



# Lineer ve Kübik Regresyon Analizleri Kullanılarak OECD Ülkelerinin CO<sub>2</sub> Emisyonlarının Tahminlemesi

Ezgi Güler<sup>1\*</sup>, Süheyla Yerel Kandemir<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-8789-8244), [ezgi.guler@bilecik.edu.tr](mailto:ezgi.guler@bilecik.edu.tr)

<sup>2</sup> Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-4056-5383), [syerel@gmail.com](mailto:syerel@gmail.com)

(2nd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2022, March 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1079187)

**ATIF/REFERENCE:** Güler, E., Yerel Kandemir, S., (2022). Lineer ve Kübik Regresyon Analizleri Kullanılarak OECD Ülkelerinin CO<sub>2</sub> Emisyonlarının Tahminlemesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (34), 175-180.

## Öz

CO<sub>2</sub> emisyonu hava kirliliğine ve küresel ısınmaya etki eden önemli bir faktördür. Bu çalışmada OECD ülkelerinin 1965-2020 yılları arasındaki CO<sub>2</sub> emisyon değerleri kullanılarak tahminleme çalışması yapılmıştır. Bu tahminleme çalışması için lineer ve kübik regresyon analizlerinden yararlanılmıştır. Kurulan tahmin modellerinin tahminleme başarısı R<sup>2</sup> (Determinasyon Katsayısı), MAPE (Ortalama Mutlak Yüzde Hata), MAD (Ortalama Mutlak Hata) ve MSE (Ortalama Kare Hata) değerleri hesaplanarak değerlendirilmiştir. İki farklı model ile gelecek 15 yılın emisyon değerleri tahminlenmiştir. Ayrıca iki farklı modelden elde edilen tahmin değerleri için Tek Örneklem T testi uygulanarak tahmin değerlerinin ortalamaları arasında anlamlı fark olup olmadığı incelenmiştir. Çalışmada kullanılan yaklaşımın ve elde edilen tahmin değerlerinin karar vericiler ve politika yapıcılar için yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** CO<sub>2</sub>, Emisyon, OECD ülkeleri, Regresyon analizi, Tahminleme.

## Estimation of CO<sub>2</sub> Emissions by OECD Countries Using Linear and Cubic Regression Analyzes

### Abstract

CO<sub>2</sub> emission is an important factor affecting air pollution and global warming. In this study, an estimation study was carried out using the CO<sub>2</sub> emission values of OECD countries between 1965 and 2020. Linear and cubic regression analyzes were used for this estimation study. The estimation success of the established prediction models was evaluated by calculating the R<sup>2</sup> (Coefficient of Determination), MAPE (Mean Absolute Percent Error), MAD (Mean Absolute Error) and MSE (Mean Square Error) values. Emission values of the next 15 years are estimated with two different models. In addition, the Single Sample T test was applied for the prediction values obtained from two different models, and it was examined whether there was a significant difference between the averages of the predicted values. It is thought that the approach used in the study and the estimation values obtained will be a guide for decision makers and policy makers.

**Keywords:** CO<sub>2</sub>, Emission, OECD countries, Regression analysis, Forecasting.

\* Sorumlu Yazar: [ezgi.guler@bilecik.edu.tr](mailto:ezgi.guler@bilecik.edu.tr)

## 1. Giriş

Günümüzde yenilenemeyen enerji kaynakları, enerji kaynaklarında dışa bağımlılık, arz güvenliği ve küresel ısınma en temel dünyamızı ilgilendiren en temel sorunlardır (Güler vd., 2021). EPA (Environmental Protection Agency)'nın tanımına göre CO<sub>2</sub>, yenilenemeyen enerji kaynaklarının, fosil yakıtların ve biyokütlelerin yanması ve diğer endüstriyel süreçlerin bir yan ürünü olarak ortaya çıkan, dünyanın radyasyon dengesini etkileyen, atmosferde bulunan bir sera gazıdır (Environmental Protection Agency, 2019).

Küresel ısınma, dünyanın son yüzyılda şimdiye kadar karşılaştığı en büyük ve muhtemelen en zor çevresel, sosyal ve ekonomik tehditlerden biridir (Shirmohammadi vd. 2018). Atmosfere salınan CO<sub>2</sub>'nin artması, sel, kuraklık gibi olumsuz çevresel etkilerle birlikte küresel ısınmanın temel nedenlerinden biridir. 20. yüzyılda dünyanın ortalama sıcaklığı 0,6 derece artmış ve önümüzdeki yüzyıl için 1-5 derece daha artacağı tahmin edilmektedir (Hosseini vd. 2019).

OECD ülkeleri; ABD, Almanya, Avusturya, Belçika, Birleşik Krallık, Danimarka, Fransa, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Kanada, Lüksemburg, Norveç, Portekiz, Türkiye, Yunanistan, Japonya, Finlandiya, Avustralya, Yeni Zelanda, Meksika, Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Polonya, Güney Kore, Slovakya, Şili, Estonya, Slovenya, İsrail, Letonya, Litvanya, Kolombiya ve Kosta Rika'dır. Tüm OECD ülkeleri ve gelişmekte olan bazı ülkeler hava kirleticilerin emisyon seviyelerini azaltmak amacıyla Kyoto Protokolünü imzalamış olsa da ekosistem konusundaki endişeler hala devam etmektedir (Saboori vd. 2014). OECD ülkelerinin ekonomileri, dünyadaki en yüksek enerji tüketimi seviyesi ile karakterize edilmektedir. Bu ülkeler için elektrik enerjisi, devasa enerji arzının kilit kaynaklarından biridir (Shafiei ve Salim, 2014). OECD ülkelerindeki elektrik üretiminin yaklaşık %80'i hala yenilenemeyen enerji kaynaklardan elde edilmektedir. Dolayısıyla, CO<sub>2</sub> emisyonlarında önemli bir artış mevcuttur. Ayrıca ülkelerin internet kullanımındaki artış, enerji talebi ile bağlantılı olarak CO<sub>2</sub> emisyonunun artmasına neden olacak baskı oluşturabilir (Salahuddin vd. 2016).

CO<sub>2</sub> gibi insan sağlığına etki eden ve küresel ısınmayı tetikleyen hava kirleticilerin uzun ya da kısa dönemli tahmin verilerinin elde edilmesi ülkeler ve karar vericiler için önemlidir. Literatürde bu konuyla ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların bazıları özetlenmiştir:

Gülhan vd. (2018) çalışmalarında İstanbul'daki biyolojik atıksu arıtma tesislerinin sera gazı emisyonunu modelleme metodu ile tahmin etmişlerdir. Bu amaçla General Purpose Simulator (GPS-X) sürüm 6.5 simülasyon programını kullanmışlardır. Räsänen vd. (2018) çalışmalarında River Basin bölgesinde CO<sub>2</sub> emisyonlarını tahminlemek için emisyon modelleri önermişlerdir. Çeşmeli ve Pençe (2020) çalışmalarında Türkiye için sera gazı emisyon tahminini makine öğrenmesi yöntemleri ile gerçekleştirmişlerdir. Özhan (2020) çalışmasında yine Türkiye'deki karbondioksit emisyonunu yapay sinir ağları ve üstel düzleştirme yöntemleri ile tahmin etmiştir. Ancak regresyon modellerinin karşılıklı değerlendirildiği çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada OECD ülkelerinin 1965-2020 yılları arasındaki CO<sub>2</sub> emisyon verileri kullanılarak emisyon tahminleme çalışması yapılmıştır. Lineer regresyon ve kübik regresyon analizleri

kullanılarak farklı performans metriklerine göre karşılaştırılmış ve sonraki 15 yıla ait tahmin verileri elde edilmiştir. Tahmin verilerinin ortalamaları arasındaki ilişki incelenerek analiz seçimine alternatif durum geliştirilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan veriler BP'nin istatistiksel raporlarını içeren web sayfasından temin edilmiştir. Raporda düşülen nota göre BP'nin Dünya Enerjisi 2021 İstatistiksel İncelemesi, COVID-19 pandemisinin enerji piyasaları üzerinde dramatik bir etkisi olduğunu ve hem birincil enerji hem de karbon emisyonlarının İkinci Dünya Savaşı'ndan bu yana en hızlı oranlarda düştüğünü ortaya koymaktadır. Bu sebeple belirtilen olağanüstü durumun genel perspektifi etkilememesi için istatistiksel rapora 1965-2020 yılı arasındaki CO<sub>2</sub> emisyonları dahil edilmiştir (BP Reports, 2020).

Bu çalışmada OECD ülkeleri için 1965-2020 yılı arasındaki 56 yıllık CO<sub>2</sub> emisyon değerleri kullanılarak emisyon miktarları tahminlenmiştir. OECD ülkelerine ait karbondioksit emisyon değerleri (milyon ton cinsinden) Tablo 1'de bulunmaktadır.

Tablo 1. OECD ülkelerinin karbondioksit emisyon değerleri (1965-2020 yılları arası)

Yıl	CO <sub>2</sub> emisyonu	Yıl	CO <sub>2</sub> emisyonu	Yıl	CO <sub>2</sub> emisyonu	Yıl	CO <sub>2</sub> emisyonu
1965	7701.3	1979	11501.1	1993	11823.3	2007	13742.2
1966	8003.2	1980	11207.1	1994	12007.7	2008	13537.4
1967	8270.9	1981	10858.6	1995	12173.1	2009	12613.5
1968	8782.8	1982	10473.9	1996	12596.6	2010	13046.1
1969	9306.7	1983	10366.4	1997	12702.2	2011	12857.6
1970	9791.5	1984	10752.2	1998	12722.9	2012	12667.9
1971	9934.1	1985	10943.9	1999	12801.0	2013	12767.2
1972	10365.2	1986	10991.5	2000	13078.3	2014	12553.9
1973	10962.3	1987	11244.5	2001	13041.7	2015	12473.1
1974	10685.2	1988	11574.0	2002	13119.6	2016	12377.7
1975	10370.3	1989	11777.7	2003	13362.7	2017	12396.3
1976	10962.8	1990	11716.2	2004	13519.9	2018	12494.8
1977	11153.1	1991	11710.6	2005	13631.7	2019	12140.1
1978	11204.4	1992	11747.7	2006	13625.0	2020	10778.1

Çalışmada lineer regresyon ve kübik regresyon analizleri kullanılmıştır. MAPE, MAD, MSE ve R<sup>2</sup> değerleri hesaplanarak modellerin başarısı değerlendirilmiştir. Modellerden elde edilen tahmin değerlerinin ortalamaları arasındaki istatistiksel farkı incelemek için tek örneklem T testi uygulanmıştır.

### 2.1. Lineer Regresyon Analizi

Regresyon analizi, iki ya da ikiden fazla bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi incelemek için kullanılan istatistiksel analiz yöntemidir. Regresyon analizi tek bir değişkenin olduğu durumlarda tek değişkenli regresyon, birden fazla değişkenin olduğu durumlarda çok değişkenli regresyon olarak adlandırılır. Normal dağılım gösteren iki değişkenin arasındaki doğrusal ilişki "basit lineer regresyon analizi" ile değerlendirilmektedir (Yılmaz vd., 2016). Lineer regresyon analizi ile bilinen ya da saptanabilen değişken(ler) kullanılarak belirlenmek istenen bir diğer değişkeni tahmin eden bir tahmin modeli oluşturulur (Kılıç, 2013). Bu çalışmada OECD ülkelerinin tahminlemek istenen emisyon değerleri bağımlı değişken, süre (yıl) ise bağımsız değişken olarak

ele alındığı için basit lineer regresyon modeli kullanılmıştır. Basit regresyon model denklemi Eşitlik (1)'de bulunmaktadır.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de;

$y_i$  bağımlı değişkeni,  $\beta_0$  regresyon sabitini,  $\beta_1$  regresyon katsayısını,  $x_i$  bağımsız değişkeni,  $\varepsilon$  hata terimini ifade etmektedir.  $\beta_0$  ve  $\beta_1$  değerleri En Küçük Kareler Yöntemi kullanılarak elde edilebilmektedir (Erbaş, 2013).

## 2.2. Kübik Regresyon Analizi

Polinom Regresyon Analizi esasen çok değişkenli doğrusal regresyonun özel bir durumudur (Meyers vd., 2016). Polinom Regresyon Analizinde sadece bir bağımsız değişken (x) dikkate alınır. x değişkeni zaman serileri için “dönem (gün, ay, yıl vb.)”dir. Bu çalışmada x değişkeni “yıl” olarak alınmıştır. Polinom regresyon modeli için x bağımsız değişkeninin derecesi “3” olduğunda ilgili model Kübik Regresyon Modeli olarak adlandırılır. Kübik regresyon modeli Eşitlik (2)'de bulunmaktadır (Özen vd., 2021).

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \beta_3 x_i^3 + \varepsilon \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de;

$y_i$  bağımlı değişkeni,  $\beta_0$  regresyon sabitini,  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  regresyon katsayılarını,  $x_i$  bağımsız değişkeni,  $\varepsilon$  hata terimini ifade etmektedir.

## 2.3. Tahmin Modeli Değerlendirme Metrikleri

Bu çalışmada lineer ve kübik regresyon modellerinin tahminleme başarısını değerlendirmek amacıyla R<sup>2</sup>, MAPE, MAD ve MSE metrikleri (ya da kriterleri) kullanılmıştır.

### 2.3.1. R<sup>2</sup> (Determinasyon Katsayısı)

Regresyon analizinde hesaplanan R<sup>2</sup>, uyum/tahmin edici ve gerçek değerler arasındaki ilişkinin doğrusal bir eğriye ne kadar iyi uyduğunu ölçmektedir. R<sup>2</sup> değerinin 1'e eşit olması, modelin doğrusal bir eğri sağlayarak mükemmel olduğunu gösterir. R<sup>2</sup> değerinin yüksek olması, regresyon modeli için istenen bir özelliktir (Yerel ve Ersen, 2013; Çıtakoğlu ve Coşkun, 2021). R<sup>2</sup> formülü Eşitlik (3)'te verilmiştir.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{j=1}^N (Y_j - \hat{Y}_j)^2}{\sum_{j=1}^N (Y_j - \bar{Y})^2} \quad (3)$$

Eşitlikte  $Y_j$  ve  $\hat{Y}_j$  gerçek ve tahmine dayalı değerler,  $\bar{Y}_j$  veri kümesinin ortalama değeridir, N örnek boyutu veya değer sayısıdır.

### 2.3.2. MAPE (Ortalama Mutlak Yüzde Hata)

MAPE, gerçek ve tahmini değerler arasındaki yüzde hatayı temsil eden bir hata metriğidir (Özkaya vd., 2022). Tahmini değerler gerçek değerleri yansıtmadığında veya örtüşmediğinde MAPE değeri yüksektir. MAPE değeri %10'un altında olduğunda tahmin modelinin doğruluğu çok yüksek olarak belirtilmektedir (Gönültaş vd., 2020). Mutlak hata yüzdesini veren MAPE formülü Eşitlik (4)'te verilmiştir.

$$MAPE = \frac{100}{N} \sum_{j=1}^N \left| \frac{(Y_j - \hat{Y}_j)}{Y_j} \right| \quad (4)$$

### 2.3.3. MAD (Ortalama Mutlak Hata)

MAD, iki sürekli değişken arasındaki farkın ölçüsüdür. Gerçek ve tahmini değerler arasındaki farkların mutlak değerlerinin toplamıdır. Toplam hata mutlak değerinin gözlem miktarına bölünmesiyle elde edilmektedir (Çoban vd., 2021). Ortalama mutlak hata değeri 0'dan ∞'a kadar değişebilmektedir. (Chai ve Draxler, 2014). MAD formülü Eşitlik (5)'te verilmiştir.

$$MAD = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |Y_j - \hat{Y}_j| \quad (5)$$

### 2.3.4. MSE (Ortalama Karesel Hata)

MSE, tahmin modelinin hata oranını aynı zamanda başarılarını hatanın karesi ile ölçen bir metriktir. Gerçek ve tahmini değer arasındaki fark ne kadar az ise o oranda iyi bir tahmin yapılmış olur. MSE değeri 0'a yaklaşırsa tahmin o oranda iyidir (Dursun ve Toraman, 2021). MSE formülü Eşitlik (6)'da verilmiştir.

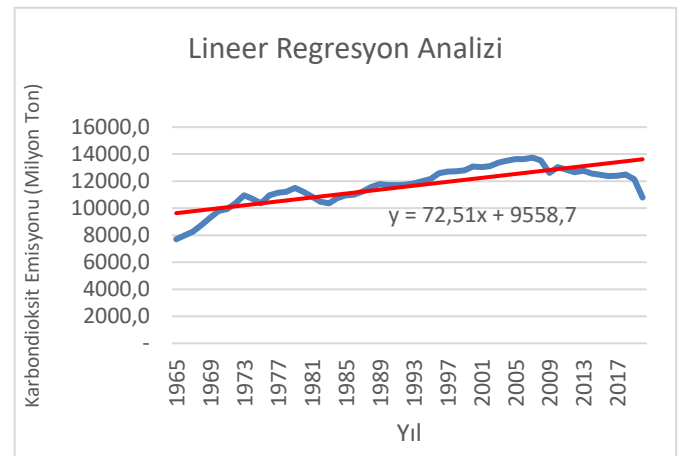
$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (Y_j - \hat{Y}_j)^2 \quad (6)$$

## 2.4. Tek Örneklem T Testi

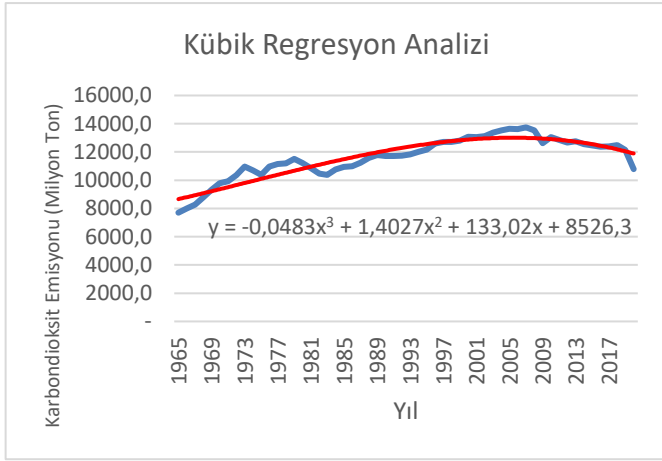
İstatistikte bilinmeyen iki ana kütleli ortalamasının karşılaştırılması gerektiğinde bazı testler uygulanmaktadır (Ediz ve Kan, 1993). Tek örneklem T testi, parametrik bir istatistiksel testtir ve araştırmalarda parametrik test türüne yönelmek için bazı varsayımlar bulunmaktadır. Bu varsayımlardan ilki verilerin normal dağılıma uygunluğudur. Tek örneklem t testinin uygulanabilmesi için aynı zamanda veri sayısının 30'dan küçük olması gerekmektedir (n<30) (Göker vd., 2017).

## 3. Bulgular

Bu çalışmada Tablo 1'deki emisyon verileri kullanılarak OECD ülkeleri için gelecek dönem karbondioksit emisyon tahminlemesi yapılmıştır. Lineer regresyon ve kübik regresyon analizi ile elde edilen eğim grafikleri, regresyon denklemleri sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de bulunmaktadır.



Şekil 1. Lineer regresyon eğimi ve regresyon denklemi



Şekil 2. Kübik regresyon eğimi ve regresyon denklemi

Tablo 1’de bulunan geçmiş dönem verileri için elde edilen tahmin modellerinin başarısı R<sup>2</sup>, MAPE, MAD ve MSE değerleri hesaplanarak incelenmiştir. Elde edilen tahmin modeli değerlendirme metrikleri Tablo 2’de bulunmaktadır.

Tablo 2. Tahmin modelleri için değerlendirme metrikleri

Tahmin Metrikleri	Lineer Regresyon Analizi	Kübik Regresyon Analizi
R <sup>2</sup>	0.6633	0.8718
MAPE	0.0563	0.0384
MAD	653.4756	420.761
MSE	697374	265547.6

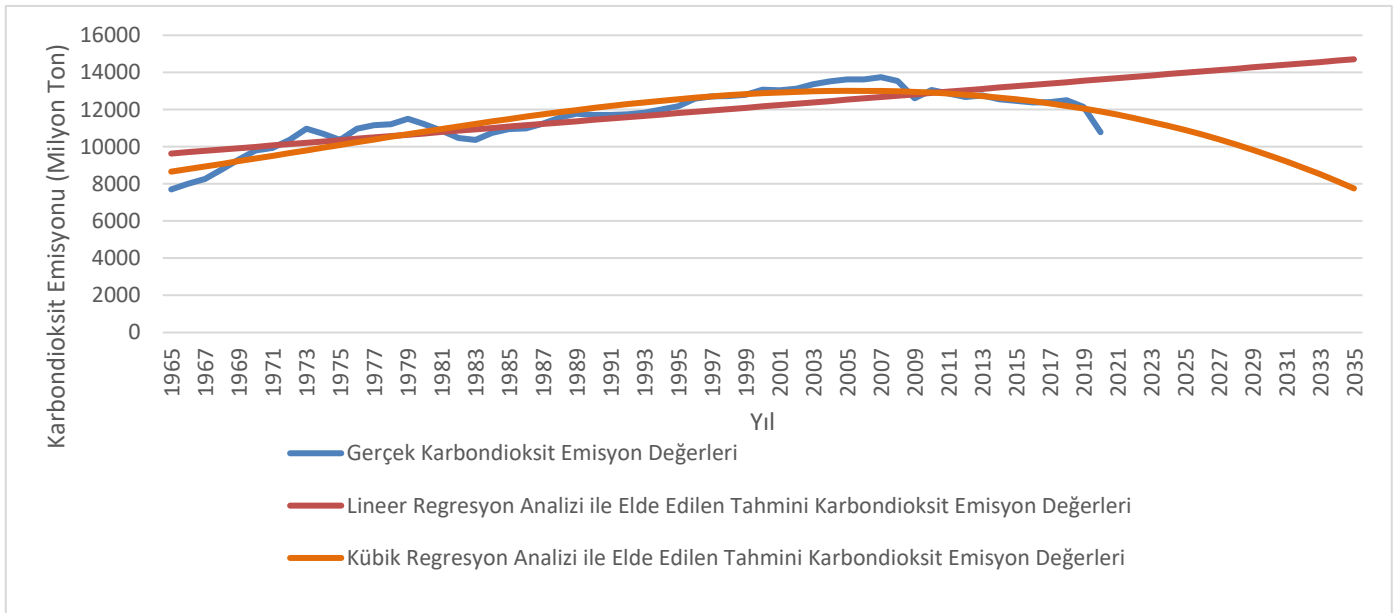
Tablo 2’de bulunan değerlere göre kübik regresyon analizi ile elde edilen tahmin modelinin başarısı lineer regresyon analizi ile elde edilen tahmin modelinin başarısından daha iyi durumdadır. Kübik regresyonda R<sup>2</sup> değeri pozitif ve 1’e daha yakın bir değerdeyken, diğer hata metrikleri daha küçüktür ve bu durum hata payının azlığını ifade etmektedir. Şekil 2’deki tahmin eğimi

incelendiğinde ileriki dönemler için OECD ülkelerinde karbondioksit emisyonunun azalma trendinde olacağı söylenebilir. Fakat bu durum belirsizlikler de barındırabilir. Bu sebeple çalışmada hem lineer hem de kübik regresyon analizi ile gelecek döneme ait tahmin değerleri elde edilmiştir. Elde edilen CO<sub>2</sub> emisyon tahmin değerleri Tablo 3’te yer almaktadır. Tahminlemeye dair doğru yorumlamaların yapılabilmesi için elde edilen tahmin değerlerinin ortalamaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olup olmadığı tek örneklem T testi ile incelenmiştir.

Tablo 3. Lineer ve Kübik regresyon modelleri ile elde edilen tahmini karbondioksit emisyon değerleri (Milyon Ton)

Yıl	Lineer Regresyon Modeli	Kübik Regresyon Modeli
2021	13691.77	11720.9904
2022	13764.28	11536.2332
2023	13836.79	11337.473
2024	13909.3	11124.42
2025	13981.81	10896.7844
2026	14054.32	10654.2764
2027	14126.83	10396.6062
2028	14199.34	10123.484
2029	14271.85	9834.62
2030	14344.36	9529.7244
2031	14416.87	9208.5074
2032	14489.38	8870.6792
2033	14561.89	8515.95
2034	14634.4	8144.03
2035	14706.91	7754.6294

Lineer ve kübik regresyon analizi için tahmin değerlerinin grafiği Şekil 3’te bulunmaktadır.



Şekil 3. Regresyon modelleri ile elde edilen tahmin değerlerinin grafiği

Her iki regresyon modeli ile tahmin değerleri elde edildikten sonra elde edilen tahmin değerlerinin ortalamaları arasındaki istatistiksel farkın anlamlı olup olmadığı tek örneklem T testi ile e-ISSN: 2148-2683

değerlendirilmiştir. Öncelikle verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığı test edilmiştir. Anlamlılık düzeyi %95 ( $\alpha = 0.05$ )

olarak belirlenerek H0 ve H1 hipotezleri kurulmuştur. Kurulan hipotezler aşağıdaki gibidir:

H0: Tahmini karbondioksit emisyon değerleri normal dağılmıştır.

H1: Tahmini karbondioksit emisyon değerleri normal dağılıma uygun değildir.

Kolmogrov- Smirnov ve Shapiro-Wilk sonuçları Tablo 4'te bulunmaktadır (İst.:İstatistik; SD: Serbestlik Derecesi; Sig.:Anlamlılık düzeyi).

Tablo 4. Normallik Testleri

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İst.	SD	Sig.	İst.	SD	Sig.
Doğrusal Regresyon Tahmin Değerleri	.082	15	.200*	.964	15	.755
Kübik Regresyon Tahmin Değerleri	.103	15	.200*	.954	15	.582

Normallik testlerinde elde edilen anlamlılık düzeyleri 0,05'ten fazla olduğu için H0 hipotezi kabul edilmiştir. Karbondioksit emisyon değerleri normal dağılıma uygundur. Tek örneklem T testi uygulanabilir.

Tek örneklem T Testi için anlamlılık düzeyi %95 ( $\alpha = 0.05$ ) olarak belirlenerek kurulan H0 ve H1 hipotezleri aşağıdadır.

H0: Lineer ve kübik regresyon modeli ile elde edilen tahmini CO2 emisyon değerlerinin ortalamaları arasında anlamlı fark yoktur.

H1: Lineer ve kübik regresyon modeli ile elde edilen tahmini CO2 emisyon değerlerinin ortalamaları arasında anlamlı fark vardır.

Tek örneklem T testi sonuçları Tablo 5'te bulunmaktadır.

Tablo 5. Tek Örneklem T testi sonuçları

	Test Değeri = 0					
	t	SD	sig.	Ortalama Fark	%95 Güven Aralığı	
					Alt	Üst
Doğrusal Regresyon Tahmin Değerleri	169.5	14	.000	14199.3	14019.7	14378.9
Kübik Regresyon Tahmin Değerleri	30.4	14	.000	9976.56	9272.79	10680.3

Tablo 5'teki anlamlılık sonuçlarına göre H0 hipotezi reddedilir. Tahmin değerlerinin ortalaması arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlıdır.

## 4. Sonuç

Bu çalışmada OECD ülkelerinin CO2 emisyon değerleri kullanılarak tahminleme çalışması yapılmıştır. Bu amaçla lineer ve kübik regresyon analizi kullanılmıştır. Elde edilen tahmin modellerinin tahmin başarıları farklı metrikler hesaplanarak değerlendirilmiştir. Hesaplanan değerlere göre kübik regresyon analizi ile daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 3'te görüldüğü gibi Lineer regresyon modelinde artan bir eğilim mevcutken Kübik regresyon modelinde azalan eğilim mevcuttur. OECD ülkeleri genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketiminin hızlanmasıyla karbondioksit emisyonunun azalacağı öngörülebilir fakat ilerleyen dönemlerde hava kirliliğine ve karbondioksit emisyonunun artışına sebep olacak başka durumlar da ortaya çıkabilir. Bu nedenle iki farklı tahmin yöntemi ile elde edilen tahmin değerlerinin ortalamaları arasındaki anlamlı fark incelenmiştir. Tek örneklem t testi sonucunda tahmin değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli ya da anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda kübik regresyon analizi ile elde edilen tahmin değerlerinin zamana bağlı olarak gerçeğe daha yakın sonuçlar vermesi muhtemeldir. Bu çalışmada kullanılan yöntemlerin ve yöntemlerden elde edilen verilerin karar vericiler için ilerleyen dönemlerdeki politikalara yön vereceği öngörülmektedir.

## Kaynakça

- BP Reports, (2020). İnternet Adresi: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- Çeşmeli, M. Ş., & Pençe, İ. (2020). Makine Öğrenimi Yöntemleri ile Türkiye için Sera Gazı Emisyonu Tahmini. Academic Platform Journal of Engineering and Science, 8(2), 332-348.
- Chai, T., Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? Geosci. Model Dev., 7, 1247-1250.
- Çıtakoğlu, H., & Coşkun, Ö. Dalgacık Dönüşüm Modeli Yapay Zekâ Teknikleri Kullanılarak Orta Anadolu Bölge İstasyonlarının Yağış Tahmini. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 6(1), 39-54.
- Çoban, V., Güler, E., Kılıç, T., & Kandemir, S. Y. (2021). Precipitation forecasting in Marmara region of Turkey. Arabian Journal of Geosciences, 14(2), 1-10.
- Dursun, Ö. O., & Toraman, S. (2021). Uzun Kısa Vadeli Bellek Yöntemi ile Havayolu Yolcu Tahmini. Journal Of Aviation, 5(2), 241-248.
- Ediz, B., & Kan, İ. (1993). İki ortalama farkına ilişkin hipotezlerin z ve t testi ile kontrolünde, verilen kararların doğruluk dereceleri. Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 2, 127-130.
- Erbaş, S. O. (2013). Olasılık ve İstatistik. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Göker, İ. E. K., Arar, T. & Uysal, B. (2017). Kurumsal itibar kavramı ve hisse senedi fiyatlarına etkisi: Türkiye örneği. Muhasebe ve Finansman Dergisi, (74), 133-156.
- Gönültaş, H., Kızılaslan, H., and N. Kızılaslan. (2020). Projections of effects of global warming on rainfall regime in some provinces; Ankara, Rize, Aydın and Hakkâri provinces example. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 8(10), 2156-2163.
- Güler, E., Yerel Kandemir, S., Acikkalp, E., & Ahmadi, M. H. (2021). Evaluation of sustainable energy performance for OECD countries. Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, 16(6), 491-514.

- Gülhan, H., Özgün, H., Erşahin, M.E., Dereli, R.K., Öztürk İ. (2018). İstanbul'daki Biyolojik Atıksu Arıtma Tesislerinin Sera Gazı Emisyonunun Modelleme Metodu ile Tahmini. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 30, 1, 59-67.
- Hosseini, S. M., Saifoddin, A., Shirmohammadi, R., & Aslani, A. (2019). Forecasting of CO2 emissions in Iran based on time series and regression analysis. Energy Reports, 5, 619-631.
- Kılıç, S. (2013). Doğrusal regresyon analizi. Journal of Mood Disorders, 3(2), 90-92.
- Meyers L.S., Gamst, G., Guarino, A.J. (2016). Applied Multivariate Research: Design and Interpretation, 1st ed., New York, USA: SAGE Publications.
- Özkaya, U., Öztürk Ş. (2022). Gaussian Regression Models for Day-Level Forecasting of COVID-19 in European Countries. Understanding COVID-19: The Role of Computational Intelligence. Springer, Cham, 339-356.
- Özhan, E. (2020). Yapay Sinir Ağları ve Üstel Düzleştirme Yöntemi ile Türkiye'deki CO2 Emisyonunun Zaman Serisi ile Tahmini. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (19), 282-289.
- Räsänen, T. A., Varis, O., Scherer, L., & Kummu, M. (2018). Greenhouse gas emissions of hydropower in the Mekong River Basin. Environmental Research Letters, 13(3), 034030.
- Saboori, B., Sapri, M., & bin Baba, M. (2014). Economic growth, energy consumption and CO2 emissions in OECD (Organization for Economic Co-operation and Development)'s transport sector: A fully modified bi-directional relationship approach. Energy, 66, 150-161.
- Salahuddin, M., Alam, K., & Ozturk, I. (2016). The effects of Internet usage and economic growth on CO2 emissions in OECD countries: A panel investigation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 62, 1226-1235.
- Shafiei, S., & Salim, R. A. (2014). Non-renewable and renewable energy consumption and CO2 emissions in OECD countries: a comparative analysis. Energy Policy, 66, 547-556.
- Shirmohammadi, R., Soltanieh, M., & Romeo, L. M. (2018). Thermoeconomic analysis and optimization of post-combustion CO2 recovery unit utilizing absorption refrigeration system for a natural-gas-fired power plant. Environmental Progress & Sustainable Energy, 37(3), 1075-1084.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2019). US EPA. 02.02.2022 tarihinde [https://ofmpub.epa.gov/sor\\_internet/registry/termreg/searchandretrieve/glossariesandkeywordlists/search.do?details=&glossaryName=Glossary Climate Change Terms](https://ofmpub.epa.gov/sor_internet/registry/termreg/searchandretrieve/glossariesandkeywordlists/search.do?details=&glossaryName=Glossary+Climate+Change+Terms) İnternet adresinden alındı.
- Yerel S. & Ersen T. (2013) Prediction of the Calorific Value of Coal Deposit Using Linear Regression Analysis, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 35:10, 976-980.
- Yılmaz, M., Kanıt, R., Erdal, M., Yıldız, S., & Bakış, A. (2016). Bina Bakım Onarım Ödeneklerinin Etkin Kullanımı Maksadıyla İhale Bedelini Etkileyen faktörlerin yapay sinir ağları ve lineer regresyon yöntemleri ile belirlenmesi. Politeknik Dergisi, 19(4), 461-470.