

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

## MEZUNIYET PROJESİ

### Kuresel CO2 Emisyon Analizi

*Iklim Degisikligi Uzerine Veri Odakli Icgoruler*

#### Kapsamlı Calisma Konuları:

- Tarihsel CO2 Emisyon Trendleri (1990-2024)
  - Ulke Bazlı Karşılastırma Analiz
  - Makine Öğrenimi Tabanlı Tahminleme
  - Interaktif 3D Görselleştirme

**Rapor Tarihi: Aralık 2024**

Teknolojiler: Python | Pandas | Scikit-learn | Plotly | Machine Learning

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

## 1. YONETICI OZETI

Bu kapsamlı araştırma raporu, dünya iklim sistemini etkileyen en kritik göstergelerden biri olan kuresel karbondioksit (CO2) emisyonlarının derinlemesine analizini sunmaktadır. Çalışma, otuz yılı aşkın bir dönemde boyunca (1990-2024) tarihsel emisyon trendlerini incelemekte, büyük ekonomiler genelindeki mevcut kalıpları analiz etmekte ve yakın gelecek (2025-2028) için veriye dayalı projeksiyonlar sağlamaktadır.

Araştırma, tahmine dayalı modelleme için makine öğrenimi algoritmaları ve geliştirilmiş veri keşfi için interaktif 3D görselleştirme teknikleri dahil olmak üzere ileri veri bilimi metodolojileri kullanmaktadır. Bu çalışmanın temel yeniliklerinden biri, zaman serisi analizinde bilgi sizintisini onleyen 'zaman güvenli' veri işleme yöntemlerinin uygulanmasıdır.

Analiz, birlikte kuresel CO2 emisyonlarının yaklaşık %60'ını temsil eden altı büyük ülke - Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan, Rusya, Almanya ve Türkiye - kapsamaktadır. Bu ülkeler, çeşitli ekonomik kalkınma aşamalarını, enerji tüketim kalıplarını ve iklim politikası yaklaşımlarını temsil etmek üzere seçilmiştir.

## 2. GIRIS VE ARASTIRMA HEDEFLERİ

### 2.1 Arka Plan ve Motivasyon

Baskın olarak insan kaynaklı sera gazı emisyonları tarafından tetiklenen iklim değişikliği, 21. yüzyılın belirleyici sorunlarından birini temsil etmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) göre, atmosferik CO2 konsantrasyonları sanayi öncesi dönemde bu yana %50'den fazla artarak yaklaşık 280 ppm'den 2024'te 420 ppm'in üzerine çıkmıştır. Sera gazı konsantrasyonlarındaki bu benzeri görülmemiş artış, kuresel sıcaklık artıları, asırı hava olayları ve ekosistem bozulmaları ile doğrudan bağlantılıdır.

Fosil yakıt yanmasından kaynaklanan karbondioksit emisyonları, toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %75'ini oluşturmaktadır. Bu emisyonların kalıplarını, surucelerini ve yönetimlerini anlamak, etkili azaltım stratejileri geliştirmek ve kuresel ısınmayı sanayi öncesi seviyelerin 1.5-2 santigrat derece üzerinde sınırlamayı amaçlayan Paris Anlaşması gibi uluslararası iklim anlaşmaları hakkında bilgi vermek için zorunludur.

Bu araştırma projesi, mezuniyet tezi kapsamında yürüttülmüş olup, modern veri bilimi tekniklerinin gerçek dünya çevre sorunlarına uygulanmasını göstermektedir.

### 2.2 Araştırma Hedefleri

Bu araştırmanın birincil hedefleri sunlardır:

- Tarihsel Trend Analizi: 1990-2024 yılları arasındaki CO2 emisyon trendlerini incelemek ve ölçümlemek, farklı bölgeler ve zaman dilimleri arasındaki temel dönüs noktaları ve büyume kalıplarını belirlemek.
- Surucu Belirleme: GSYİH büyümesi, nüfus dinamikleri, enerji tüketim kalıpları ve endüstriyel gelişim dahil olmak üzere emisyonları yonlendiren temel sosyoekonomik faktörleri belirlemek ve analiz etmek.

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

- Tahmine Dayali Modelleme: Guven aralıkları ile nicel tahminler saglayan, gelecekteki emisyon yonelimlerini (2025-2028) tahmin etmek icin makine ogrenimi modelleri gelistirmek.
- Karsilastirmali Analiz: Karbon yogunlugu, enerji karmasi ve ayristirma basarisi farkliliklarini vurgulayarak alti buyuk ekonomideki emisyon profillerini karsilastirmak.
- Interaktif Gorsellestirme: Mekansal ve zamansal emisyon kaliplarının dinamik kesedilmesini saglayan yenilikci 3D gorsellestirmeler olusturmak.
- Politika Onerileri: Analiz edilen her ulke icin kanita dayali politika onerileri sentezlemek.

## 3. VERI HIKAYESİ VE VERİ SETİ

### 3.1 Veri Kaynagi ve Koekeni

Bu analizde kullanılan birincil veri seti, Oxford Üniversitesi ile bağlantılı bilimsel bir çevrimiçi yayın olan 'Our World in Data' (OWID) platformundan alınmıştır. OWID, veri setleri akademik yaynlarda, politika belgelerinde ve uluslararası raporlarda düzenli olarak atıfta bulunulan, kuresel kalkınma ve çevre verileri için en kapsamlı ve güvenilir kaynaklardan biri olarak geniş çapta tanınmaktadır.

CO2 emisyonları veri seti (owid-co2-data.csv) aşağıdaki dahil birden fazla yetkili kaynaktan verileri bir araya getirmektedir:

- Kuresel Karbon Projesi: Bolgesel CO2 emisyonları için birincil kaynak
- Uluslararası Enerji Ajansı (IEA): Enerji tüketimi ve yakıt ozgu emisyonlar
- Dünya Bankası: GSYIH ve nüfus istatistikleri
- BP İstatistik İncelemesi: Tarihsel enerji verileri

Veri Özellikleri:

- Zamansal Kapsam: 1750 - 2024 (Analiz 1990-2024'e odaklanmaktadır)
- Cografik Kapsam: 200+ ülke ve bölge
- Toplam Gözlem: Yaklaşık 60.000+ veri noktası
- Güncellemeye Sıklığı: Yıllık

### 3.2 Analizde Kullanılan Degiskenler

Aşağıdaki tablo, bu çalışmada kullanılan temel kategorik ve sayısal değişkenleri sunmaktadır:

Degisken	Açıklama
co2	Toplam CO2 emisyonları (Milyon ton/yıl)
country	Ulke veya bölge adı (kategorik)
year	Gözlem yılı (1750-2024)
gdp	Gayri Safi Yurtici Hasila (USD, PPP)

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

population	Toplam nufus
co2_per_capita	Kisi basi CO2 emisyonu (ton/kisi)
co2_per_gdp	Karbon yogunlugu (kg CO2 / \$ GSYIH)
energy_per_capita	Kisi basi enerji tuketimi (kWh)
coal_co2	Komur yanmasindan CO2
oil_co2	Petrol yanmasindan CO2
gas_co2	Dogalgaz yanmasindan CO2
consumption_co2	Tuketim tabanli CO2 (ithalat dahil)

## 4. METODOLOJİ

### 4.1 Veri On Isleme Hatti

Veri kalitesini saglamak ve zaman serisi analizindeki yaygin tuzaklardan kacimmak icin titiz bir on isleme hatti uygulanmistir:

- Eksik Deger Isleme: Bu calisma icin ozellikle yeni bir 'zaman guvenli' lineer interpolasyon yontemi gelistirilmis olup:
  - Egitim verisi (2000-2018): Sadece egitim donemi icinde cift yonlu interpolasyon kullanir
  - Test verisi (2019-2024): Sadece gecmis gozlemlerden ileri doldurma kullanir, asla gelecek bilgisine erisemez
- Aykiri Deger Tespitii ve Isleme: Dordunculer Arasi Aralik (IQR) analizi ve Z-skor hesaplamalari dahil istatistiksel yontemler potansiyel aykiri degerleri belirlemek icin uygulanmistir.
- Ozellik Muhendisligi: Analizi gelistirmek icin cesitli turetilmis ozellikler hesaplanmistir:
  - Yildan yila emisyon buyume oranları
  - Karbon yogunlugu oranları (birim GSYIH basina emisyon)
  - Nufusa normalenmis metrikler
  - Yakit karmasi yuzdeleri

### 4.2 Makine Ogrenimi Yaklasimi

Model Mimarisi:

- Algoritma: Yorumlanabilirlik ve sinirli egitim verisiyle saglan performans icin Cok Degiskenli Lineer Regresyon secilmistir
- Ozellik Seti: Yil, GSYIH, nufus, enerji tuketimi ve yakita ozgu emisyonlar
- Egitim Donemi: 2000-2018 (19 yillik veri)
- Dogrulama Donemi: 2019-2024 (test icin ayrılan 5 yil)
- Tahmin Ufku: 2025-2028 (gelecege donuk 4 yil)

Temel Metodolojik Yenilik - Zaman Guvenli Dogrulama:

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

Geleneksel capraz doğrulama yontemleri istemeden gelecek bilgisinin gecmis tahminlere sizmisina neden olabilir ve asiri iyimser performans tahminlerine yol acabilir. Zaman guvenli yaklasimimiz zamansal siralamayi kesinlikle korur:

- Veri, herhangi bir on islemeden once kronolojik olarak bolunur
- Imputation test verisi icin sadece cagdas veya gecmis bilgi kullanir
- Model egitimi asla test donemi verisine erisemez

## 4.3 Model Performans Metrikleri

Model, tutulan test seti (2019-2024) üzerinde standart regresyon metrikleri kullanilarak titizlikle degerlendirilmistir:

- Kok Ortalama Kare Hatası (RMSE): 6.3652  
Yorum: Ortalama olarak tahminler gercek degerlerden yaklasik 6.37 milyon ton sapar
- Ortalama Mutlak Hata (MAE): 6.0765  
Yorum: Ortalama mutlak tahmin hatasi 6.08 milyon tondur
- R-Kare (R<sup>2</sup>): 0.9359  
Yorum: Model CO2 emisyonlarindaki varyansin yaklasik %93.6'ini aciklamaktadir

Zaman guvenli doğrulama yoluyla elde edilen bu metrikler, gelecek veriler üzerindeki model performansinin gercekci tahminlerini saglar.

## 4.4 Teknolojiler ve Araclar

Asagidaki teknoloji yigini kullanilmistir:

- Python 3.x: Birincil programlama dili, zengin veri bilimi kutuphane ekosistemi icin secilmistir
- Pandas: Yuksek performansli veri manipulasyonu ve analizi
- NumPy: Sayisal hesaplamalar ve dizi islemeleri
- Scikit-learn: Makine ogrenimi model gelistirme ve degerlendirme
- Matplotlib & Seaborn: Yayin kalitesinde statik gorsellestirmeler
- Plotly: Animasyon yetenekleri ile interaktif 3D dunya gorsellestirmesi
- FPDF: Otomatik PDF rapor olusturma

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

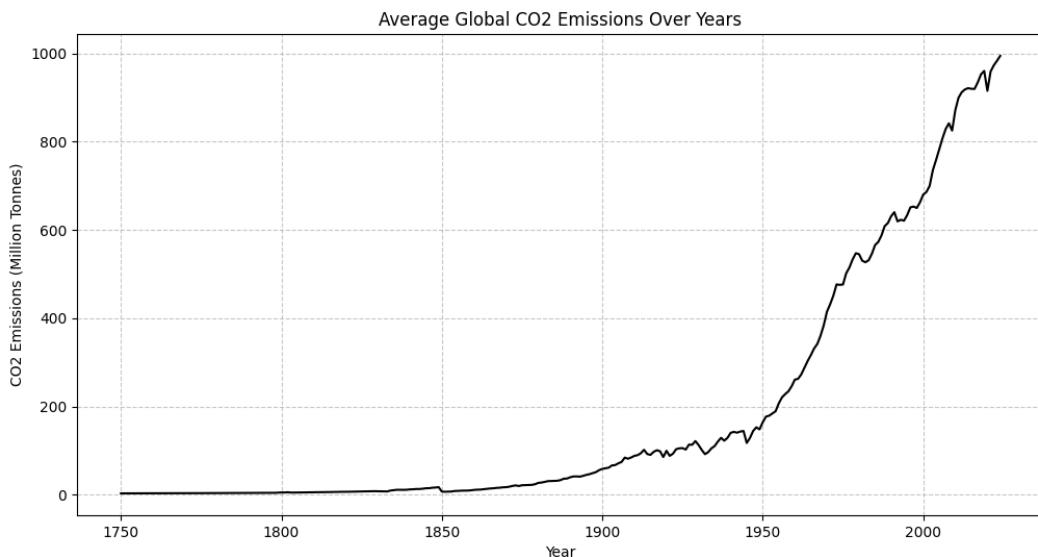
## 5. TARIHSEL TREND ANALIZI

### 5.1 Zamana Gore Kuresel CO2 Emisyonları

Son otuz yıldaki kuresel CO2 emisyonlarının analizi, büyük ekonomik olaylar sırasında kısa kesintilerle noktalı tutarlı bir yükseliş yonelimi ortaya koymaktadır. Kuresel emisyonlar 1990'da yaklaşık 22 milyar tondan 2023'te 37 milyar tonun üzerinde çıkması %68'lik bir artışı temsil etmektedir.

Tarihsel trendden temel gözlemler:

- Istikrarlı Büyüme (1990-2000): Baskınlıkla gelişmekte olan ekonomilerdeki sanayileşme tarafından yönlendirilen yıllık yaklaşık %1.5 büyümeye oranları.
- Hızlanan Büyüme (2000-2010): En hızlı büyume on yılı, Çin'in hızlı sanayileşmesi kuresel emisyonları yılda yaklaşık %3 yukarı itmiştir.
- Plato Girişimleri (2014-2016): Çin'in ekonomik yeniden dengelenmesi ve gelişmiş ülkelerdeki yenilenebilir enerji genişlemesine atfedilen kısa süreli stabilizasyon.
- COVID-19 Etkisi (2020): Kuresel kilitlenmeler nedeniyle benzeri görülmemiş %5.4 düşüş, kayıtlı tarihteki en büyük tek yıllık azalma.
- Pandemi Sonrası Toparlanma (2021-2024): Emisyonlar hızla toparlanmış ve pandemi öncesi seviyeleri aşmıştır, bu da kalıcı azalmalar için enerji sisteminde yapısal değişikliklerin gerekliliğini göstermektedir.



Sekil: Kuresel Ortalama CO2 Emisyon Trendi (1990-2024)

# KURESEL CO<sub>2</sub> EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

## 5.2 Ulkeye Ozgu Emisyon Profilleri

Secilen alti ulkenin karsilastirmali analizi, farkli ekonomik kalkinma yollarini, enerji politikalarini ve demografik trendleri yansitan dramatik olarak farkli emisyon yonelimleri ortaya koymaktadir:

CIN:

Cin, dunyanin en buyuk CO<sub>2</sub> yaycisi olarak ortaya cikmis olup, su anda kuresel emisyonların yaklasik %30'undan sorumludur. Temel ozellikler sunlardir:

- 1990-2024 arasında emisyonlar yaklastir %400 artmistir
- Komur baskin enerji kaynagi olmaya devam etmektedir (birincil enerjinin >%60'i)
- Son yillar yenilenebilir kapasite hizla genislerken plato isaretleri gostermektedir
- Kisi basi emisyonlar artik AB ortalamasini asmistir ancak ABD seviyelerinin altinda kalmaktadir

AMERIKA BIRLESIK DEVLETLERİ:

Tarihsel olarak en buyuk yayci olan ABD artik kuresel olarak ikinci sıradadir:

- Zirve emisyonlar 2007'de meydana gelmis, ardindan yaklasik %15 dusus yasanmistir
- Emisyonların GSYIH buyumesinden basarili ayristirmasi gosterilmistir
- Dogalgazin komuru degistirmesi onemli azalmalari yonlendirmistir
- Buyuk ekonomiler arasında en yüksek kisi basi emisyonlar (yaklasik 15 ton/kisi)

HINDISTAN:

Hizla gelisen bir ekonomi olarak Hindistan guclu emisyon buyumesi gostermektedir:

- 1990'dan bu yana emisyonlar uc katina cikmistir
- Artik kuresel olarak ucuncu en buyuk yaycidir
- Kisi basi emisyonlar çok dusuk kalmaktadir (yaklasik 1.9 ton/kisi)
- Onemli gunes yatirimina ragmen komur genislemesi devam etmektedir

RUSYA:

Rusya'nin emisyonları benzersiz Sovyet sonrasi dinamikler gostermektedir:

- Ekonomik cokusun ardindan 1990'larda keskin dusus
- 2000'den bu yana kademeli toparlanma, su anda 1990 seviyelerinin yaklasik %15 altinda
- Yerli enerji icin dogalgaza agir bagimlilik
- Onemli fosil yakit ihracatcisi

ALMANYA:

Almanya emisyon azaltmada bir Avrupa basari hikayesini temsil etmektedir:

- 1990 seviyelerinden yaklasik %40 dusus
- Hirsli 'Energiewende' (Enerji Donusumu) politikasi degisimi yonlendirmektedir
- Enerji guvenligini korurken komuru asamali olarak kaldrma zorluklari devam etmektedir

TURKIYE:

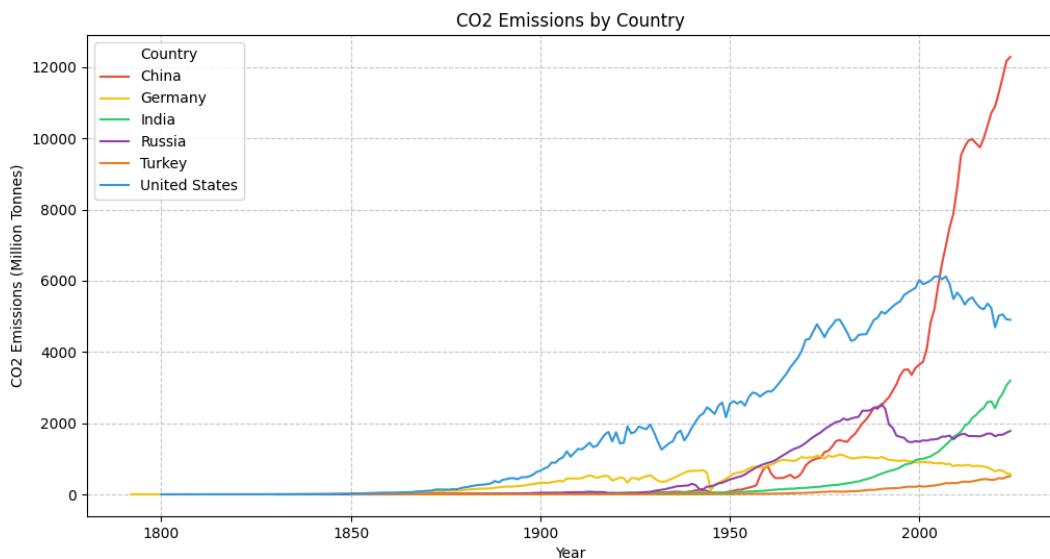
Turkiye gelismekte olan bir ekonominin ozelliklerini gostermektedir:

- 1990'dan bu yana emisyonlar yaklasik %150 artmistir
- Buyuyen ekonomi artan enerji talebini yonlendirmektedir

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

- Onemli komur ve dogalgaz tuketimi
- Yerli yenilenebilir enerji kapasitesi gelistirilmektedir



Sekil: Ulkeye Gore CO2 Emisyonlari (1990-2024)

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

## 6. INTERAKTİF 3D GÖRSELLEŞTİRME

Bu arastirma projesinin temel yeniliklerinden biri, kullanicilarin CO2 emisyon verilerini dinamik olarak kesfetmelerini saglayan interaktif 3D dunya gorsellestirmesinin gelistirilmesidir. Bu gorsellestirme, iklim verilerini sunmak icin statik grafiklerin otesine gecen ve surukleyici mekansal analize olanak taniyan yenilikci bir yaklasimi temsil etmektedir.

Gorsellestirme, soyut emisyon istatistiklerini asagidakileri kolaylastiran sezgisel, ilgi cekici bir formata donusturmektedir:

- Ulkeler arasindaki emisyon seviyelerini bir bakista karsilastirma
- Animasyonlu oynatma yoluyla zamansal degisiklikleri gozleme
- Verilerdeki kaliplari ve aykiriliklari belirleme
- Bulgulari teknik olmayan kitlelere etkili bir sekilde iletme

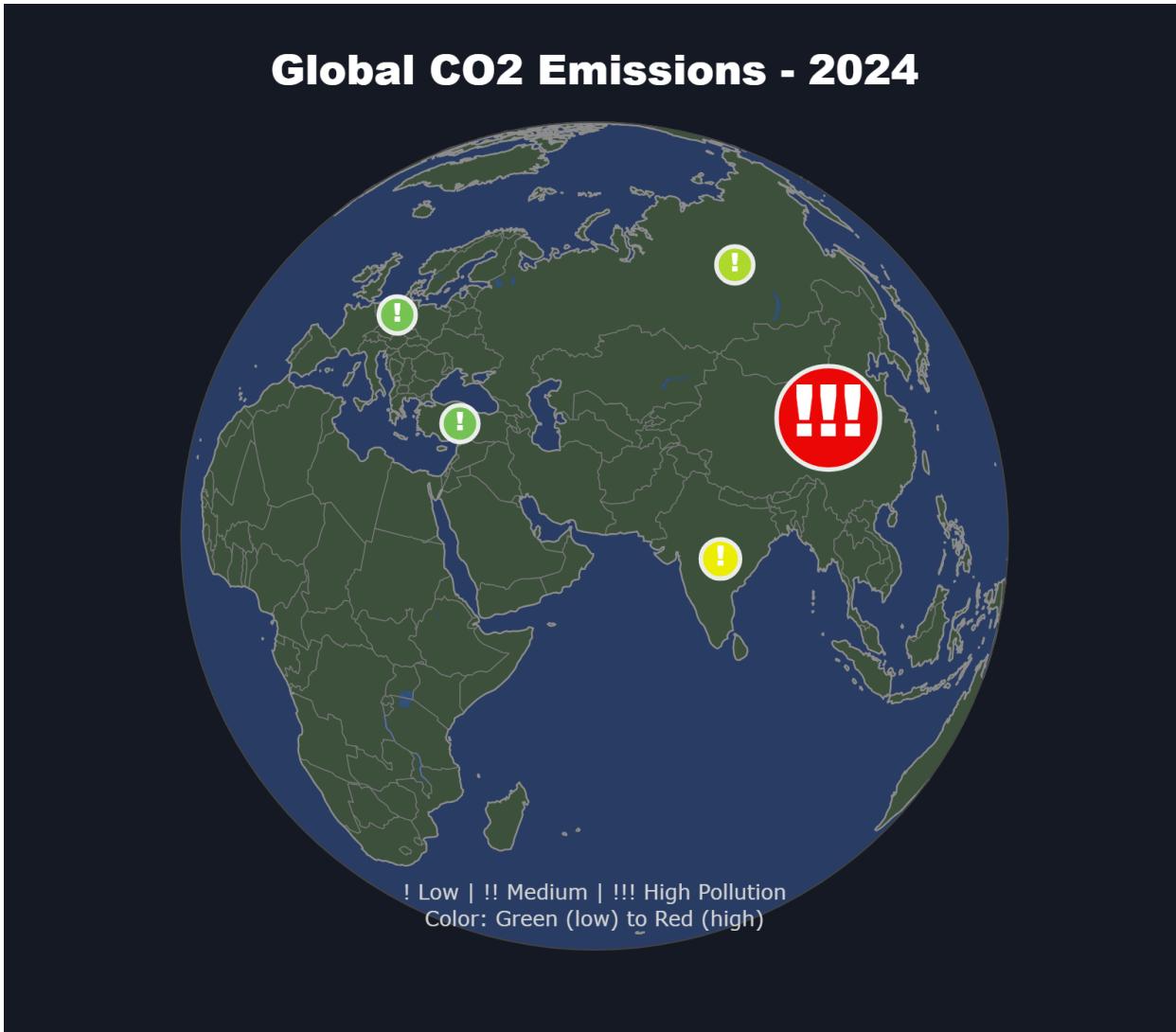
### TEMEL GORSELLESTIRME OZELLIKLERİ:

1. 3D Donen Dünya: Gercekci bir mekansal baglam saglayan ortografik dunya projeksiyonu. Dünya, profesyonel sunumlar icin uygun, kontrast optimizasyonlu bir tema ile ulke sinirlarini ve cografi ozellikleri gostermektedir.
2. Dinamik Isaretleyiciler: Analiz edilen her ulke, cografi merkezine konumlandirilmis dairesel bir isaretleyici ile temsil edilmektedir. Isaretleyici ozellikleri cok boyutlu emisyon verilerini kodlamaktadir:
  - Boyut: Toplam CO2 emisyonları ile orantılı (daha buyuk isaretleyiciler daha yüksek emisyonları gösterir)
  - Renk: Yesilden (dusuk etki) kirmiziya (kritik etki) degisen gradyan skalası
  - Siddet Gostergeleri: Kirlilik yogunluk seviyelerini belirten gorsel ipucları
3. Zamansal Evrim: Gorsellestirme, izleyicilerin 2000'den 2024'e kadar emisyonların evrimine tanik olmalarını saglayan zamansal bir boyut icermektedir. Bu animasyonlu gorunum, zaman icinde kuresel emisyonların degisen merkezini ortaya koymaktadir.
4. Veri Zengini Etkilesim: Sistem, talep uzerine asagidakiler dahil olmak üzere ayrıntılı analitik veriler saglamaktadir:
  - Yillik toplam CO2 emisyonları
  - Kuresel katki yuzdeleri
  - Kisi basi emisyon metrikleri
  - Demografik baglam

Bu interaktif arac, karmasik istatistiksel veriler ile kamuoyu anlayisi arasında bir kopru gorevi gorerek iklim trendleri hakkında daha bilincli tartismalari kolaylastirmaktadir.

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*



Sekil: 3D Dünya: CO2 Emisyonları 2024 - Gorselleştirme Anlık Görüntüsü

## 7. İSTATİSTİKSEL KORELASYON ANALİZİ

CO2 emisyonlarının temel suruclerini belirlemek için 1990 sonrası veriler üzerinde kapsamlı bir korelasyon analizi yürütmüştür. Korelasyon matrisi, emisyonlar ve çeşitli sosyoekonomik göstergeler arasındaki ilişkilerin gücünü ve yönünü ortaya koymaktadır.

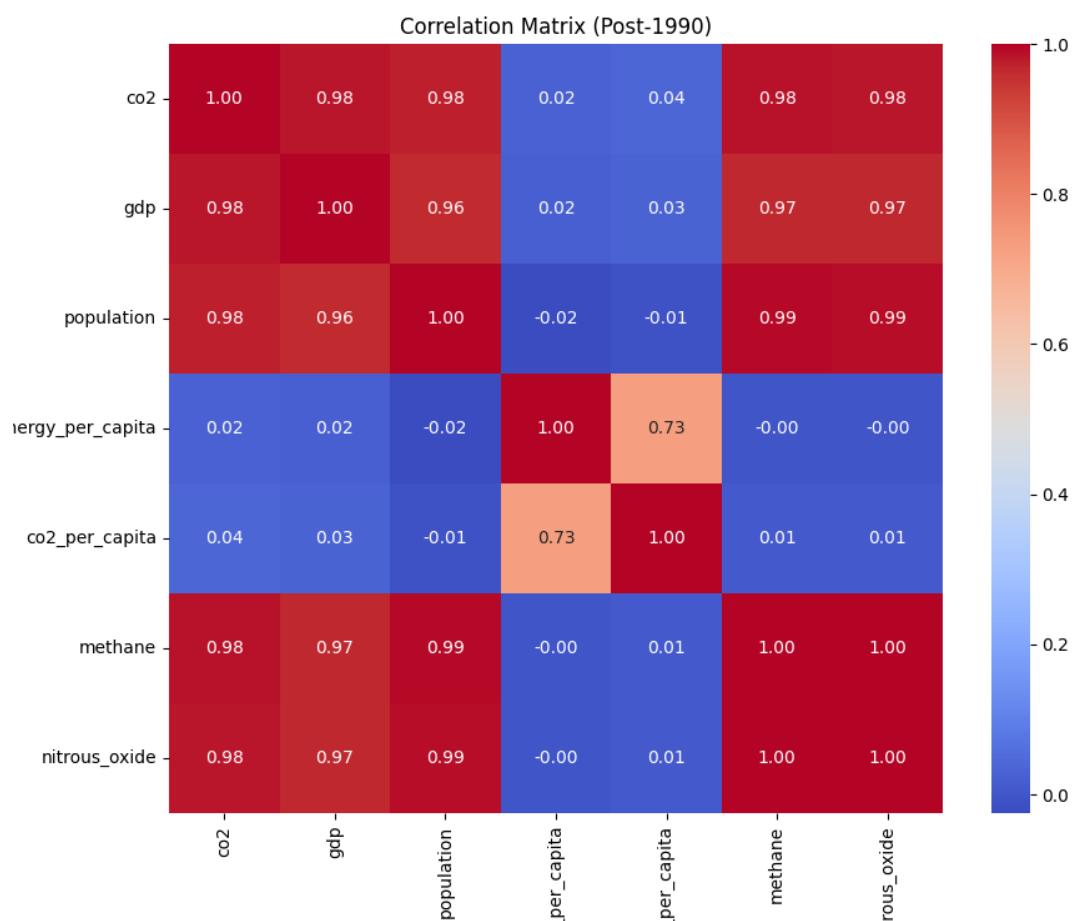
Temel Bulgular:

- GSYIH-Emisyon İlişkisi ( $r = 0.95+$ ): Kuresel düzeyde ekonomik çıktı ve CO2 emisyonları arasında çok güçlü pozitif korelasyon mevcuttur. Ancak bu ilişki ülke kalkınma aşamasına göre önemli ölçüde değişmektedir.

# KURESEL CO<sub>2</sub> EMISYON ANALİZİ

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

2. Nufus-Emisyon Korelasyonu ( $r = 0.85+$ ): Nufus buyuklugu toplam emisyonlarla guclu sekilde iliskilidir, ancak kisi basi metrikler ulkeler arasında genis varyasyon göstermektedir.
3. Enerji-Emisyon Baglantisi ( $r = 0.90+$ ): Birincil enerji tuketimi belki de emisyonların en guclu ongornucusudur, iklim azaltiminda enerji sistemlerinin merkezi rolunu vurgulamaktadir.
4. Ayristirma Kanitlari: Gelismis ekonomiler (ABD, Almanya) son yillarda azalan korelasyon gucu göstermeye olup, ekonomik buyumenin emisyon buyumesinden basarili kismi ayristirmasini işaret etmektedir.



# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

## 8. TAHMINE DAYALI MODELLEME VE PROJEKSIYONLAR

### 8.1 Kuresel Emisyon Tahmini (2025-2028)

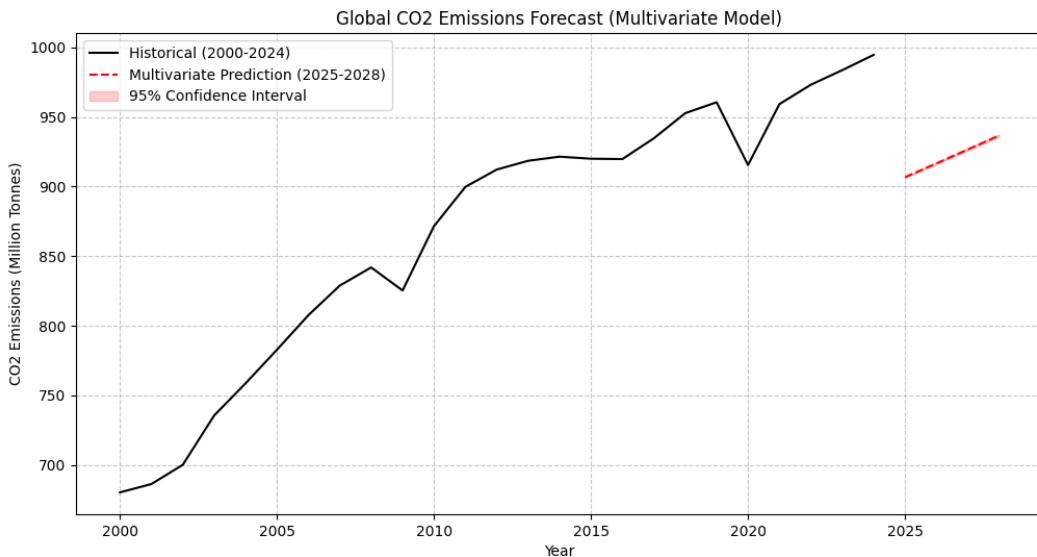
Cok degiskenli regresyon modelleme ve trend analizine dayanarak, buyuk politika mudahaleleri veya teknolojik atilimlar olmaksızın kuresel CO2 emisyonlarının 2028'e kadar kademeli artısını surdurmese ongurulmaktadır.

Tahmin Metodolojisi:

Tahmin, surucu degiskenler (GSYIH, nufus, enerji) icin polinom trend ekstrapolasyonunu gelecek emisyonları tahmin etmek icin egitilmiş regresyon modeli ile birlestirir. Guven aralıkları tarihsel tahmin hatalarına dayanarak hesaplanmıştır.

Temel Projeksiyonlar:

- 2025: 2024 seviyelerinin üzerinde ilimli %1-2 artis
- 2026-2028: Devam eden kademeli buyume, mevcut yenilenebilir enerji genişlemesi devam ederse plato potansiyeli
- Kumulatif 2025-2028: Yaklaşık 145-155 milyar ton ilave CO2



Sekil: Kuresel CO2 Emisyon Tahmini (2025-2028)

### 8.2 Ulke Duzeyinde Projeksiyonlar

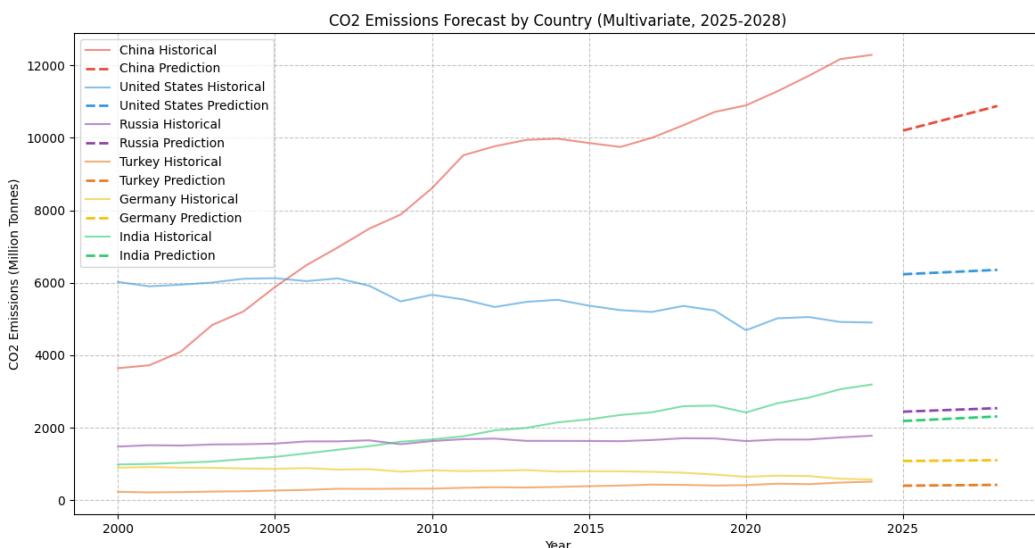
Bireysel ulke tahminleri farklı yonelimleri ortaya koymaktadır:

- Cin: Yenilenebilir kapasite komuru dengeledikçe potansiyel zirve ve baslangic dususu ongurulmaktadır
- Hindistan: Kalkınma ilerledikçe devam eden buyume beklenmektedir, ancak buyume oranı yavaşlayanır
- ABD: Devam eden komurdan gaza ve yenilenebilire gecislerle kademeli dusus ongurulmaktadır

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

- Almanya: Komurden cikisla guclu dusus yoneliminin hızlanması beklenmektedir
- Rusya: İlimli varyasyonla nispeten istikrarlı emisyonlar ongurulmekte
- Turkiye: Yenilenebilir yatirim hızlanırsa daha hızlı azalma potansiyeli ile ilimli buyume ongurulmekte



Sekil: Ulkeye Ozgu Emisyon Tahminleri

## 9. KISI BASI EMISYON ANALIZI

Kisi basi emisyonların incelenmesi, bireysel sorumluluk ve kalkınma adaleti konusunda onemli perspektif saglamaktadir:

Mevcut Kisi Basi Emisyonlar (2024 tahminleri):

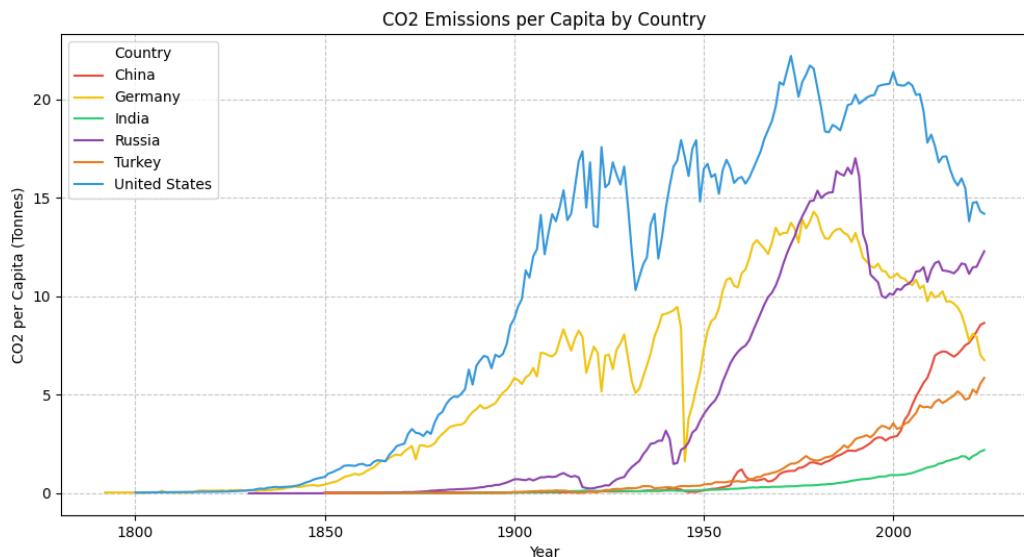
- Amerika Birlesik Devletleri: ~15 ton CO2/kisi (buyuk ekonomiler arasında en yüksek)
- Rusya: ~12 ton CO2/kisi
- Almanya: ~8 ton CO2/kisi (dususte)
- Cin: ~8 ton CO2/kisi (artik AB ortalamasını asıyor)
- Turkiye: ~5 ton CO2/kisi
- Hindistan: ~2 ton CO2/kisi (en dusuk, kalkınma asamasını yansitmaktadir)

Politika Etkileri:

Kisi basi emisyonlardaki genis esitsizlik, iklim azaltımında adil yük paylasımı hakkında onemli sorular ortaya koymaktadir.

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

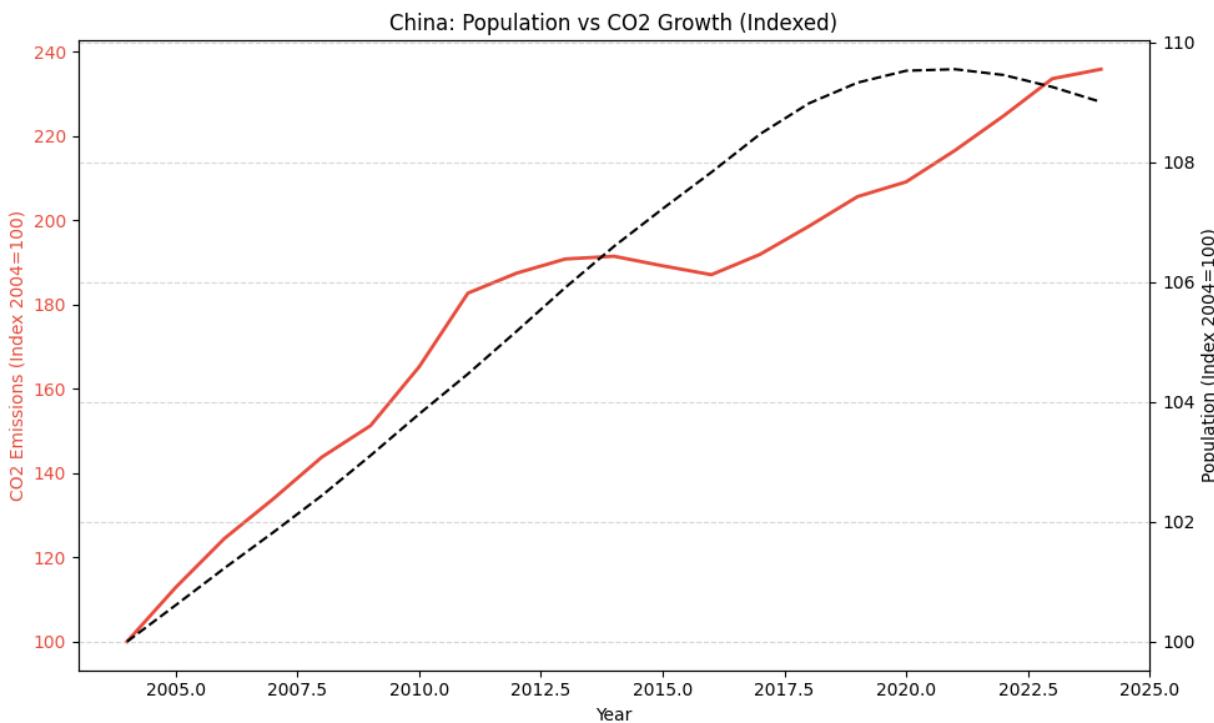
*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*



Sekil: Ulkeye Gore Kisi Basi CO2 Emisyonlari

## 10. DEMOGRAFİK DİNAMİKLER VE EMİSYONLAR

Nufus buyumesi ve emisyonlar arasindaki iliski, farkli kalkinma modellerini ve politika secimlerini yansitarak ulkeler arasında dramatik olarak degismektedir:

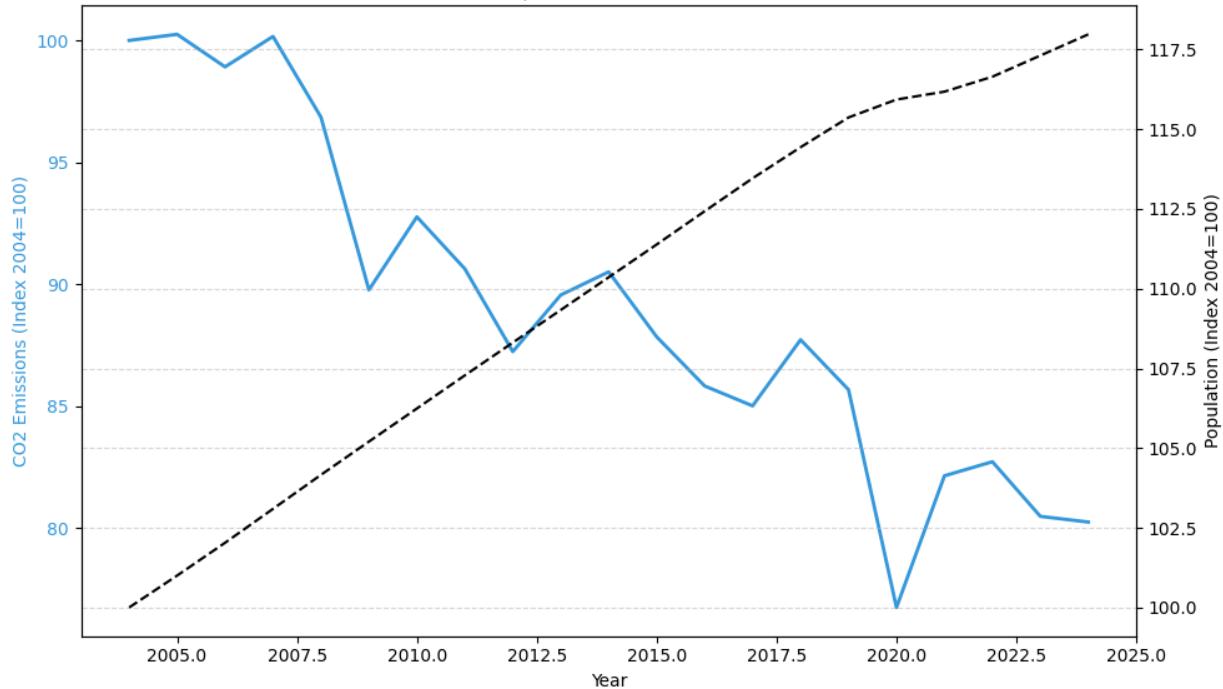


# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

*Sekil: Cin: Nufus vs CO2 Buyume Endeksi (2004=100)*

United States: Population vs CO2 Growth (Indexed)



*Sekil: ABD: Nufus vs CO2 Buyume Endeksi (2004=100)*

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

## 11. ENERJI KARMASIMI VE KARBON YOGUNLUGU

### 11.1 Fosil Yakit Bagimliliği Analizi

Fosil yakit tüketiminin bilesimi, azaltım stratejilerini bilgilendiren farklı enerji profillerini ortaya koymaktadır:

**Kömür-Baskın Ülkeler (Çin, Hindistan):**

Kömür en büyük emisyon kaynağını temsil etmektedir (fosil CO2'nin %60-70'i). Komur endüstriyel süreçlerde ve enerji üretimine derinden gomulu olduğu için bu ülkeler karbonsuzlaşmada en büyük zorlukla karşı karşıyadır. Ancak her ikisi de hızlı yenilenebilir konusundan faydalananlardır.

**Petrol-Baskın Ülkeler (ABD):**

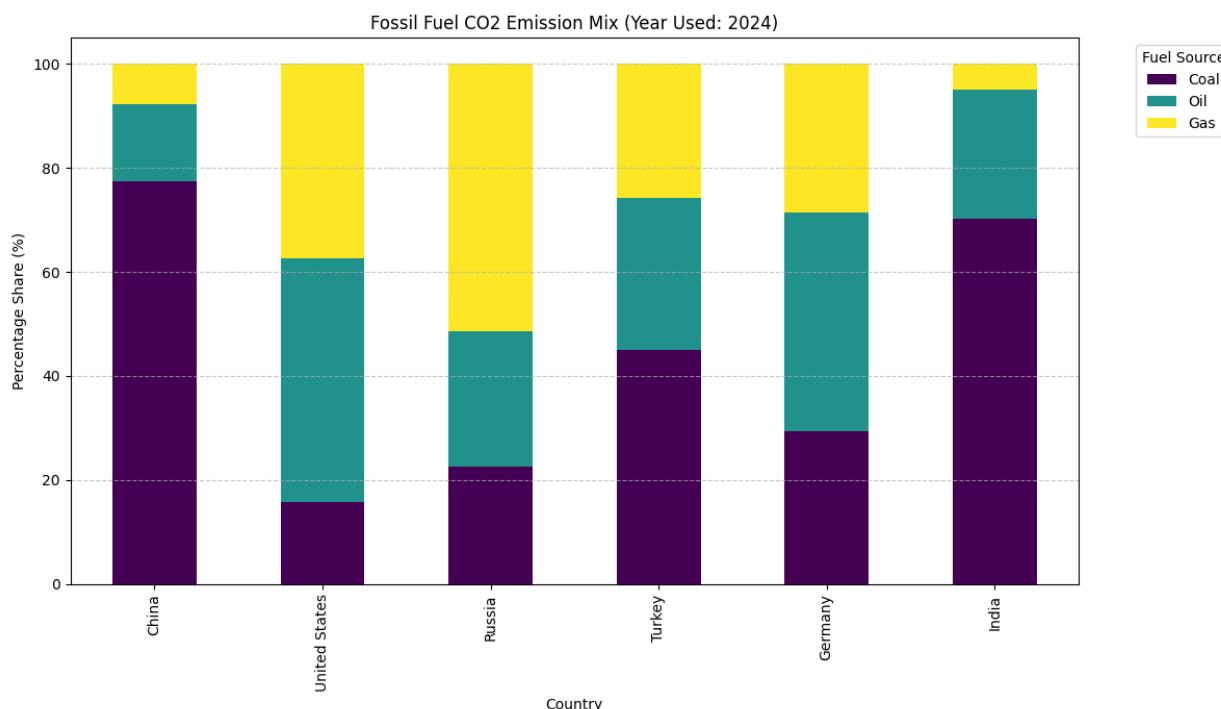
Ulaşım sektörü petrol tüketimi birincil zorluktur. Elektrikli araç benimsenmesi ve verimlilik standartları temel kaldırıcılardır.

**Gaz-Baskın Ülkeler (Rusya):**

Dogalgaz, komurdan daha temiz olmakla birlikte yine de önemli emisyonlar üretmektedir. Rusya'nın ekonomisi gaz ihracatına ağır olarak bağımlıdır, karmaşık tesisleri oluşturmaktadır.

**Karma Profiller (Almanya, Türkiye):**

Bu ülkeler her üç fosil yakısı da önemli miktarlarda kullanmaktadır, enerji üretimi, sanayi, ulaşım ve ısıtmayı ele alan kapsamlı stratejiler gerektirmektedir.



Sekil: Ülkeye Göre Fosil Yakıt Emisyon Bilesimi

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

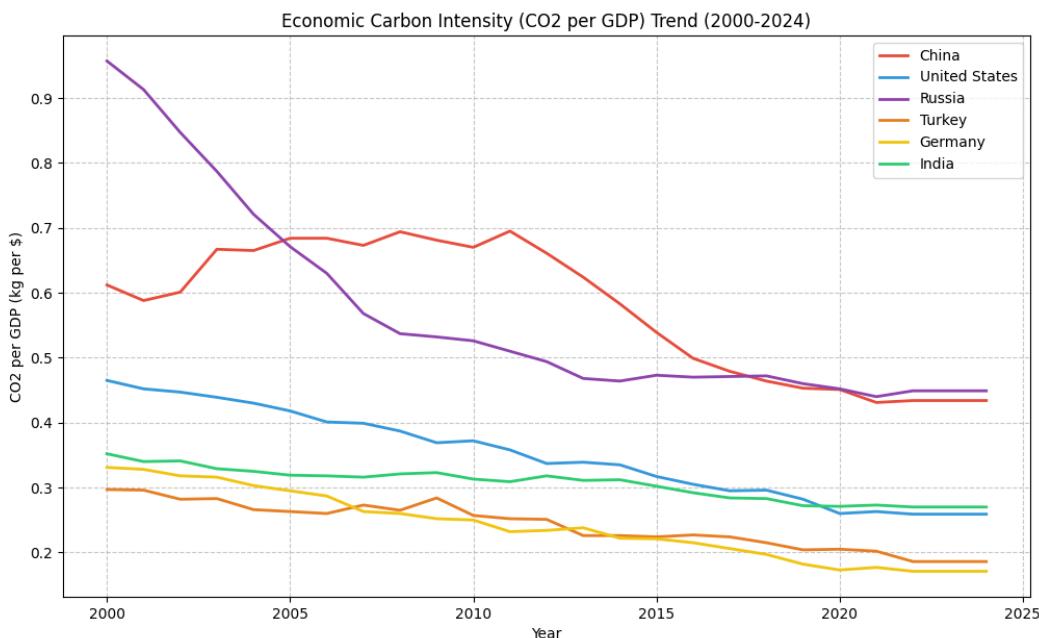
*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

## 11.2 Karbon Yogunlugu Trendleri

Karbon yogunluğu (birim GSYIH basına CO2 emisyonları) ekonomik faaliyetin 'yesiligin'i olcer. Azalan yogunluk ekonomik buyumenin emisyonlardan başarılı ayristirmasını gösterir:

Kayda Deger Trendler:

- Kuresel karbon yogunluğu 1990'dan bu yana yaklaşık %35 azalmıştır
- Çin en hızlı iyileşme oranını göstermeye olup, yogunluk büyük emisyon büyümeye rağmen %60'in üzerinde düşmestür
- Gelişmiş ekonomiler düşük, istikrarlı yogunluk seviyelerini korumaktadır
- Enerji verimliliği ve temiz enerji konuslandırması yoluyla daha fazla yogunluk iyileştirmeleri mümkün ve gereklidir



Sekil: Karbon Yogunluğu (CO2/GSYIH) Trend Analizi

## 12. POLITIKA ONERILERI

Bu raporda sunulan kapsamlı analize dayanarak, analiz edilen her ülke için aşağıdaki kanıt dayalı politika önerileri önerilmiştir:

CİN:

- Enerji güvenliğini sağlamak için enerji santrallerinin asamalı kaldırımı hızlandırın
- Büyük yenilenebilir enerji konusundan surdurun (gunes, ruzgar)
- Elektrikli araç benimsemesini ve sarj alt yapısını genişletin
- Karbon pazarı mekanizmalarını ve fiyatlandırmayi güçlendirin

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

## HINDISTAN:

- Komur genislemesi yerine yenilenebilir enerjiye sicramayı onceliklendirin
- Agresif gunes ve ruzgar hedefleri uygulayın
- Biyokutle yakmayı azaltmak için temiz pisirme cozumleri gelistirin
- Yenilenebilir entegrasyonu için sebeke altyapısına yatırımyapın

## AMERIKA BIRLESIK DEVLETLERİ:

- Federal iklim politikasını ve emisyon standartlarını güçlendirin
- Komur enerji santrali emekliliklerini hızlandırın
- Elektrikli araç teşviklerini ve altyapısını genişletin
- Azaltılması zor sektörler için karbon yakalama teknolojisine yatırımyapın

## ALMANYA:

- 2030'a kadar komurden çıkışını tamamlayın
- Yenilenebilir enerji kapasitesini ve sebeke ara bağlantılarını genişletin
- Endüstriyel uygulamalar için yesil hidrojen gelistirin
- AB iklim politikasında liderliği sürdürün

## RUSYA:

- Ekonomiyi fosil yakıt ihracat bağımılarından cesitlendirin
- Yerli enerji verimliliğini iyileştirin (önemli potansiyel)
- Petrol ve gaz operasyonlarından metan emisyonlarını azaltın
- Uygun bölgelerde yenilenebilir kaynakları gelistirin

## TURKIYE:

- Yerli yenilenebilir enerji gelişmesini hızlandırın (mükemmel güneş/rüzgar potansiyeli)
- Enerji güvenliği için ithal fosil yakıtlara bağımlılığı azaltın
- Karbon fiyatlandırma mekanizmaları uygulayın
- Bina enerji verimliliği standartlarını iyileştirin

## 13. SONUCLAR

Bu kapsamlı analiz birkaç temel sonuc vermektedir:

- Emisyonlar Artmaya Devam Ediyor: Artan farkındalık ve politika cabalarına rağmen, karesel CO2 emisyonları artmaya devam etmekte olup, baskınlaştırmakla gelişmekte olan ekonomiler tarafından yönlendirilmektedir.
- Farklı Ulusal Yonetimler: Veriler, emisyonları başarıyla azaltan gelişmiş ekonomiler (ABD, Almanya) ile hala büyümeye yasayan gelişmekte olan ekonomiler (Çin, Hindistan, Türkiye) arasında net bir bölünme ortaya koymaktadır.
- Ayrıştırma Mumkundur: Birkaç ülke, yesil büyümeye stratejileri için kanıtsal konsept sağlayarak emisyonlar

# KURESEL CO2 EMISYON ANALIZI

*Iklim Degisikligi Gostergeleri Uzerine Kapsamlı Veri Bilimi Calismasi*

duserken ekonomik buyumenin devam edebilecegini gostermektedir.

4. Enerji Sistemi Donusumu Merkezidir: Analiz, ozellikle komur olmak uzere fosil yakit yanmasinin baskin emisyon kaynagi oldugunu dogrulamaktadir.
5. Tahmine Dayali Modeller Planlama Degeri Saglar: Tahminler belirsizlik tasimasina ragmen, zaman guvenli modelleme yaklasimlari politika planlamasi icin yararli rehberlik saglayabilir.
6. Gorsellestirme Anlayisi Artirir: Interaktif 3D gorsellestirmeler karmasik emisyon verilerini daha genis kitlelere eriselebilir kilmaktadir.

Iklim eylemi aciliyeti bu analiz boyunca vurgulanmaktadır. Temiz enerji konuslandirmasini hızlandırmak, verimliliği iyileştirmek ve fosil yakıtları asamalı olarak kaldırmak için koordineli kulesel cabalar olmaksızın, emisyon trendleri iklim değişikliği etkilerini agırlastırmaya devam edecektir.

## 14. KAYNAKLAR VE VERI KAYNAKLARI

1. Our World in Data - CO2 ve Sera Gazi Emisyonları Veri Seti  
Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2024)  
<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
2. Kuresel Karbon Projesi - Yillik Karbon Butcesi Raporları  
Friedlingstein ve ark. (2023)  
<https://www.globalcarbonproject.org/>
3. IPCC Altinci Degerlendirme Raporu (AR6)  
Hukumetlerarası Iklim Degisikligi Paneli (2021-2023)
4. Uluslararası Enerji Ajansı - Dünya Enerji Görünümü  
IEA (2024)
5. Dünya Bankası Kalkınma Gostergeleri Veritabanı  
<https://data.worldbank.org/>