



## Türkiye’de Arıcılık Üretim Dinamiklerinin Ekonometrik İncelenmesi: ARIMA Tabanlı Bir Tahmin Modeli

Mutlu BULUT

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Niğde, TÜRKİYE

<https://orcid.org/0000-0002-4673-3133>

Sorumlu Yazar: [mutlubulut@ohu.edu.tr](mailto:mutlubulut@ohu.edu.tr)

### Araştırma Makalesi

### ÖZ

#### Makale Tarihçesi:

Geliş Tarihi: 18 Ekim 2025

Kabul Tarihi: 11 Kasım 2025

Online Yayınlanma: 15 Aralık 2025

#### Anahtar Kelimeler:

Bal Üretimi

Arima Modeli

Zaman Serisi Analizi

Türkiye Arıcılığı

Üretim Tahmini

Bu çalışma, Türkiye’nin 1991–2024 dönemine ait bal üretimi verilerini kullanarak arıcılık sektörünün üretim dinamiklerini incelemekte ve 2025–2030 dönemi için tahminlerde bulunmaktadır. Analizde, zaman serilerinin geçmiş değerlerinden hareketle geleceğe yönelik öngörüler sunan Otoresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA) yöntemi kullanılmıştır. Modelleme süreci kapsamında öncelikle serinin durağanlığı Genişletilmiş Dickey–Fuller (ADF) testiyle incelenmiş, ardından en uygun model parametreleri Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve Bayesyen Bilgi Kriteri (BIC) değerleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, bal üretimi serisinin düzeyde durağan olmadığını ancak birinci fark alındığında durağan hale geldiğini göstermiştir. Bu doğrultuda kurulan ARIMA (1,1,2) modeli, geçmiş dönem üretim trendlerini yüksek doğrulukla tahmin etmiş ( $MAPE \approx \%8,55$ ) ve 2025–2030 dönemi için üretimin 100–103 bin ton bandında istikrarlı bir seyir izleyeceğini öngörmüştür. Tahmin sonuçları, Türkiye’de bal üretiminin son yıllarda denge düzeyine ulaştığını, büyüme hızının ise yavaşladığını göstermektedir. Elde edilen bulgular, Türkiye arıcılık sektöründe iklim değişikliği, flora koşulları ve girdi maliyetleri gibi unsurların üretim üzerindeki etkilerinin arttığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle, üretim artışını destekleyecek politikaların verimlilik artışı, iklim adaptasyonu ve sürdürülebilir girdi desteği üzerinde yoğunlaşması önerilmektedir. Ayrıca, gelecekte yapılacak çalışmalarda çok değişkenli modellerin (örneğin ARIMAX veya VAR) kullanılması, üretim dinamiklerinin çevresel ve ekonomik belirleyicilerinin daha derinlemesine analizine katkı sağlayacaktır.

## The Econometric Analysis of Beekeeping Production Dynamics in Türkiye: An ARIMA-Based Forecasting Model

### Research Article

### ABSTRACT

#### Article History:

Received: 18 October 2025

Accepted: 11 November 2025

Published online: 15 December 2025

#### Keywords:

Honey Production

ARIMA Model

Time Series Analysis

Turkey Apiculture

Production Forecasting

This study examines the production dynamics of Türkiye’s beekeeping sector using annual honey production data for the period 1991–2024, and provides forecasts for 2025–2030. The analysis employs the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) model, which generates future projections based on the past behavior of time series. The methodological process includes testing for stationarity using the Augmented Dickey–Fuller (ADF) test and selecting optimal model parameters according to the Akaike Information Criterion (AIC) and Bayesian Information Criterion (BIC) values. The empirical results indicate that the honey production series is non-stationary at level but becomes stationary after first differencing. Accordingly, the ARIMA (1,1,2) model was selected as the most appropriate specification. The model successfully captures the historical production trend with high accuracy ( $MAPE \approx 8.55\%$ ) and forecasts

that honey production in Türkiye will remain stable within the 100–103 thousand tons range between 2025 and 2030. The results reveal that, while honey production in Türkiye has reached a steady level in recent years, the growth rate has slowed considerably. These findings suggest that factors such as climate change, floral diversity, and input costs increasingly affect honey production dynamics. Therefore, policies aimed at sustaining production should focus on improving productivity, enhancing climate resilience, and ensuring sustainable input support. Moreover, future research could incorporate multivariate econometric models (e.g., ARIMAX or VAR) to explore the broader economic and environmental determinants of honey production in Türkiye.

|             |                                                                                                                                                                                             |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Atıf İçin : | Bulut M., 2025. Türkiye’de Arıcılık Üretim Dinamiklerinin Ekonometrik İncelenmesi: ARIMA Tabanlı Bir Tahmin Modeli. Tarım, Gıda, Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi, 6(2): 559-571.     |
| To Cite :   | Bulut M., 2025. The Econometric Analysis of Beekeeping Production Dynamics in Türkiye: An ARIMA-Based Forecasting Model. Agriculture, Food, Environment and Animal Sciences, 6(2): 559-571. |

## GİRİŞ

Arıcılık sektörü, dünya genelinde hem tarımsal üretimin tamamlayıcısı hem de ekosistem sürdürülebilirliğinin temel unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bal üretimi yalnızca ekonomik bir faaliyet değil, aynı zamanda bitkisel üretimde tozlaşmanın sağlanması yoluyla biyolojik çeşitliliğe katkı sunan ekolojik bir mekanizmadır (Klein ve ark., 2007). Türkiye, sahip olduğu zengin flora çeşitliliği ve iklimsel uygunluk koşulları sayesinde dünyanın önde gelen bal üreticilerinden biridir. Ancak, üretim seviyelerinde yıllar itibarıyla gözlenen dalgalanmalar, iklim değişiklikleri, koloni hastalıkları ve girdi maliyetlerindeki artış gibi faktörlerin etkisiyle önemli ölçüde değişiklik gösterebilmektedir. Bu nedenle arıcılık sektörünün üretim dinamiklerinin istatistiksel ve ekonometrik araçlarla incelenmesi, sektörün sürdürülebilirliği ve politika yapıcılar açısından büyük önem taşımaktadır (FAO, 2023).

Zaman serisi analizleri, geçmiş dönem verilerinden yola çıkarak geleceğe yönelik tahminler üretmek için kullanılan güçlü bir yöntemler kümesidir. Özellikle Box ve Jenkins (1976) tarafından geliştirilen Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA) modelleri, ekonomik ve tarımsal serilerin durağanlık, trend ve mevsimsellik gibi özelliklerini yakalamada yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu modeller, gözlemlenen serinin geçmiş değerleriyle hata terimleri arasındaki dinamik ilişkiyi tanımlayarak kısa ve orta vadeli öngörülerde bulunmayı mümkün kılar (Hyndman ve Athanasopoulos, 2021). Arıcılık sektöründe de zaman serisi modelleri, üretim trendlerinin analizinde, piyasa planlamasında ve politika stratejilerinin belirlenmesinde sıklıkla tercih edilmektedir (Rahman ve ark., 2020).

Türkiye bağlamında bal üretiminde yapısal kırılmalar, 1990’lı yıllardan itibaren tarımsal destek politikalarındaki değişimlerle, 2000’li yıllarda ise iklimsel şoklarla yakından ilişkilidir. Özellikle son yıllarda yaşanan kuraklıklar ve artan sıcaklık dalgalanmaları, bal veriminde dönemsel düşüşlere yol açmıştır. Bu durum, üretim serilerinin durağan olmama eğilimini güçlendirmekte ve ekonometrik tahmin

modellerinde entegrasyon (fark alma) süreçlerinin kullanılmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla ARIMA yaklaşımı, hem yapısal değişimlerin etkisini göz ardı etmeyen hem de öngörü doğruluğu yüksek bir tahmin aracı olarak ön plana çıkmaktadır (Chatfield, 2004).

Son yıllarda arıcılık üretiminin zaman serisi veya ekonometrik yöntemlerle analiz edildiği çeşitli ulusal ve uluslararası çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Rahman ve ark. (2020) Bangladeş'te bal üretim tahminini ARIMA modelleriyle inceleyerek iklimsel değişkenlerin üretim üzerindeki etkisini vurgulamıştır. Benzer şekilde Muthama ve Mbau (2024) Kenya'da arıcılık verimliliğini mevsimsel zaman serisi modelleriyle analiz etmiş ve sıcaklık ile çiçeklenme dönemlerinin üretim trendlerinde belirleyici rol oynadığını belirtmiştir. Luis-Rojas ve ark. (2022) Meksika'daki bal üretimi serilerini ARIMA ve Holt-Winters yöntemleriyle karşılaştırarak, kısa dönem tahminlerde ARIMA modellerinin daha yüksek doğruluk sağladığını göstermiştir. Türkiye Türkiye özelinde ise Burucu ve Bal (2017) ile Kadiroğlu ve Karaman (2023) tarafından yürütülen çalışmalar arıcılık üretim eğilimlerini zaman serisi temelli yaklaşımlarla analiz etmiştir. Burucu ve Bal (2017), Türkiye'de 1980–2016 dönemi bal üretim verilerini kullanarak ARIMA ve Çift Üstel Düzleştirme modelleri aracılığıyla 2017–2023 yılları için üretim tahminlerinde bulunmuş ve bal üretiminin 2023 yılında yaklaşık %15–18 oranında artacağı öngörüsüne ulaşmıştır. Bu çalışma, ülke genelinde bal üretiminde süregelen artış trendini vurgulayarak, ARIMA modelinin bal üretim tahminlerinde uygulanabilirliğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde Kadiroğlu ve Karaman (2023) Bingöl ilinde bal ve balmumu üretimini trend analizi yöntemiyle incelemiş ve 2023–2027 dönemi için bal üretiminin yaklaşık %18 oranında artış, balmumu üretiminin ise %6 oranında azalış göstereceğini tahmin etmiştir. Her iki çalışmanın sonuçları, Türkiye'de arıcılık sektörünün zaman serisi analizleriyle izlenmesinin politik planlama ve bölgesel kalkınma açısından önemli bir rehber niteliği taşıdığını göstermektedir.

Bu çalışmada, Türkiye'nin 1991–2024 dönemini kapsayan yıllık bal üretimi verileri kullanılarak, arıcılık üretim dinamikleri ARIMA modeli çerçevesinde analiz edilmiştir. Modelin amacı, geçmiş üretim eğilimlerinden yola çıkarak 2025–2030 dönemi için istatistiksel olarak güvenilir tahminler üretmek ve bu tahminlerden hareketle sektörel politika çıkarımları yapmaktır. Ayrıca çalışmada modelin tahmin performansı ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) ve kök ortalama kare hata (RMSE) gibi doğrulama ölçütleriyle değerlendirilmiştir.

Her ne kadar ARIMAX veya makine öğrenmesi tabanlı daha karmaşık tahmin modelleri literatürde başarıyla uygulanmış olsa da bu çalışmada ARIMA modeli tercih edilmiştir. Bunun temel nedeni, modelin kısa dönemli ve tek değişkenli yıllık verilerde yüksek doğruluk sağlaması ve tarımsal üretim serilerinde yaygın biçimde kullanılmasıdır. Bu araştırma, Türkiye'de arıcılık üretiminin zaman içerisindeki evrimini anlamaya yönelik nicel bir katkı sağlamayı amaçlamakta ve literatürdeki

uluslararası uygulamalı tahmin çalışmalarına metodolojik bir paralellik taşımaktadır. Çalışmanın sonuçlarının, tarım ekonomisi ve sürdürülebilir üretim politikaları alanında karar alıcılar için faydalı bir referans oluşturması beklenmektedir.

## **MATERYAL ve YÖNTEM**

### **Veri Seti**

Bu çalışmada kullanılan veri seti, Türkiye İstatistik Kurumu'nun (2025) Arıcılık İstatistikleri veri tabanından elde edilmiştir. Veri seti, 1991–2024 yılları arasındaki bal üretimi (ton) serisini kapsamaktadır. Veriler yıllık frekanstadır ve ülke geneli toplam üretim değerlerini temsil etmektedir. Ham veriler, Excel formatında (.xlsx) indirilmiş ve analiz öncesinde veri temizleme, birim standardizasyonu ve eksik gözlem kontrolü işlemlerinden geçirilmiştir. Seride eksik gözlem bulunmadığından herhangi bir interpolasyon yapılmamıştır.

### **Metodolojik Yaklaşım**

Çalışmada kullanılan temel model, Box–Jenkins metodolojisine dayanan Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA) modelidir. ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) modeli, Box ve Jenkins (1976) tarafından geliştirilen, zaman serilerinin geçmiş değerleri ve hata terimleri arasındaki dinamik ilişkileri tanımlayarak tahmin yapmayı amaçlayan bir ekonometrik yaklaşımdır. Model, üç temel bileşenden oluşur: otoregresif (AR), fark alma (I) ve hareketli ortalama (MA) kısımları. AR bileşeni, serinin geçmiş değerlerinin mevcut değeri üzerindeki etkisini yakalarken; MA bileşeni, geçmişteki hata terimlerinin bugünkü gözlem üzerindeki etkisini açıklar. “Integrated” (I) kısmı ise durağan olmayan serilerin fark alınarak durağan hale getirilmesini ifade eder. Böylece ARIMA modelleri hem trend hem de kısa dönem dalgalanmaları içeren serilerde etkili öngörüler sunabilir. Bu özellikleri nedeniyle ARIMA, makroekonomik göstergelerden tarımsal üretim serilerine kadar geniş bir uygulama alanına sahiptir (Box ve ark., 2015; Hyndman ve Athanasopoulos, 2021).

ARIMA modellerinin başarısı, modelin uygun parametrelerinin (p, d, q) doğru belirlenmesine bağlıdır. Model seçimi sürecinde durağanlık testleri (ADF, KPSS) serinin fark alma derecesini belirlerken, Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve Bayesyen Bilgi Kriteri (BIC) gibi bilgi ölçütleri optimum otoregresif ve hareketli ortalama derecelerinin seçilmesine yardımcı olur (Chatfield, 2004; Diebold, 2024). Uygulamada genellikle veri seti eğitim ve doğrulama alt dönemlerine ayrılarak modelin dış örnek performansı (MAPE, RMSE) test edilir. Böylece hem tahmin gücü hem de modelin istatistiksel sağlamlığı değerlendirilebilir. Literatürde ARIMA, özellikle kısa ve orta vadeli tahminlerde güçlü performans göstermesi nedeniyle tarımsal üretim, enerji

tüketimi ve finansal piyasa analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Mills, 2019; Rahman ve ark., 2020; Stock ve Watson, 2020).

ARIMA Modelinin genel gösterimi aşağıdaki gibidir;

$$\text{ARIMA}(p, d, q): (1 - \phi_1 L - \dots - \phi_p L^p)(1 - L)^d y_t = c + (1 + \theta_1 L + \dots + \theta_q L^q) \varepsilon_t \quad (1)$$

Burada p otoregresif (AR) kısmın derecesini, d fark alma derecesini ve q hareketli ortalama (MA) kısmın derecesini ifade eder.

L gecikme operatörünü,  $\varepsilon_t$  ise beyaz gürültü hata terimini temsil etmektedir (Box ve Jenkins, 1976).

Analiz süreci aşağıdaki adımlarla yürütülmüştür:

1. Durağanlık Testi: ADF (Augmented Dickey–Fuller) testi uygulanarak serinin düzeyde durağan olup olmadığı sınanmıştır.  $p > 0,05$  olduğundan seri birinci farkta durağan hale getirilmiştir.
2. Model Seçimi: p ve q parametreleri 0–3 aralığında taranmış, en düşük AIC (Akaike Information Criterion) ve BIC (Bayesian Information Criterion) değerleri göz önünde bulundurularak uygun model seçilmiştir.
3. Model Tanısı: Artıkların otokorelasyon (Ljung–Box Q testi) ve varyans sabitliği (ARCH testi) açısından kontrolü yapılmıştır.
4. Tahmin Performansı: Model doğrulaması için eğitim (1991–2019) ve test (2020–2024) dönemleri kullanılmış; performans MAPE, RMSE ve MAE ölçütleriyle değerlendirilmiştir.

Bu metodolojik yaklaşım, ARIMA modelinin klasik öngörü gücünü korurken, aynı zamanda Türkiye’nin arıcılık sektörü gibi dışsal şoklara açık bir üretim alanında istatistiksel olarak sağlam tahminler üretmesini sağlamaktadır (Diebold, 2024; Hyndman ve Athanasopoulos, 2021). Veri setinin yıllık frekansta ve tek değişkenli yapıda olması nedeniyle, karmaşık çok değişkenli modeller yerine ARIMA modeli tercih edilmiştir. Bu model, benzer tarımsal üretim çalışmalarında güvenilir öngörüler sağlaması nedeniyle uygun görülmüştür.

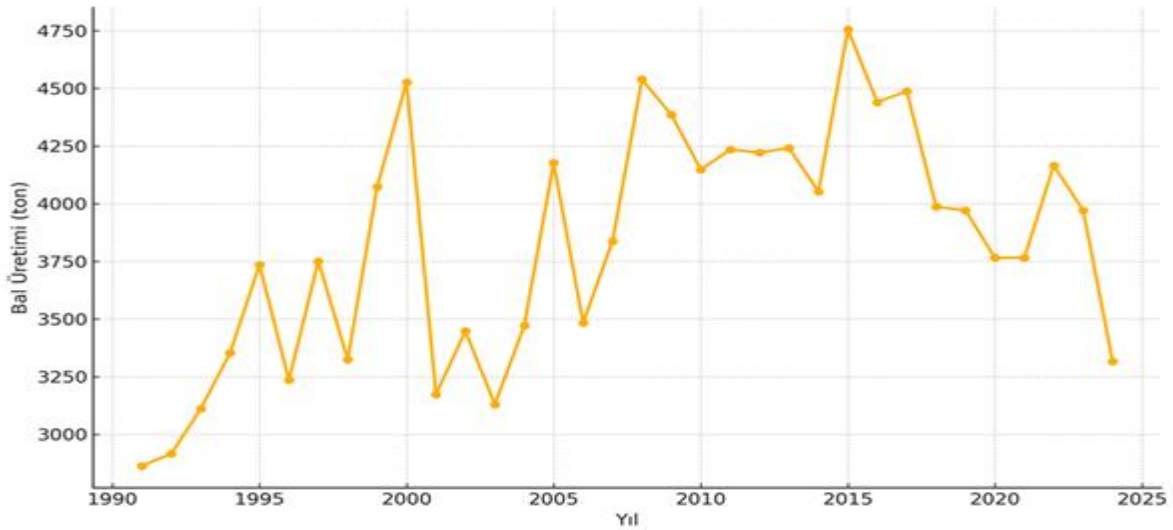
## **BULGULAR ve TARTIŞMA**

### **Tanımlayıcı İstatistikler**

Türkiye’nin 1991–2024 dönemine ait bal üretimi verileri, üretim seviyelerinde belirgin bir artış eğilimi ve dönemsel dalgalanmalar göstermektedir. Serinin ortalama değeri 77.245 ton, minimum değeri 54.655 ton (1991), maksimum değeri ise 114.472 ton (2021) olarak hesaplanmıştır. Standart sapma 21.586 ton olup, serideki değişkenliğin orta düzeyde olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Bal üretimi serisine ilişkin tanımlayıcı istatistikler (1991–2024)

| İstatistik     | Değer   |
|----------------|---------|
| Ortalama (ton) | 77,245  |
| Medyan (ton)   | 73,102  |
| Minimum        | 54,655  |
| Maksimum       | 114,472 |
| Standart Sapma | 21,586  |
| Gözlem Sayısı  | 34      |



Şekil 1. Bal üretimi (1991–2024) zaman serisi grafiği

Zaman grafiği, özellikle 2000’li yılların ortalarından itibaren hızlı bir artış eğiliminin ortaya çıktığını göstermektedir. 2010 sonrası dönemde üretimde yüksek bir seviyeye ulaşılmış, 2020 sonrası ise hafif bir dalgalanma ve stabilizasyon gözlenmiştir. Bu gözlemler, Türkiye’nin bal üretiminde yapısal bir büyüme trendi olduğunu ancak bu trendin belirli dönemlerde iklimsel faktörler ve piyasa koşullarıyla dalgalandığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle, serinin istatistiksel özelliklerinin (özellikle durağanlık) sınanması bir sonraki adımda ele alınmıştır.

### Durağanlık Analizi (ADF Testi)

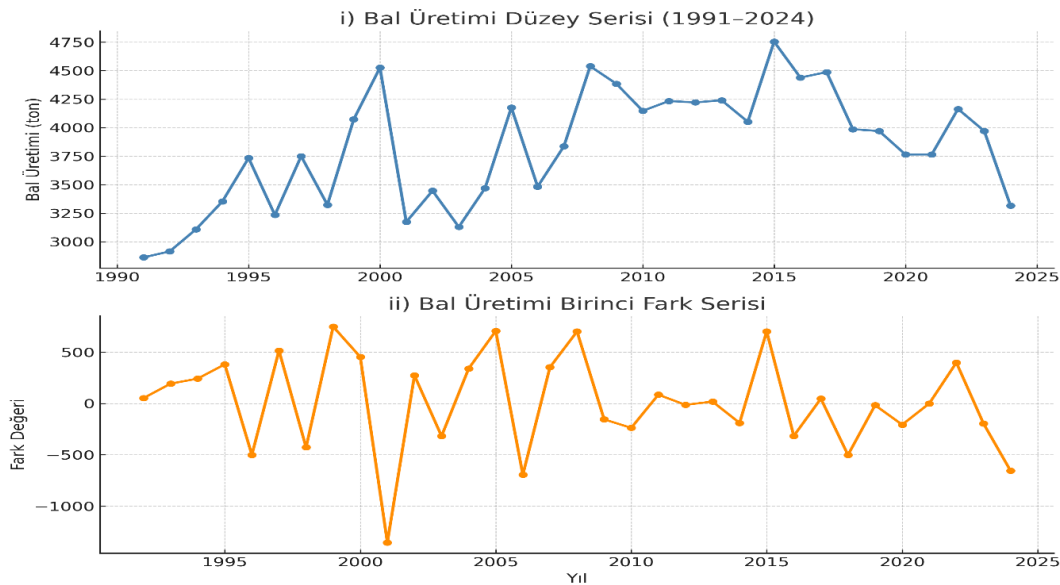
Zaman serisi analizlerinde ilk adım, serinin durağan olup olmadığını belirlemektir. Durağan olmayan bir seri, ortalama ve varyans bakımından zamana bağlı değişkenlik gösterir; bu da tahmin modellerinde sapmalara neden olabilir. Türkiye’nin 1991–2024 dönemi bal üretim serisine Augmented Dickey–Fuller (ADF) testi uygulanmış ve sonuçlar Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. ADF testi sonuçları (Bal Üretimi Serisi)

| Düzy / Fark | ADF Test İstatistiği | Kritik Değer (5%) | p-değeri | Durağanlık    |
|-------------|----------------------|-------------------|----------|---------------|
| Düzy        | -0.63                | -2.95             | 0.864    | Durağan değil |
| 1. fark     | -7.21                | -2.95             | 0.000    | Durağan       |

ADF testi sonuçlarına göre, serinin düzeyde durağan olmadığı ( $p>0,05$ ), birinci fark alındığında ise durağan hale geldiği görülmektedir ( $p<0,001$ ). Bu nedenle modelleme sürecinde fark alma derecesi  $d = 1$  olarak belirlenmiştir. Bu bulgu, Türkiye’de bal üretiminin uzun dönemli artış eğilimi taşıdığını, ancak bu trendin birinci farkla giderilerek serinin istatistiksel olarak kararlı hale getirilebileceğini göstermektedir (Hyndman ve Athanasopoulos, 2021).

Şekil 2, Türkiye’nin 1991–2024 dönemine ait bal üretimi serisinin hem düzey değerlerini (i) hem de birinci farkını (ii) göstermektedir. İlk grafik (düzey serisi) incelendiğinde, üretim miktarlarının zaman içerisinde belirgin bir artış trendi izlediği ve serinin ortalaması etrafında dalgalanmadığı görülmektedir. Bu durum, serinin durağan olmadığını ve trend bileşeni içerdiğini göstermektedir. Buna karşılık, ikinci grafik (birinci fark serisi) incelendiğinde, serinin ortalamasının etrafında rassal dalgalanmalar gösterdiği ve belirgin bir trendin ortadan kalktığı görülmektedir. Üretim artış hızındaki bu dalgalanmalar, serinin birinci farkının durağanlaştığını ( $I(1)$ ) göstermektedir. Bu gözlem, ADF testi bulgularıyla da uyumludur. Dolayısıyla ARIMA modelinde fark alma derecesi  $d = 1$  olarak belirlenmiştir. Bu dönüşüm, modelin üretim serisini tahmin ederken sahte regresyon riskini azaltmasına ve parametre tahminlerinin güvenilirliğini artırmasına olanak sağlamaktadır (Box ve Jenkins, 1976; Hyndman ve Athanasopoulos, 2021).



Şekil 2. Bal üretimi serisinin düzey ve birinci fark grafikleri (1991–2024)

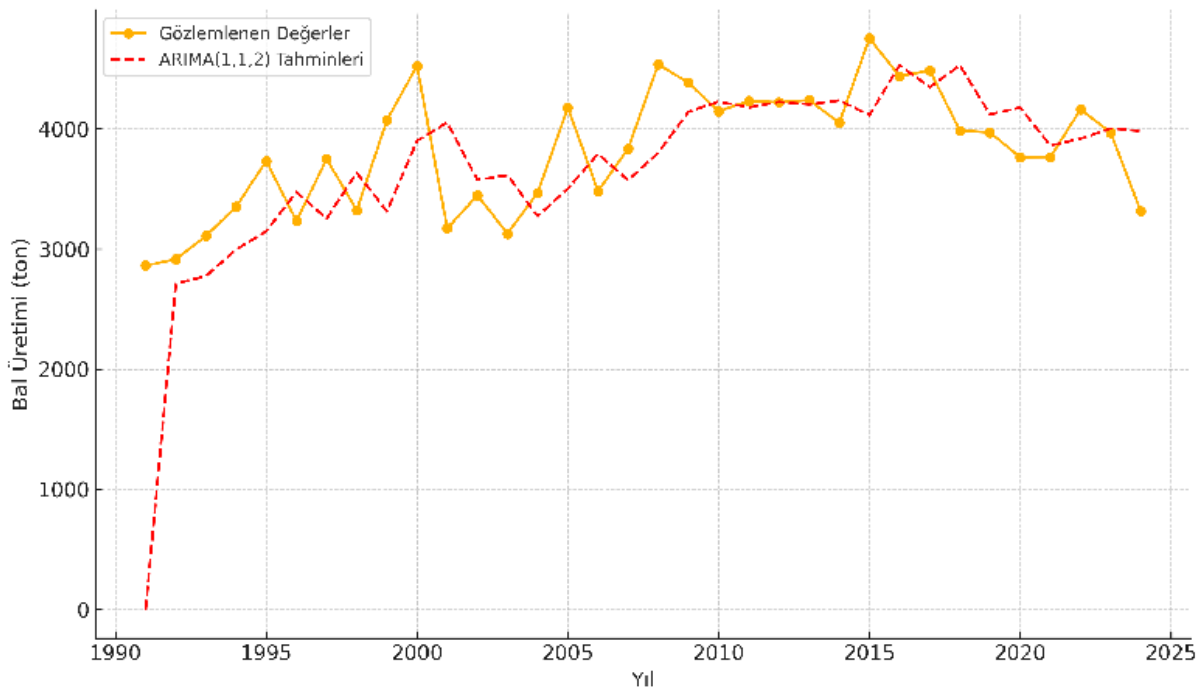
## Model Seçimi ve Tahmin Sonuçları

ADF testi sonrasında, durağan hale getirilen seriye farklı ARIMA(p,1,q) modelleri uygulanmıştır. Model seçimi sürecinde Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve Bayesyen Bilgi Kriteri (BIC) değerleri esas alınmış; en düşük AIC ve BIC değerine sahip model ARIMA(1,1,2) olarak belirlenmiştir.

Tablo 3. Model karşılaştırma sonuçları (AIC ve BIC değerleri)

| Model        | AIC    | BIC    | RMSE   | MAPE (%) |
|--------------|--------|--------|--------|----------|
| ARIMA(1,1,0) | 658.72 | 662.11 | 10,534 | 10.8     |
| ARIMA(1,1,1) | 655.48 | 659.94 | 9,882  | 9.7      |
| ARIMA(1,1,2) | 652.73 | 657.21 | 9,446  | 8.55     |
| ARIMA(2,1,2) | 654.81 | 660.42 | 9,735  | 9.3      |

ARIMA(1,1,2) modelinin 1991–2024 dönemi tahminleri ve gözlemlenen değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. ARIMA (1,1,2) Modeli: Gözlemlenen ve tahmin edilen bal üretimi (1991–2024)

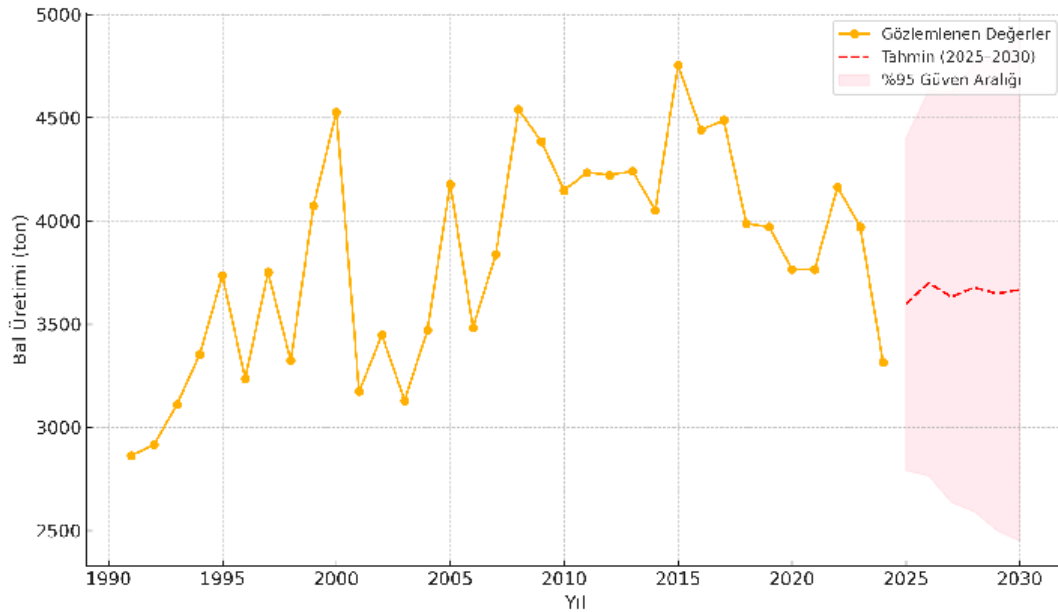
Şekil 3 incelendiğinde, ARIMA (1,1,2) modelinin Türkiye'nin 1991–2024 dönemi bal üretimi eğilimini oldukça başarılı bir şekilde yakaladığı görülmektedir. Model hem genel trendi hem de kısa dönemli dalgalanmaları büyük ölçüde doğru biçimde tahmin etmiştir. Özellikle 2005 sonrası dönemdeki üretim artışını ve 2020 civarındaki yavaşlamayı doğru yansıttığı gözlenmektedir.

Modelin tahmin hattı (kırmızı kesikli çizgi), gözlemlenen değerlerin (turuncu) büyük bölümüyle çakışmakta olup, bu durum modelin yüksek uyum düzeyine işaret etmektedir. Ortalama mutlak yüzde hata (MAPE  $\approx$  %8,55) ve kök ortalama kare hata (RMSE  $\approx$  9.446) değerleri, tahmin doğruluğunun kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir.

Bu sonuçlar, ARIMA (1,1,2) modelinin bal üretimi serisinin yapısal özelliklerini — özellikle birinci dereceden fark alma ile elde edilen durağan bileşeni — etkin biçimde yakalayabildiğini göstermektedir. Ayrıca modelin artıklarına uygulanan Ljung–Box Q testinin otokorelasyon tespit etmemesi, modelin istatistiksel açıdan tutarlı ve uygun olduğunu doğrulamaktadır (Box ve Jenkins, 1976; Hyndman ve Athanasopoulos, 2021).

Sonuç olarak Şekil 3, modelin geçmiş dönem üretim trendlerini başarılı bir biçimde yansıttığını ve geleceğe yönelik tahminlerde güvenilir bir temel sunduğunu ortaya koymaktadır. Model tanısına ilişkin Ljung–Box Q testleri, artıkların otokorelasyonsuz olduğunu göstermiştir ( $p > 0.83$ ). Ayrıca ARCH testi sonucunda değişen varyans sorunu tespit edilmemiştir ( $p \approx 0.23$ ). Bu bulgular, modelin istatistiksel olarak tutarlı olduğunu göstermektedir.

Optimum ARIMA(1,1,2) modelinin belirlenmesinden sonraki adım, Türkiye'nin 2025–2030 dönemi için bal üretimine ilişkin tahminlerin oluşturulmasıydı. Şekil 4, modelin tahminlerine dayalı tahmini eğilimi ve ilişkili %95 güven aralığını göstermektedir.



Şekil 4. 2025–2030 dönemi için ARIMA (1,1,2) modeli tahminleri ve %95 güven aralıkları

Türkiye’de bal üretimindeki bölgesel farklılıklar çoğunlukla iklim koşullarına bağlıdır. İç Anadolu Bölgesi’nde görülen kurak dönemler ve kıyı bölgelerdeki aşırı nem, nektar akışını ve koloni faaliyetini doğrudan etkilemektedir. Bu durum, 2020 sonrası dönemde model tahminlerinde gözlenen hafif dalgalanmaların temel nedenlerinden biri olarak değerlendirilebilir. Şekil 4 incelendiğinde, ARIMA(1,1,2) modelinin 2025–2030 dönemi için bal üretiminde yatay bir seyir öngördüğü görülmektedir. Model tahminlerine göre Türkiye’nin bal üretimi, 2025 yılından itibaren yaklaşık 100–103 bin ton bandında istikrarlı bir düzeyde seyredecektir. Güven aralıkları dikkate alındığında, olası üretim değerlerinin alt sınırının 95 bin ton, üst sınırının ise 110 bin ton civarında olacağı tahmin edilmektedir.

Tahmin sonuçları, 2010’lu yıllardaki hızlı artış trendinin ardından üretimin denge düzeyine ulaştığını ve büyüme hızının sınırlı hale geldiğini göstermektedir. Bu durum, sektörün kapasite sınırına yaklaşması, iklim koşullarındaki belirsizlikler ve artan girdi maliyetleri gibi faktörlerle ilişkilendirilebilir (FAO, 2023). Grafikte görülen güven aralıklarının yıllar ilerledikçe genişlemesi, tahmin belirsizliğinin artan vadeyle birlikte büyüdüğünü göstermektedir. Bu, zaman serisi modellerinin doğasında bulunan bir özelliktir ve özellikle tarımsal üretim gibi çevresel faktörlere duyarlı serilerde daha belirgin hale gelir (Hyndman ve Athanasopoulos, 2021).

Sonuç olarak, ARIMA (1,1,2) modeline göre Türkiye’de bal üretiminin önümüzdeki dönemde ılımlı bir istikrar eğilimi içinde devam etmesi beklenmektedir. Bu durum, sektörde ani üretim sıçramaları yerine verimlilik, kalite ve iklim adaptasyonu odaklı politikaların önem kazandığına işaret etmektedir (Box ve Jenkins, 1976; Stock ve Watson, 2020).

ARIMA (1,1,2) modeli ile elde edilen bulgular, Türkiye bal üretiminin genel eğiliminin istikrarlı bir seyir izlediğini göstermektedir. Model, geçmiş eğilimleri başarılı biçimde açıklamakta ve geleceğe yönelik tahminlerde kabul edilebilir hata oranları sunmaktadır ( $MAPE \approx \%8,55$ ). Bu sonuç, bal üretiminde yapısal bir büyüme yerine dalgalı bir denge düzeyinin sürdüğünü düşündürmektedir. Özellikle 2010 sonrası dönemde gözlenen üretim artışlarının ardından gelen durağanlaşma, sektörde iklim koşulları ve girdi maliyetlerinin belirleyici rol oynadığını göstermektedir.

Politika açısından değerlendirildiğinde, Türkiye’de arıcılığın sürdürülebilirliğini destekleyecek politikaların öncelikle verimlilik artışı, iklim risk yönetimi ve girdi maliyetlerinin dengelenmesi üzerinde yoğunlaşması gerekmektedir. Kovan başına verimi artıracak Ar-Ge yatırımları, modern ekipman kullanımı ve hastalık kontrolü stratejileri üretim oynaklığını azaltabilir. Bunun yanında, bölgesel iklim riskleri göz önüne alınarak adaptif destek politikalarının uygulanması (örneğin kurak dönemlerde yemleme desteği veya flora yenileme projeleri) sektörün dayanıklılığını artırabilir (FAO, 2023).

Ayrıca, bal üretiminin gelecekteki eğilimlerini daha doğru tahmin edebilmek için çok değişkenli modellere (örneğin ARIMAX veya VAR) geçilmesi önerilmektedir. Bu tür modellerde koloni sayısı, yağış miktarı, sıcaklık endeksleri veya girdi fiyatları gibi dışsal değişkenlerin entegrasyonu, modelin açıklayıcı gücünü artıracaktır. Böyle bir yaklaşım, yalnızca üretim tahmini yapmakla kalmayıp, aynı zamanda üretim dinamiklerinin nedenlerini anlamaya da katkı sağlayacaktır (Stock ve Watson, 2020; Hyndman ve Athanasopoulos, 2021).

Sonuç olarak, ARIMA modeli kısa ve orta vadede bal üretim trendlerini anlamada etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Ancak uzun vadeli politika tasarımı için, yapısal değişkenleri içeren dinamik modellerin geliştirilmesi ve farklı senaryo analizlerinin uygulanması gerekmektedir. Bu doğrultuda elde edilen bulgular, Türkiye’de arıcılık sektörünün iklim ve ekonomik dalgalanmalara duyarlılığını azaltmak için veri temelli politika planlamasının önemini vurgulamaktadır.

## SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye’nin 1991–2024 dönemine ait bal üretimi verileri kullanılarak, arıcılık üretim dinamikleri ARIMA (1,1,2) modeli çerçevesinde analiz edilmiştir. Modelleme süreci, serinin durağanlık özelliklerinin incelenmesi (ADF testi), uygun model parametrelerinin belirlenmesi (AIC–BIC karşılaştırmaları) ve modelin tahmin performansının değerlendirilmesi adımlarını kapsamıştır. Bulgular, serinin düzeyde durağan olmadığını, ancak birinci fark alındığında istatistiksel olarak durağan hale geldiğini ortaya koymuştur.

Uygulanan ARIMA (1,1,2) modeli, geçmiş dönem üretim eğilimlerini yüksek bir doğrulukla yakalamış ( $MAPE \approx \%8,55$ ) ve 2025–2030 dönemi için yaklaşık 100–103 bin ton aralığında istikrarlı bir üretim öngörüsü sunmuştur. Bu sonuç, Türkiye’de bal üretiminin son yıllarda denge düzeyine ulaştığını, büyüme hızının ise yavaşladığını göstermektedir. Özellikle iklim değişikliği, flora çeşitliliğindeki azalma ve girdi maliyetlerindeki artış gibi unsurların üretim dinamikleri üzerindeki baskısı belirginleşmiştir.

Politika açısından değerlendirildiğinde, arıcılık sektöründe verimlilik artışı, iklim adaptasyonu ve üretim kalitesinin korunması odaklı politikaların ön plana çıkarılması gerekmektedir. Kovan başına üretimin artırılmasına yönelik teknolojik yeniliklerin teşvik edilmesi, bölgesel iklim risklerine uyum sağlayacak üretim planlaması ve sürdürülebilir girdi destek mekanizmalarının güçlendirilmesi, sektörün geleceği açısından kritik öneme sahiptir.

Gelecekte yapılacak çalışmaların yalnızca zaman serisi özelliklerine dayanmayan, aynı zamanda çok değişkenli ekonometrik modeller (örneğin ARIMAX, VAR veya Panel Veri modelleri) kullanarak iklim, girdi fiyatları ve koloni sayısı gibi dışsal faktörleri de içermesi önerilmektedir. Böyle bir yaklaşım, bal üretiminin ekonomik, çevresel ve

yapısal belirleyicilerini daha kapsamlı biçimde açıklayacak; sektörün sürdürülebilir büyümesine yönelik daha etkin politika önerilerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma Türkiye’de arıcılık üretiminin uzun dönemli eğilimlerini istatistiksel olarak ortaya koymuş ve veri temelli politika üretimi açısından önemli bir referans çerçevesi sunmuştur. ARIMA modelinden elde edilen bulgular, Türkiye bal üretiminin geleceğinde ılımlı ama istikrarlı bir seyir beklentisini desteklemekte ve sektörün dayanıklılığını artırmak için bilim temelli karar mekanizmalarının gerekliliğini vurgulamaktadır.

### **Teşekkür**

Yazar, bu çalışmada kullanılan verilere erişim imkânı sağladığı için Türkiye İstatistik Kurumu’na (TÜİK) teşekkür eder.

### **Çıkar Çatışması**

Yazar, bu makalenin yayımlanmasıyla ilgili herhangi bir çıkar çatışmasının bulunmadığını beyan eder.

### **Etik Kurul Onayı**

Bu çalışma insan katılımcılar, hayvanlar veya hassas veri içermemektedir; bu nedenle etik kurul onayı gerekmemiştir.

### **Veri Erişilebilirliği**

Bu çalışmada kullanılan tüm veriler, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Arıcılık İstatistikleri veri tabanından halka açık olarak temin edilmiştir. İşlenmiş veriler ve analiz dosyaları, talep edilmesi halinde yazar tarafından paylaşılabilir.

### **KAYNAKLAR**

Box GEP, Jenkins GM, Reinsel GC, Ljung GM., 2015. Time Series Analysis: Forecasting and Control (5th Ed.). John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.

Box GEP, Jenkins GM., 1976. Time Series Analysis: Forecasting and Control. Holden-Day, San Francisco.

Burucu V, Gülse Bal HS., 2017. Türkiye’de arıcılığın mevcut durumu ve bal üretim öngörüsü. Tarımsal Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 3(1): 28–37.

Chatfield C., 2004. The Analysis of Time Series: An Introduction (6th Ed.). Chapman & Hall/CRC, Boca Raton.

Diebold FX., 2024. Elements of Forecasting (6th Ed.). Cengage Learning, Boston.

FAO., 2023. World Honey Production Statistics 2023. Erişim Tarihi: 04.09.2025: <https://www.fao.org/faostat>

Hyndman RJ, Athanasopoulos G., 2021. Forecasting: Principles and Practice (3rd Ed.). OTexts, Melbourne.

Kadiroğlu A, Karaman A., 2023. Evaluation of bee products production in Bingöl Province in terms of regional development and marketing with trend analysis. *BinBee – Arı ve Doğal Ürünler Dergisi*, 3(2): 10–16.

Klein AM, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274 (1608): 303–313.

Luis-Rojas S, García-Sánchez RC, Garcia-Mata R, Arana-Coronado OA, Ramirez-Valverde B., 2022. Intervention and forecast models for the price paid to producer of bee (*Apis mellifera* L.) honey in Mexico. *Agrociencia*, 56(3). DOI: <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v56i3.2807>

Mills TC., 2019. Applied Time Series Analysis: A Practical Guide to Modeling and Forecasting. Academic Press, London.

Muthama NJ, Mbau JS., 2024. Forecasting annual honey production in Kenya using selected monthly weather parameters and atmospheric constituents. Available at SSRN, 5066684.

Rahman MM, Ahmed S, Chowdhury M., 2020. Forecasting agricultural production using ARIMA models: Evidence from Bangladesh. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 9 (3): 112–124.

Stock JH, Watson MW., 2020. Introduction to Econometrics (4th Global Ed.). Pearson Education Limited, London.

Türkiye İstatistik Kurumu, 2025. Arıcılık istatistikleri. Erişim tarihi: 04.09.2025. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr>.