ± 0,3a
Temiz havada çimlenen buğday	97,5 ± 1,0a	3,8 ± 1,0a	97,5 ± 1,0a	5,3 ± 0,3a	96,5 ± 1,0a	7,6 ± 0,3a
Hava kirliliğine maruz kalan tohum	65 ± 1,1c	4,2 ± 0,9b	65 ± 1,1c	7,2 ± 0,3b	60 ± 1,1c	8,9 ± 0,3a
Hava kirliliğine maruz kalan çimlenen buğday	87,5 ± 0,9b	4,0 ± 0,9b	87,5 ± 0,9b	6,1 ± 0,3c	84 ± 0,9b	8,5 ± 0,3a

*Dört tekrarin ortalaması, her bir tekrar için 100 birey kullanıldı,

†Aynı sütunda aynı harfi içeren değerler birbirinden farklı değildir, $p < 0,05$ (χ^2 (Chi square) Testi, LSD Testi)

^aİçinde sadece kültür besini bulunan kontrol besini, Ort.: ortalama, S.H: standart hata olarak verilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre model canlıların bütün gelişim evreleri için (larva, pup ve ergin) yaşama oranının kontrole ve temiz havada büyüyen buğday gruplarına kıyasla istatistiksel olarak yaklaşık %20-40 oranında azaldığı belirlenmiştir ($p < 0,05$). Buna göre çimlendikten sonra hava kirliliğine maruz bırakılan grubun, tohum halindeyken hava kirliliğine maruz bırakılan gruba göre daha dirençli olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun sebebi olarak çimlenen buğdaylarda kloroplast geliştiği için CO₂ gazı fotosentezde kullanılmış olabilir.

Kontrol grubun larval evreden itibaren yaklaşık 8 günde erginleştiği Çizelge 4.1’de görülmektedir. Bu durum diğer deney grupları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta model canlıların gelişme sürelerine bakıldığında; hava kirliliğine maruz kalan besinlerle beslenen model canlıların gelişme süresi larval evrede 1 gün ve pup evresinde 2 gün uzamıştır ($p < 0,05$).

Fakat erginleşme evresinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Model canlıının standart besininde bulunan %1’lik c vitamini sayesinde canlıının CO₂ gazını tolere edebileceği söylenebilir. Çünkü canlı sisteminde antioksidan enzimler bulunmaktadır. CO₂ gazını tolere edemeyen canlıların %40’ı ölmüştür. Araştırmaya göre CO₂ gazının düşük konsantrasyonlarda fotosentez olayına olumlu katkısı olduğu sonucuna varılabilir. Ancak yüksek konsantrasyonlarda verimi ve ürün kalitesini düşürmektedir.

İklim değişikliği yıllar geçtikçe daha belirgin hale gelmeye ve insan yaşamını olumsuz etkilemeye başlamıştır. İklim değişikliği konusunda birçok farklı görüş olsa da genel olarak araştırmacılar iki farklı fikir öne sürmektedir. Bunlardan biri iklim

değişikliğinin asıl sebebinin kıtaların yer değiştirmesi, dağların oluşması ve yanardağ patlamaları olduğunu öne sürerken diğer bir kesim ise bu durumun güneşin manyetik etkilerinin yeryüzünde aşırı soğuma ve ısınmalara sebep olduğu yönündedir (Tıraşçı ve ark., 2021). Ancak sonuç olarak iklim değişikliğindeki en önemli nokta insan kaynaklı sera gazları ve buna bağlı hava kirliliğidir. Ayrıca tarım sektörü hem iklim değişikliğinden olumsuz etkilenen hem de iklim değişikliğinin tetikleyen bir sektördür. Hava kirliliğinin bitkiler üzerindeki olumsuz etkileri ile ilgili yapılan araştırmalar kısıtlı olsa da; bu çalışmadan farklı olarak SO₂, NO_x ve O₃ gazlarının etkileri incelenmiştir. Özellikle bitkinin S₂ ve N₂ bileşiklerine büyüme-gelişme süresi boyunca ihtiyaç duyduğu ve ek kaynak olarak kullanıldığı göz önünde bulundurulmuştur. İhtiyaç duyulandan fazla miktarlarda SO₂, NO_x ve O₃ gazlarına maruz kalan bitkilerde bu tez çalışmasından farklı olarak gözle görülen doku hasarları meydana gelmiştir (Jayara, 2021).

Genel olarak iklim değişikliğinin tarımdaki etkilerine bakıldığında buğday ve mısır yetiştiriciliği öne çıkmaktadır (Çaylak, 2015). Bunun sebebi buğday ve mısırın tüm dünyada temel besin maddelerinden olmasıdır. İklim değişikliğinden kaynaklı sıcaklık artışı ve CO₂ miktarı bazı C4 bitki sınıfındaki (darı, mısır, şeker kamışı vb.) tarımsal ürünlerin fotosentez kapasitesini sulamaya da bağlı olarak arttırabilir (Akalin, 2014). Başka bir araştırmaya göreyse CO₂'nin atmosferdeki konsantrasyonun artması sonucunda C3 bitkilerinin (buğday, pirinç vb.) verimini ve kalitesini düşürdüğü belirtilmiştir (Yavaş vd., 2018). Başka bir araştırmada tıpkı bu çalışma gibi hava kirleticisi olan CO₂ gazının kışlık buğday (*Triticum aestivum L.*) üzerindeki olumsuz etkileri incelenmiştir. Ancak buğdayın tane verimi ile kirletici arasında bir ilişki bulunamamıştır (Liu ve ark., 2016). Aynı bölgede yapılan başka bir araştırmada ise hava kirliliğinden farklı olarak sıcaklık ve yağış değişimleri dikkate alınmıştır. Ani sıcaklık ve yağışlardaki farklılıkların buğday verimini olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır. Yine bu tez çalışmasında kullanılan *D. melanogaster* yerine başka canlıların tercih edilmesi sonucunda daha toksik etkiler gözlenebilir ya da hava kirliliği tolere edilebilir. Çalışmalar çok çeşitli olmakla birlikte buğday ve CO₂ gazının ilişkisine dair çalışmalar sınırlıdır. Genel olarak hava kirleticilerin mahsullerin büyümesi nasıl etkilediği konusu hala belirsizdir. Önceki araştırmalara göre CO₂ gazının buğday bitkileri üzerinde toksik etkisi olduğu ortaya konulmuştur. Hava kirliliğinin bitkiler üzerindeki stresleri diğer kirleticiler de göz önüne alınarak tartışılmalıdır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Hızlı nüfus artışı, göçler ve bunlara bağlı olarak kentleşme ile trafiğin yoğunlaşması ayrıca sanayi alanındaki gelişmeler ile birlikte plansız endüstrileşmeler her geçen gün Türkiye’de ve dünyada artmaktadır. Bu durum kirleticiler ve çevresel problemlere sebep olmaktadır. Özellikle endüstri, ısınma ve trafikten kaynaklı hava kirliliği sürekli artmakta ve insan sağlığı ile ekosistemi olumsuz etkilemektedir. Hava kirliliğinden kaynaklı hastalıkların artması sonucunda sağlık harcamaları da artmıştır. Sonuçta hava kirliliğinin ekonomi üzerinde de önemli olumsuz etkileri olabilmektedir (Güzel ve ark., 2022). Nüfus artışına bağlı olarak önümüzdeki birkaç 10 yılda gıdaya olan talep giderek artacaktır. Özellikle tarım sektörünün iklim değişikliğinden büyük oranda etkileneceği düşünüldüğünde üretim kapasitesinin tüm dünyada zorlanacağı kaçınılmazdır.

Artan sıcaklıklar ve düzensiz yağışlar sebebiyle tarım olumsuz etkilenmektedir. Bu etkileri belirleyebilmek için farklı tahmin modelleri kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalara göre gelecekte iklim senaryoları bu modellere göre tahmin edilmiş ve tarımda üretimin büyük oranda azalacağı sonucuna varılmıştır. Türkiye konumundan dolayı iklim değişikliğinden etkilenecek ülkeler arasındadır (Kuşçu, 2021).

Bitkiler hava kirliliğine tepki verirken hayvanlar ve insanlardan farklı olarak bölgesel koşulları daha net yansıtabilmektedir. Bitkilerin özellikle yaprak kısımlarında hava kirliliğine kısa süreli ve düşük konsantrasyonlarda maruz kalması durumunda bile yaralanmalar gözlemlenebilmektedir (Yücedağ ve ark., 2016). İklim değişikliği ve hava kirliliğine bağlı olarak birçok tarımsal ürün gibi buğday bitkileri de gelişimleri sırasında strese girerek beklenen verimi sağlamayacaktır. Buğdayın temel besin maddesi olmasının yanında endüstride bazı alanlarda hammadde olarak kullanıldığı düşünüldüğünde üretiminin verimli ve kaliteli olması beklenmektedir.

Buğday bitkisinin çok fazla talep edilmesinin sebebi yetiştirildiği bölgeye göre çabuk adapte olup stres faktörlerine karşı direnç gösterebilmesidir. Ayrıca yüksek besin değeri, işleme ve depolama kolaylığı sebebiyle yaklaşık 50 ülkede temel gıda haline gelmiştir. Buğday Türkiye’de ve dünyada gıda güvenliğinin ana unsurudur. Türkiye’de ise dünya ortalamalarına göre tahıl kullanımı daha yüksektir. Türkiye’deki tarımsal faaliyetler buğday, mısır, arpa, çeltik, kışlık sebzeler, narenciye ve baklagiller üzerinde yoğunlaşmaktadır. Ancak hem sulu hem de kuru tarım yapılan ürünler buğday ve mısırdır. Konya Kapalı Havzası buğday üretiminde Türkiye’deki önemli illerden biridir ve bu bölgenin gelecekte iklim değişikliğinden olumsuz etkileneceği düşünülmektedir. Bu da tarımsal üretimi önümüzdeki yıllarda tehlikeye sokmaktadır. Özellikle kuru tarım yapılan kışlık buğdaylarda olumsuz etkilerin daha fazla olacağı düşünülmektedir (Kuşçu, 2021).

Yaptığımız çalışmada buğday bitkisinin genel olarak hava kirliliği kirleticilerin olan CO₂ gazından tohum halindeyken ortalama 1100-1200 ppm konsantrasyonlarında olumsuz etkilendiği sonucuna varılmıştır. Günümüzden önce yaklaşık 800.000 yıldaki CO₂ gazı konsantrasyonu 175-300 ppm arasındayken 1910’lu yıllardan sonra bu değer 300 ppm’i aşmıştır. Bu yıllardan sonra CO₂ konsantrasyonu sürekli artarak 2022 yılında yaklaşık 415 ppm’e ulaşmıştır. Ancak bu değer sanayi bölgelerinde zamana göre değişkenlik göstererek 500 ppm’leri görmektedir (URL 23). Bu veriler göz önüne alındığında yakın bir zamanda CO₂ gazını azaltacak önlemler alınmadığı sürece artmaya devam edeceği öngörülmektedir. Bu sebeple yapılan araştırmaya göre buğday üretimi

gelecekte tehlikeye girecek ve gıda krizine sebep olacaktır. Ayrıca buğday gibi birçok sektörde ham madde olarak kullanılan önemli bir besinin hava kirliliğinin toksik etkilerine maruz kalması ve besin zincirine karışması sonucunda önemli sağlık sorunun ortaya çıkabileceği düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlarına göre buğday üretiminin hava kirliliği kirleticilerin CO₂ gazından olumsuz etkilendiği düşünüldüğünde gelecekte buğday üretimi konusunda gerekli planlamaların yapılmasına katkı sağlaması beklenmektedir. Ayrıca buğdayların kalitesinin iyileştirilip, veriminin artırılarak birim alandan daha iyi ürünlerin elde edilmesine, bununla birlikte ekonomik anlamda tasarruf sağlanmasına katkı sağlanması ümit edilmektedir.

5.2 Öneriler

Doğal gaz tıpkı petrol gibi bir fosil yakıttır. Ancak petrolden farklı olarak yandıktan sonra atık bırakmaz ve CO ile SO₂ gazlarını yaymaz. Bu yüzden diğer fosil yakıtlara göre en az kirletici salınımı olan gaz olma özelliğindedir. CO₂ gazını ise yine diğer fosil yakıtlara göre daha az oranlarda yayar. Bu sebeplerle doğal gaz hava kirliliği azaltma açısından önemli bir yere sahiptir. Özellikle endüstriyel işletmeler ve ısınma amaçlı olarak doğal gaz kullanımı yaygınlaştırılarak hava kirliliğinin az da olsa önüne geçilmesi gerekmektedir. Konya ilinin iklim değişikliğinden etkileneceği açıktır ve tarımın yaygın olduğu bölgelerde alternatif tarım alanları ve teknolojileri araştırılmalıdır. Aşırı sıcaklığa, düzensiz yağışlara ve hava kirliliğine daha dayanıklı yeni buğday türlerinin geliştirilmesi önerilmektedir. Konya ilinde CO₂ kaynaklı hava kirliliğini azaltmaya yönelik eğitimler verilmeleri ve bilinçlendirme çalışmaları yapılmalıdır. Bu kapsamda motorlu taşıtlara eğilimin azaltılması, özellikle yoğun kentleşmenin olduğu bölgelerde ısınma amaçlı doğal gaz kullanımına geçilmelidir.

İklim değişikliğinin tarım sektörüne olumsuz etkileri düşünüldüğünde tarımın yeni koşullara uyum sağlaması gerekmektedir. Özellikle tüm dünyada önemli bir besin olan buğdayın iklim değişikliği ile artan sıcaklık ve CO₂ gazlarına karşı daha dirençli olacak yeni türlerin oluşturulması önerilmektedir. Bu sayede yeni buğday türleri sıcaklık ve CO₂ kirliliğine karşı adaptasyon geliştirebilir ve birim alandan elde edilen ürünler daha kaliteli ve verimli olabilir. Ülkemizde iklim değişikliğinin tarım sektörüne olumsuz etkilerine dair araştırmalar oldukça kısıtlıdır. Bu konunun daha derinden incelenmesi önerilmektedir. Hava kirliliğine sebep olan kirleticiler CO₂ gazı ile sınırlı kalmamaktadır. Bu yüzden SO₂, NO_x, PM, ağır metaller, O₃ ve CO gibi diğer gazlar ile ilgili de çalışmalar genişletilebilir. Ayrıca hava kirleticilerinin çeşitli tarımsal ürünler üzerindeki olumsuz etkilerinin araştırılmasının yanında besin zincirine karışması durumunda insan sağlığına olan etkilerinin de araştırılması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akalın, Mehmet, (2014). “İklim Değişikliğinin Tarım Üzerindeki Etkileri: Bu Etkileri Gidermeye Yönelik Uyum ve Azaltım Stratejileri”, *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Yıl 7, Sayı 2, ss. 351-377.
- Akdur, R. (2009). Hava Kirliliği ve Çözümler. *Halk Sağlığı İle İlgili Güncel Sorunlar ve Yaklaşımlar*, 151-155.
- Akman, H., & Topal, A. (2011). Konya İlinde Buğday Tarımının Genel Durumu ve Karşılaşılan Problemler. *Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(4), 47-57.
- Akyüz, Y., Atış, E. (2016, Kasım 08-09). Türkiye’de İklim Değişikliği Tarım Etkileşiminin İki Yönüyle İncelenmesi. *Uluslararası Katılımlı 2. İklim Değişimi Ve Tarım Etkileşimi Çalıştayı*. Şanlıurfa.
- Aydınlı, B., Güven, H., Kırksekiz, E., 2009, Hava Kirliliği Nedir, Ölçüm ve Hava Kalite Modelleme Yöntemleri Nelerdir, *Hava Kirliliği ve Modelleme Dergisi*, 1-19.
- Aydın, S., Taşyürek, M., & Öztürk, C. (2021, Aralık). Derin Öğrenme Yöntemi ile İç Anadolu Bölgesi ve Çevresi Hava Kirliliği Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(29), 168-173.
- Bektaş, H., (2015) December, Determination of Root Traits in Wild, Landrace and Modern Wheats and Dissection of Quantitative Trait Loci (QTL) for Root Characters in Bread Wheat, Doctor of Philosophy in Plant Biology, University of California, Riverside, USA
- Çakır, H. (2022). Hava Kirliliğinin İklim Değişikliğine Etkisi. IYSRC içinde, *4rd International Young Researchers Student Congress Congress Book* (s. 257-264). IYSRC.
- Çaylak , O. (2015, Ocak). İklim Değişikliğinin Buğday Bitkisinin Gelişimi Ve Verimine Olası Etkilerinin Bitki-İklim Simulasyon Modeli İle İncelenmesi. *İklim Değişikliğinin Buğday Bitkisinin Gelişimi Ve Verimine Olası Etkilerinin Bitki-İklim Simulasyon Modeli İle İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Chen, H., Zeng, W., Li, J., Ma, T., Liu, S., Lei, G., Srivastava, A. K. (2022). Impact Of Air Pollution On Maize And Wheat Production. *Ecological Chemistry And Engineering*, 29(2), 237-256.

- Çiftçi , Ç., Dursun, Ş., Levend, S., Kunt, F. (2013, December 1). Topoğrafik Yapı, İklim Şartları ve Kentleşmenin Konya'da Hava Kirliliğine Etkisi. *European Journal of Science and Technology*, 1(1), 19-24.
- Çobanyıldız, S., 2016, Konya'da Şehirleşmenin Sıcaklık ve Yağış Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Sosyal Alanlar Eğitimi Ana Bilim Dalı*, Konya.
- Elkoca, E. (2003). Hava Kirliliği ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(4), 367-374.
- Ding, X., Jiang, Y., He, L., Zhou, Q., Yu, J., Hui, D., Huang, D. (2016). Exogenous Glutathione Improves High Root-Zone Temperature Tolerance By Modulating Photosynthesis, Antioxidant And Osmolytes Systems in Cucumber Seedlings. *Scientific reports*, 6, 35424. <https://doi.org/10.1038/srep35424>
- Gheorghe, I. F., Ion, B. (2011). The Effects of Air Pollutants on Vegetation and the Role of Vegetation in Reducing Atmospheric Pollution. *The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources* (s. 242-280). ResearchGate.
- Güneş, E., Büyükgüzel, E. (2017). Oxidative Effects of Boric Acid on Different Developmental Stages of *Drosophila Melanogaster* Meigen, 1830 (Diptera: Drosophilidae). *Turkish Journal of Entomology*, 41(1), 3-15.
- Güneş, E., Danacıoğlu, D. A. (2018). The Effect of Olive (*Olea Europaea* L.) Phenolics and Sugar on *Drosophila Melanogaster*'s Development. *Animal Biology*, 68(4), 367-385.
- Güzel, Ş., & Özer, P. (2022). Türkiye'de Hava Kirliliği ve Sağlık Harcamaları. *Sağlık ve Sosyal Refah Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 186-202.
- Forouzanfar, M. H., Alexander, L., Anderson, H. R., Bachman, V. F., Biryukov, S., etc. (2015). Global, Regional, and National Comparative Risk Assessment of 79 Behavioural, Environmental and Occupational, and Metabolic Risks or Clusters of Risks in 188 Countries, 1990-2013: *A Systematic Analysis For The Global Burden of Disease Study 2013*. *Lancet* (London, England), 386(10010), 2287-2323.
- Jayara, A. S. (2021). Impact of Air Pollutants on Agricultural Crops. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 14(1), 89-95.
- Kara , G. (2016). Konya'daki Hava Kalitesi, AB ve HKDY Standartları İle Karşılaştırılması. *Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Teknik-Online Dergi*, 15(2), 60-70.
- Kara, G., Yalçinkaya, B., Özdil, B., & Avcı, E. (2018). Konya İlinin Hava Kirliliğine Bazı Meteorolojik Faktörlerin Etkisi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(1), 104-109.

- Kayaçetin, F. (2006). Buğday (*Triticum Aestivum* L.) Ve Arpa (*Hordeum Vulgare* L.)'da Tohumluk Üretimi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü*, 15(1-2), 61-73.
- Kılıç, C., Kurt, Ü., & Balan, F. (2020). Kentleşme Ve Sanayileşmenin CO₂ Emisyonu Üzerindeki Etkisi: Türkiye İçin ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(2), 182-196.
- Kılış, B. (2021). Küresel Kapitalizmde Küresel Salgınlar, İklimsel Isınma ve Atmosfer. *BRIQ Working Paper Series*(2).
- Kunt, F. (2007). Artificial Neural Networks (Ann), Was Used In Modelling And Predicting The Air Pollution. *M.Sc Thesis Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Environmental Engineering*. Konya, Turkey
- Kunt, F., Dursun, Ş. (2018). Konya Merkezinde Hava Kirliliğine Bazı Meteorolojik Faktörlerin Etkisi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(1), 54-61.
- Kunt, F., Köpüklü, B., Güneş, E. (2023). Effects Of Air Pollution On Agriculture. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*, 13(3), 1-4.
- Kurukulasuriya P. and Shane R. (2003). Climate Change and Agriculture A Review of Impacts and Adaptations, *The World Bank Environment Department*. June
- Kuşçu , S. (2021). İklim Değişikliğinin Konya İlinde Buğday (*Triticum*) Verimine Olası Etkilerinin Tahmin Edilmesi. *İklim Değişikliğinin Konya İlinde Buğday (Triticum) Verimine Olası Etkilerinin Tahmin Edilmesi Doktora Tezi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Li, J., Lei, H. (2022). Impacts of climate change on winter wheat and summer maize dual-cropping system in the North China Plain. *Environmental Research Communications*, 4, 1-19.
- Liu, X., Sun, H., Feike, T., Zhang, X., Shao, L., & Chen, S. (2016). Assessing the Impact of Air Pollution on Grain Yield of Winter Wheat - A Case Study in the North China Plain. *PLoS ONE*, 11(9).
- Mut, Z., Aydın, N., Özcan, H., Bayramoğlu, H.O. 2005. Orta Karadeniz Bölgesinde ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *GOP Üniversitesi Zir. Fak. Dergisi*, 22 (2): 85-93.
- Mutlu, A. (2019). Balıkesir şehir merkezinde trafik kaynaklı hava kirliliği seviyelerinin analizi. *BAUN Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 152-168.
- Özkan, R. 2022. Diyarbakır'da yağışa dayalı koşullarda yetiştirilen ileri kademe ekmeklik buğday hatlarının değerlendirilmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(3): 583-590.

- Özsoy, B., & Erbaş Köse, Ö. D. (2022). Konya’da Yağışa Dayalı ve Sulamalı Koşullarda Farklı Sıra Arası Mesafelerin Buğday Çeşitlerine Etkisi: I. Tane Verimi ve Verim Unsurları. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(4), 777-785.
- Rai, R., Rajput, M., Agrawal, M., Agrawal, S. (2011). Gaseous Air Pollutants : A Review on Current And Future Trends Of Emissions And Impact On Agriculture. *Journal of Scientific Research*, 77-102.
- Richa, R., Rajput, M., Agrawal, M., Agrawal, S. B. (2011). Gaseous Air Pollutants: A Review On Current And Future Trends Of Emissions And Impact On Agriculture. *Journal of Scientific Research Banaras Hindu University, Varanasi*, 55, 77-102.
- Seal, C.J., Courtin, C.M., Venema, K., de Vries, J. 2021. Health benefits of whole grain: Effects on dietary carbohydrate quality, the gut microbiome, and consequences of processing. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(3): 2742-2768.
- Selçuk, S. F., Sarıoğlu Cebeci, M., Köker, B., & Yılmaz, Z. (2021). Konya İli Arazi Kullanım/Örtüsü Değişim Analizi. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 100-114.
- Song, C., Huang, X., Les, O., Ma, H., Liu, R. (2022). The Economic Impact of Climate Change on Wheat and Maize Yields in the North China Plain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5707. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095707>
- Stern Nicholas. (2007), *The Economics of Climate Change*, The Stern Review, Cambridge.
- Tıraşçı, S., Erdoğan, Ü. (2021). Küresel Isınmanın Tarıma Etkisi. *Tarım, Gıda, Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 2(1), 16-33.
- Uğurlu, O. (2021, Temmuz). Konya İli’nde Hava Kirliliğine Etki Eden Faktörlerin Mekânsal Analizi. *Konya İli’nde Hava Kirliliğine Etki Eden Faktörlerin Mekânsal Analizi Yüksek Lisans Tezi*. Konya: Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Uyanık, B. (2023). Kentlerde Çevre Sorunları Bağlamında Hava Kirliliği: Konya İli Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. Nevşehir: Kapadokya Üniversitesi Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Araştırma Enstitüsü Kent, Çevre ve Yerel Yönetimler Anabilim Dalı.
- Wilkinson, S., Mills, G., Illidge, R., & Davies, W. J. (2012). How is ozone pollution reducing our food supply? *Journal of Experimental Botany*, 63(2), 527-536.
- Yan, Z., & Du, T. (2023, November). Effects of climate factors on wheat and maize under different crop rotations and irrigation strategies in the North China Plain. *Environmental Research Letters*, 18.

Yavaş, İ., Ünay, A. (2018). Küresel İklim Değişikliğinin Fotosentez Üzerine Etkileri. *ADÜ Ziraat Dergisi*, 15(2), 95-99.

Yılmaz, F. (2021). Hava Kirliliği, Bileşenleri ve Sağlık. *FSM İlmî Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*(18), 231-250.

Yücedağ, C., Kaya, L. G. (2016). Hava Kirleticilerin Bitkilere Etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 67-74.

Zencirci SA, Işıklı B. Hava Kirliliği. *Türk Dünyası Uygulama Ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Dergisi*. 2017; 2(2),24-36.

Zhang, L., Chu, Q., Jiang, Y., Chen, F., Lei, Y. (2021). Impacts of climate change on drought risk of winter wheat in the North China Plain. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(10), 2601–2612. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)632737](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)632737)

URL1: Sağlık Bakanlığı. (2010). Türkiye'nin Hava Kirliliği Ve İklim Değişikliği Sorunlarına Sağlık Açısından Yaklaşım. Erişim Tarihi: 19/01/2024
http://www.ihs.gov.tr/ihs-kronik/dosya/turkiyenin_havakirliligi_veiklimdegisikligi_sorunlari.pdf

URL 2: Ulusal Hava Kalitesi İndeksi Erişim Tarihi: 24/01/2024
https://uludag.edu.tr/dosyalar/atikyonetimi/ulusal_hava_kalitesi_indeksi.pdf

URL 3: İndeks Hesaplanan Parametrelerin Sınır Değerleri Erişim Tarihi: 24/01/2024
https://uludag.edu.tr/dosyalar/atikyonetimi/ulusal_hava_kalitesi_indeksi.pdf

URL 4: Konya Mevsim Normallikleri Erişim Tarihi: 26/01/2024
<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KONYA>

URL 5: Konya ilinin Türkiye haritasından yeri Erişim Tarihi: 28/01/2024
https://tr.wikipedia.org/wiki/Konya_%28il%29

URL 6: Konya Fiziki İl Haritası (Dağlar ve Göller) Erişim Tarihi: 28/01/2024
<https://www.harita.gov.tr/urun/konya-fiziki-il-haritasi/366>

URL 7: Konya ve Türkiye'de 2023 Yılı'nın Nüfus Bilgileri Erişim Tarihi: 28/01/2024
<https://www.konyadayatirim.gov.tr/konya/demografik-durum#:~:text=2023%20y%C4%B1%20Adrese%20Dayal%C4%B1%20N%C3%BCfus,T%C3%BCrkiye'nin%20en%20b%C3%BCy%C3%BCk%20%C5%9Fehridir.>

URL 8: Volkanik Patlama Fotoğrafı Erişim Tarihi: 22.04.2024
<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/volkanik-patlamlar-nasil-olur>

URL 9: Hindistan Yeni Delhi Erişim Tarihi: 22.04.2024

<https://www.iklimhaber.org/hava-kirliligi-yeni-delhide-okullari-kapattirdi/>

URL 10: Endüstriyel Hava Kirliliğine Örnek Erişim Tarihi: 22.04.2024

<https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/ced/hava-kirliligi.html>

URL 11: Konya'da Buğday Tarımı Erişim Tarihi: 07/03/2024

https://www.yenikonya.com.tr/konya/bu_fotograf_konya_da_cekildi_bugdaylar_kis_ort_asinda_basak_verdi-1920704

URL 12: Tarım ve Orman Bakanlığı Erişim Tarihi: 09/03/2024

<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=69>

URL 14: FAO, 2016 Erişim Tarihi: 09/03/2024

<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

URL 15: WWF Raporu Erişim Tarihi: 11/03/2024

http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/turkiye_nin_buday_atlas_web.pdf

URL 16: Science Nasa Erişim Tarihi: 20/02/2024

<https://science.nasa.gov/climate-change/>

URL 17: Akdeniz Havzası Fotoğrafi Erişim Tarihi: 27/02/2024

<https://www.istockphoto.com/tr/vektör/the-mediterranean-sea-political-map-with-subdivisions-gm1406147268-457802855>

URL 18: Buğday Tarımı Çiftçi Rehberi Erişim Tarihi: 03/03/2024

<https://konyaseker.com.tr/tr/icerik/detay/2254/bugday-tarimi#:~:text=Konya'da%20toplam%202.6milyon,ise%20%20'sini%20karşılama%20ktr.>

URL 21: Buğday Uygulama Programı Erişim Tarihi: 02/05/2024

<http://www.2atohumculuk.com/upload/files/bugdaygil-tarimi.pdf>

URL 22: Konya İli Hava Fotoğrafi Erişim Tarihi: 04/05/2024

<https://earth.google.com/web/search/konya/@37.8785065,32.50648255,723.75743383a,58717.45342554d,35y,0h,0t,0r/data=CnAaRhJACiUweDE0ZDA4NTY4ZDYxNWY3NDU6MHgyNDBkZDBmYzA4MDYwOTY3GdyWbUz070JAIUNsVbcfP0BAKgVrb255YRgCIAEiJgokCeMezluVjDdAEeEezluVjDfAGZREbBX-JgdAIYHxbeZg1VnA>

URL 23: CO₂ Konsantrasyonları Erişim Tarihi: 24/03/2024

<https://www.co2levels.org/>

URL 24: Konya İlçelerinin 2023 Yılındaki Nüfusları Erişim Tarihi: 24/03/2024

<https://www.konyadayatirim.gov.tr/konya/demografik-durum#:~:text=2023%20y%C4%B1%C4%B1%20Adrese%20Dayal%C4%B1%20N%C3%BCfus,T%C3%BCrkiye'nin%20en%20b%C3%BCy%C3%BCk%20%C5%9Fehridir.>

URL 25: Bahri Dağdaş Tarımsal Araştırma Enstitüsü Erişim Tarihi: 23/04/2024

<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/bahridagdas>

URL 26: TÜİK 2023 Tarım Verileri Erişim Tarihi: 23/04/2024

<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2023-49535#:~:text=Tahıl%20üretimi%202023%20yılında%20bir%20önceki%20yıla%20göre%20arttı&text=Bir%20önceki%20yıla%20göre%20C%20buğday,artarak%20410%20bin%20ton%20oldu>

