



Türkiye’de iklim değişikliğinin bal verimine etkisi: ARDL sınır testi yaklaşımı

The effect of climate change in Turkey on honey production: ARDL limit testing approach

Sinan DURU¹, Oğuz PARLAKAY²

¹T.C. Ticaret Bakanlığı, Orta Akdeniz Gümrük ve Dış Ticaret Bölge Müdürlüğü, Akdeniz, Mersin.

²Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Antakya-Hatay, Türkiye.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

DOI: [10.37908/mkutbd.1000097](https://doi.org/10.37908/mkutbd.1000097)

Geliş tarihi /Received:24.09.2021

Kabul tarihi/Accepted:05.10.2021

Keywords:

Beekeeping, honey product, cointegration, global warming.

✉ Corresponding author:Sinan DURU

✉: s.duru85@hotmail.com

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: Agricultural production is threatened by climate change due to depending on global warming. Beekeeping is come of the agricultural activities most affected by climate change. In addition to honey production, honey bees, which provide pollination, can adversely affect agricultural production due to climate change.

Methods and Results: In this study, during the period of 1970-2019 in Turkey, temperature and precipitation averages, which are indicators of climate change, with the most effects of the amount of CO₂, which causing on the most carbon emission, effects to honey yield were examined. Pearson correlation analysis to determine the relationship between variables in the study; ARDL (Autoregressive Distributed Lag) model, one of the time series analysis methods, was applied to determine the effect of climate change on honey yield. In the determined model, while honey yield and average temperature are negative, average precipitation and CO₂ emission have a positive and significant relationship, a positive and significant relationship has been detected only with CO₂ release in the long period.

Conclusions: According to the findings, there is a moderate level between CO₂ emission and honey yield; there is a exist to weak level relationship between temperature, average precipitation variables and honey yield.

Significance and Impact of the Study: In the last 50 years, an 8-fold in carbon emissions (CO₂) and average temperature 1.2°C has been observed an increased in Turkey. Although honey yield in this period increased by 62%, a decrease of 6% was observed in the last 20 years.

Atf / Citation: Duru S, Parlakay O (2021) Türkiye’de iklim değişikliğinin bal verimine etkisi: ARDL sınır testi yaklaşımı. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 26(3) : 791-800. DOI: 10.37908/mkutbd.1000097

GİRİŞ

Bal, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği’nde (2020/7) “Bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısım salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böcek salgılarının, bal arısı tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirilerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı, doğası gereği kristallenebilen doğal ürün” olarak tanımlanan gıda maddesidir (Anonim, 2020a). Bal insan sağlığı açısından önemli bir gıda maddesi olup,

glikoz ve fruktoz içeren, su beyazından kahverengine kadar dönüşebilen, tadı ve aroması bitki türüne ve menşei durumuna göre değişebilen bir gıda maddesidir (Çelik, 2015).

Arıcılık, toprağa bağlı kalmadan çiçeğin bulunduğu her yerde yapılabilen bal, arı sütü, propolis gibi ürünler üretilen tarımsal bir faaliyettir. Dünyada arıcılık Milattan Önce (MÖ) 7000’li yıllara dayanmakta olup, uygarlık olarak MÖ 4000’li yıllarda Mısır uygarlığında görülmüştür. Buradan sırasıyla Filistin, Kıbrıs ve Yunanistan’a yayılmış, Anadolu’da ilk kez MÖ 1300’lü

yıllarda Hitit uygarlığında Boğazköy kazılarında rastlanmıştır (Sancak ve ark. 2013).

İklim değişikliği, genel olarak hava durum modeli ve ortalama sıcaklıklarında büyük ölçekli ve uzun vadeli bir değişim olarak tanımlanmaktadır (Anonymous, 2020a). İklim değişikliği sel riskinin artması, deniz seviyesi yükselmesinin yanı sıra tarımsal üretimi tehdit eden hava koşullarının değişmesi şeklinde de görülmektedir (Anonymous, 2020b). Bu değişiklikler bal arılarının koloni kayıplarına, arıcılığa uygun bitki örtüsünün (vegetasyon) azalmasına, sonbahar ve ilkbaharda ani sıcaklık değişimleriyle bal arılarının düşmanları için uygun koşulların oluşmasına ve su kaynaklarının azalması şeklindedir (Yörük ve Şahinler, 2013). Bu durum ekolojik dengenin bozulmasına ve tarımsal üretimin olumsuz etkilenmesine neden olabilmektedir.

Küresel ısınma ve buna bağlı olarak iklim değişikliğinin etkilerinin son 20 yılda daha çok gözlenmesi, arıcılık üzerine bu yönde araştırmaların artmasına neden olmuştur. Bu kapsamda uluslararası literatürdeki bazı çalışmalar; dünya genelinde tozlaşmaya zaman ve mekan etkisi (Lautenbach ve ark., 2012), küresel ısınmanın bitkisel tozlaşmada kullanılan bal arılarına olumsuz etkisi (Rader ve ark., 2013), Tanzanya’da iklim değişikliğinin bal üretimine (Nyunza, 2018) ve bal üretiminde bitki örtüsüne etkisi (Schweitzer ve ark., 2013), sıcaklığın bal üretiminde bağımsız değişkenlere etkisi (Langowska ve ark., 2016) ve Nijerya’da iklim değişikliğinin bal verimine etkisi (Maria ve ark., 2019) üzerine gerçekleştirilmiştir.

Konuyla ilgili ulusal literatürde ise küresel ısınmanın bal arılarına etkileri (Yörük ve Şahinler, 2013), iklim değişikliklerinin arıcılık (Topal ve ark., 2016) ile meyvecilik üzerine etkileri (Şahin ve ark., 2015), arıların kiraz tozlaşmasında çevresel sıcaklık değişiminin verim

üzerine etkileri (Topal ve ark., 2017) ve çevresel kirleticilerin bal verimine etkisi (Karakaş ve Bal, 2019) üzerine araştırmalar yürütülmüştür.

Bu çalışmada, Türkiye’de 1970-2019 döneminde iklim değişikliğine neden olan ortalama yağış, sıcaklık ve karbon salınımının (CO₂) bal verimine etkileri ARDL (Dağıtılmış Otoregresif Sınır Testi) ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarla bu etkileri azaltmak ve verimliliği artırmak için çözüm önerileri getirilmeye çalışılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmanın ana materyalini, Türkiye’nin 1970-2019 dönemini kapsayan; ortalama sıcaklık, ortalama yağış, CO₂ salınımı, bal üretim miktarı, kovan sayısı ve bal verimi gibi ikincil veriler oluşturmaktadır. Araştırmada kullanılan ortalama sıcaklık, yağış ve CO₂ salınımı verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden, diğer veriler Türkiye İstatistik Kurumu’nun (TÜİK) veri tabanından alınmıştır. Ayrıca konuyla ilgili yayınlanmış makale ve araştırma raporlarından da yararlanılmıştır.

Kyoto Protokolüyle iklim değişikliğinde önemli bir sorun olarak görülen sera gazlarından CO₂’in karbon salınımına en çok neden olan gaz olması nedeniyle CO₂, araştırmalarda çevre kirliliği ölçütü olarak alınmaktadır (Külünk, 2018). Bu nedenle bu çalışmada da CO₂ salınımı baz alınmıştır.

Araştırmada kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1’de verilmiştir. Değişkenleri, 1970-2019 dönemindeki 50 yıllık dönemdeki veriler oluşturmuştur. Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, değişim oranı en yüksek olan değişken olan CO₂ salınımı, standart sapması en yüksek değişken olmuştur (Anonim, 2020b; Anonim, 2020c).

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler

Table 1. Descriptive statistics of the belong to variables used in the research

Değişken	Sembol	n	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	St. Sapma
Variable	Symbol	n	Lowest	Highest	Average	St. Deviation
Bal üretim mikt. (ton/yıl)	BÜ	50	14 889 000	114 471 450	58 129 461	29 814 536
Kovan sayısı (adet)	KS	50	1 794 070	8 128 360	4 027 235	1 887 694
Bal verimi (kg/koloni)	BV	50	8.23	17.94	13.91	2.59
Sıcaklık (°C)	SIC	50	11.40	15.40	13.30	0.85
Ortalama Yağış (mm)	OY	50	493.10	793.80	623.24	67.79
CO ₂ salınımı	CO ₂	50	42 639 876	397 100 000	18 655 000	106 078 716

Kaynak: Anonim, 2020b; Anonim, 2020c.

Araştırmada değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Bu analiz, sürekli olan iki değişken arasında doğrusal olarak anlamlı bir ilişki olup olmadığını ortaya koymakta, (+1) ve (-1) arasında değer almakta ve r ile sembolize edilmektedir. Katsayının (+) ya da (-) olması ilişkinin doğru ya da ters orantılı doğrusal bir ilişki olduğunun göstergesidir (Kalaycı, 2016).

İklim değişikliğinin bal verimine etkisinin uzun dönemli olup olmadığını belirlemek amacıyla ARDL testi uygulanmıştır. ARDL testi, uzun dönem ilişkisini incelemek amacıyla diğer eş bütünleşme testlerinden farklı olarak düzey değerleri ile durağan olma ve aynı seviyede farklar alındığında durağan hale gelme şartı aranmamaktadır (Pesaran ve ark., 2011). Ayrıca, ARDL testinde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında zayıf bir ilişki olması beklenmekte olup, küçük veya sınırlı örneklerde kullanılabilir (Çağlar, 2020).

Bal verimine etki eden iklim değişikliğinin etkilerini belirlemek için, bağımlı değişken bal verimi, bağımsız değişkenler ise ortalama yağış ve sıcaklık ile CO₂ salınımı baz alınmıştır. Kovan sayısı ve bal üretim miktarı arasındaki oran bal verimini verdiği için bu iki değişken analize dahil edilmemiştir. Bal veriminin; ortalama yağış ve sıcaklık ile CO₂ salınımı arasındaki ilişkinin ARDL sınır testiyle geçerliliği doğal logaritmik formda aşağıdaki lineer denklemle analiz edilmiştir.

$$\ln BV = \beta_0 + \beta_1 \ln SIC + \beta_2 \ln OY + \beta_3 \ln CO_2 + \varepsilon \quad (1)$$

Denklemde değişkenlerin kısa ve uzun dönem denklem ve parametre katsayılarına ulaşılması amaçlanmıştır. Bu amaçla ARDL ile model belirlenmiş, t istatistiği değeri ile eşbütünleşme ilişkisi tespit edilerek uzun dönem ilişkisini belirleyen en küçük kareler (EKK) yöntemi uygulanmıştır. Denklemde değişkenlerin doğal logaritmik formu alınmış olup; LnBV; bal verimini, lnSIC; ortalama sıcaklığı, lnOY; ortalama yağışı, lnCO₂; CO₂ verimini sembolize

etmektedir. B katsayı değerlerini ifade ederken, ε ise standart hata terimini ifade etmektedir.

Doğal logaritmik formda gösterilen doğrusal tahmin denkleminde ARDL sınır testi modeli kullanılarak kısa ve uzun dönem eşbütünleşme ilişkisini incelemek için sınırsız hata düzeltme modeliyle (ECM) denklem oluşturulmuştur:

$$\Delta \ln BV = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_1 \Delta \ln BV_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_2 \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_3 \Delta \ln SIC_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_4 \Delta \ln OY_{t-i} + \lambda ECT_{t-1} + \varepsilon_t$$

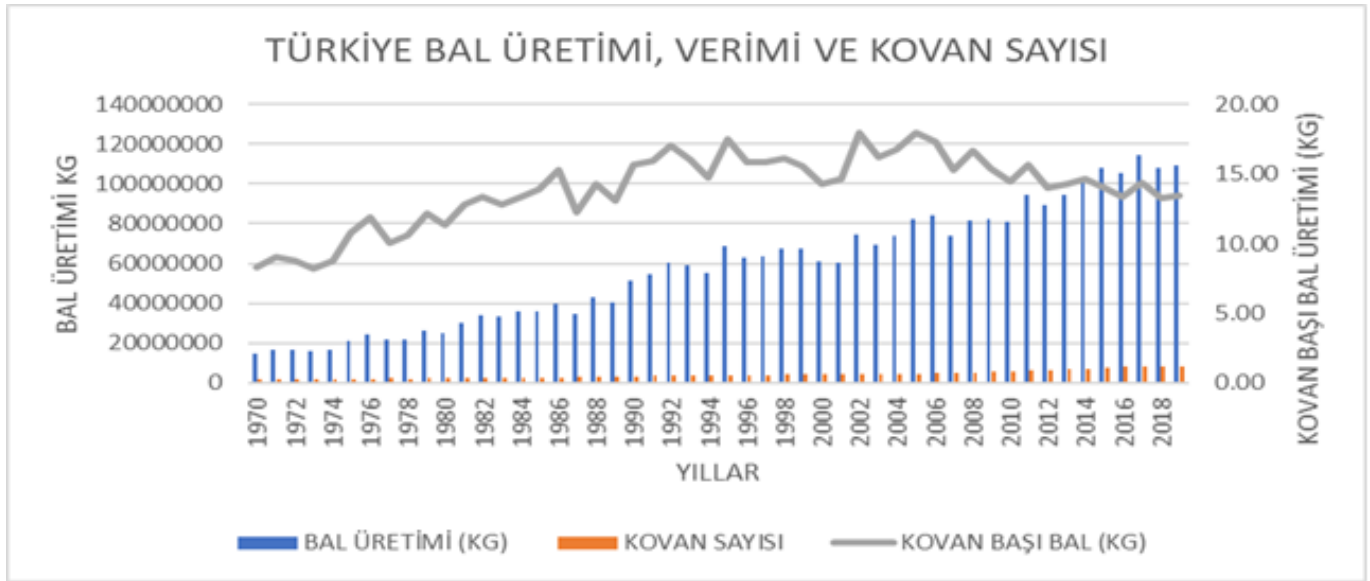
Hata düzeltme modeliyle oluşturulan denklemde ECT_{t-1} değişkeni elde edilen hata terimi bir dönem gecikmeli değeri olup, λ katsayı değeri meydana gelecek sapmanın ne kadarının uzun dönemde dengeye oturacağını göstermektedir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Türkiye’de bal üretimi ve gelişimi

Anadolu’da MÖ’lere dayanan bal üretimi, 1700’lü yıllarda Sanayi Devrimi ile birlikte şekerin, şeker pancarından elde edilmesi bal üretiminde durgunluğa neden olmuştur. Cumhuriyetin kurulmasıyla bal ve kovanlardan alınan aşar vergisi kaldırılmış, sonrasında sergiler ile arıcılık teşvik edilmeye çalışılmıştır. 1930’lu yıllarda bal özü bitkilerinin yetiştirilmesine başlanmış ve yurt dışına arıcılıkla ilgili kursiyerler gönderilerek arıcılık eğitimi yaygınlaştırılmıştır. 1949 yılında Ankara’da ilk arıcılık enstitüsü kurulmasıyla sektör faaliyetleri hız kazanmıştır (Yurtoğlu, 2017).

Dünya Gıda Örgütü’ne (FAO) göre, 2019 yılında dünya bal üretimi 1.85 milyon ton olup, Çin 447 bin tonluk üretimle dünya üretiminin %24’ünü gerçekleştirmiştir. 1970 yılında 15 bin ton bal üretimi ile dünyada %1.85’lik paya sahip olan Türkiye, 2019 yılı sonunda 109 bin ton bal üretimiyle %5.8’lik payla ikinci sıradadır (Anonymous, 2021).



Şekil 1. Türkiye bal üretimi, verimi ve kovan sayısı (Anonim, 2020b).

Figure 2. Turkey honey production, yield and number of hives.

Türkiye’de iklim değişikliğinin bal verimine etkileri

Küresel ısınmayla birlikte bal arılarının yiyecek araması ve arı kovanını soğutmak amacıyla su toplamak için daha fazla zaman harcamaları bal verimini düşürmektedir. Bal arısı popülasyonunu azaltan faktörler tozlayıcı düşüşü, pestisitler, radyasyon ve küresel ısınmadır (Abrol ve ark., 2016). Bu olumsuzluklar kovan sayısının artırılması, daha serin alanlarda ekim yapılması, yeni ekim çeşitlerinin sağlanması veya ekim tarihlerinin değiştirilmesi ile azaltılmaya çalışılmaktadır (Rader ve ark., 2013). Küresel ısınma sadece bal üretimini değil, arıların polinatör (tozlayıcı) olarak da görev yapması nedeniyle tarımsal üretimi de tehlikeye sokmaktadır. Dünyada tarımsal üretimin üçte birine denk gelen bitki, sebze, meyve ve baharatların tozlanmasını sağlayan arıların ortaya çıkardığı ekonomik değer milyar dolarlarla ifade edilmektedir (Lautenbach ve ark., 2012). Ayrıca küresel ısınma, ortamın çiçek kalitesini değiştirmekte, arıların davranış ve fizyolojisini etkilemesinin yanı sıra bazı

türlerin neslinin tükenmesine yol açması nedeniyle daha önemli bir sorun haline getirmiştir (Slathia ve Tripathi, 2016).

Araştırmada kullanılan değişkenler arasındaki ilişkiyi ölçmek için korelasyon analizi kullanılmıştır. Korelasyon analizine göre incelenen dönemde CO₂ salınımı ile bal verimi arasında pozitif orta düzeyde bir ilişki bulunmaktadır. İlişki istatistiksel olarak anlamlıdır (Çizelge 2). Ancak bu süreçte sanayinin büyümesiyle atmosferde CO₂ salınımında artış olmasına karşın, tarımsal teknolojideki gelişmeler bal verimini artırmıştır. İstatistiksel olarak CO₂ salınımındaki artış bal verimini pozitif yönde etkilese de bal verimini düşürmektedir (Karakaş ve Bal, 2019). Analiz sonucunda ortalama yağışın bal verimi ile bir ilişki bulunmamasına karşın Maria ve ark., (2019), Nijerya’da sıcaklığın ve uzun süreli yağışların bal verimini olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymuştur.

Çizelge 2. Değişkenler arasındaki pearson korelasyon katsayıları

Table 2. Pearson correlation coefficients between variables

Değişkenler Variables	Bal verimi Honey yield	Sıcaklık Heat	Ortalama yağış average precipitation	CO ₂ CO ₂
Bal verimi	1	0.193	0.116	0.523**
Sıcaklık	0.193	1	0.156	0.759**
Ortalama yağış	0.116	0.156	1	0.068
CO ₂	0.523**	0.759**	0.068	1

**%1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Araştırmada kullanılan değişkenlerin bütünleşme derecelerini belirlemede Augmented Dickey Fuller (ADF) ve Phillips Perron (PP) birim kök testi uygulanmıştır. Birim kök testleri, analizde hangi eş bütünleşme testinin yapılacağını belirlemek amacıyla uygulanır. Değişkenlerin doğal logaritmalarına uygulanan birim kök testi sonuçlarına göre %5 anlamlılık düzeyinde ortalama

sıcaklık ve yağış değişkenleri düzeyde, bal verimi ile CO₂ birinci farkları alınarak durağan hale gelmiştir (Çizelge 3). Değişkenlerin aynı derecede durağan olmaması ve serilerin I(2) ve üzerinde durağan olmaması sebebiyle veriler ARDL testi ile analiz edilmelidir (Pesaran ve ark., 2001).

Çizelge 3. Değişkenlere ait birim kök testi sonuçları
Table 3. Unit root test results of belong to variables

Değişken	ADF				PP			
	Düzye							
	Sabitli		Sabit ve Trendli		Sabitli		Sabit ve Trendli	
t testi	p Değeri	t testi	p Değeri	t testi	p Değeri	t testi	p Değeri	
lnBV	-2.4089	0.1447	-1.4447	0.8345	-2.7326	0.0759	-2.0814	0.5429
lnSIC	-1.6288	0.4604	-6.1964	0.0000*	-2.9517	0.0468**	-6.1877	0.0000*
lnOY	-6.9813	0.0000*	-6.9604	0.0000	-7.0492	0.0000*	-7.0907	0.0000*
lnCO ₂	-2.4029	0.1462	-2.8152	0.1990	-2.6128	0.0973	-2.8396	0.1908
Birinci Fark								
lnBV	-10.109	0.0000*	-8.0184	0.0000*	-10.7980	0.0000*	-28.9873	0.0000*
lnS	-6.3183	0.0000*	-6.4411	0.0000*	-20.8122	0.0001*	-30.6044	0.0000*
lnOY	-8.5421	0.0000*	-8.4626	0.0000*	-43.3963	0.0001*	-44.3670	0.0000*
lnCO ₂	-6.1985	0.0000*	-6.5125	0.0000*	-6.1589	0.0000*	-6.6242	0.0000*

*%1 anlamlılık düzeyini, **%5 anlamlılık düzeyinde durağan olan değişkenleri göstermektedir.

ARDL testi, değişkenlerin I(0) ve I(1) kombinasyonunu içermesi, yeterli sayıda gecikme ile veri oluşturma sürecini sağlaması, analiz için küçük sayıda örneklemin yeterli olması, hatalı (artık) korelasyon içermemesi, içsellik sorunu olmaması gibi durumlardan diğer eş bütünleşme testlerine göre avantaj sağlamaktadır (Ali ve ark., 2017).

Modelde, bağımsız değişkenlerin gecikmeli değerinden hesaplanan F istatistik değeri, %5'lik anlamlılık düzeyinde alt ve üst kritik değer üzerinde gerçekleşmiştir. Pesaran

ve ark. (2001) F istatistiği değerinin %5 üst kritik değerinden büyük olmasının değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğunu göstereceğini belirtmiştir. Bu değer, bal verimi ve bunu etkileyen değişkenler arasında güçlü uzun dönemli bir eş bütünleşme ilişkisi olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 4). Patır ve Seçkin (2020) çalışmalarında, Türkiye'de 2004-2018 yıllarında kovan tiplerinin eski ve yeni olmasıyla bal üretimi arasında anlamlı bir eşbütünleşme ilişkisi bulunmadığını ortaya koymuştur.

Çizelge 4. ARDL sonuçları

Table 4. ARDL results

Zaman aralığı	Değişkenler	Model	F İstatistiği	Alt sınır (%5)	Üst sınır (%5)
Time Range	Variables	Model	F statistic	Lower limit	Upper limit
1970-2019	3 (OY, SIC, CO ₂)	(1,3,3,3)	4.5525	3.048	4.002

Değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisi olduğu belirlendikten sonra, uzun dönem ilişkisi gösteren değişkenler belirlenmiştir. Çözümlemede

gecikme uzunluğu belirlemede Akaike (AIC) bilgi kriteri kullanılmış olup, maksimum gecikme uzunluğu üç olarak alınmıştır. Bu kriter gereği uzun dönem katsayılarını

tahmin etmek amacıyla ARDL (1,3,3,3) model olarak belirlenmiştir.

Tahmin edilen ARDL (1,3,3,3) modeline göre sıcaklık ve ortalama yağışın bal verimine üç gecikmeli değerine ait değişkenlerin katsayıları istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir. Modele ait tahmin

sonuçlarına göre bal verimi; ortalama sıcaklık değişkeniyle negatif, CO₂ salınımı ve ortalama yağış değişkeniyle ise pozitif ilişki içerisindedir. Değişkenlerin elastikiyet değerleri CO₂ salınım 0.279, ortalama sıcaklık -2.7024, ortalama yağış ise 0.4483 olarak elde edilmiştir (Çizelge 5).

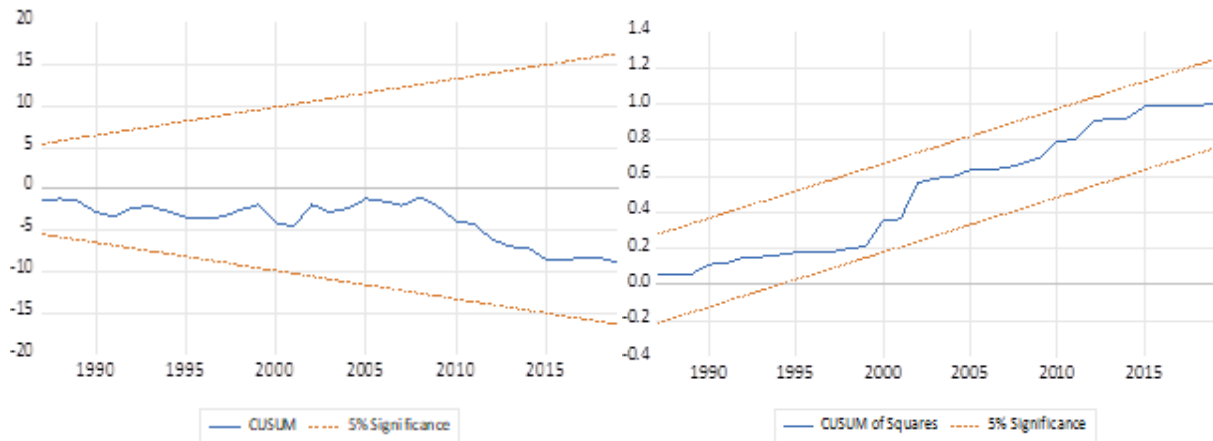
Çizelge 5. ARDL (1,3,3,3) modelinin tahmin sonuçları

Table 5. Estimation results of ARDL (1,3,3,3) model

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t istatistiği	Olasılık
Variables	Coefficient	Standard Error	t statistic	Possibility
lnBV(-1)	0.3567	0.1558	2.2892	0.0286
lnCO ₂	-0.0289	0.3151	-0.0949	0.9250
lnCO ₂ (-1)	-0.2375	0.4336	-0.5478	0.5875
lnCO ₂ (-2)	0.1437	0.3905	-0.5478	0.7152
lnCO ₂ (-3)	0.4016	0.2923	0.3681	0.1787
lnSIC	-1.2501	0.3649	-3.4258	0.0017
lnSIC(-1)	-0.1323	0.3619	-0.3655	0.7171
lnSIC(-2)	-0.5759	0.3497	-1.6469	0.1091
lnSIC(-3)	-0.7441	0.3414	-2.1795	0.0365
lnOY	0.0886	0.1314	0.6739	0.5051
lnOY(-1)	0.1600	0.1256	1.2732	0.2118
lnOY(-2)	-0.0763	0.1167	-0.6535	0.5179
lnOY(-3)	0.2760	0.1321	2.0889	0.0445
Sabit	0.5933	1.6562	0.3582	0.7225
R²	0.845	Kalıntı Karelerin Toplamı		0.216
Düzeltilmiş R²	0.784	Olasılık Fonksiyonu		59.853

ARDL modeli belirlendikten sonra, modelin uzun ve kısa dönemde katsayıların kararlılığını incelemek için kümülatif toplam testleri olan CUSUM (Kümülatif toplam) ve CUSUMSQ (kümülatif toplam kareler) uygulanmıştır. Test sonucunda araştırma döneminde modelde tahmin edilen katsayılar %5 anlamlılık

düzeyinde kritik sınırlar içinde (iki çizgi arasında) kalarak yapısal kırılma olmadan uzun dönem katsayılarının kararlı ve istikrarlı olduğunu göstermiştir (Şekil 2).



Şekil 2. CUSUM ve CUSUMQ Grafiği
Figure 2. CUSUM and CUSUMQ chart.

İklim değişikliğine yol açan değişkenlerin bal verimine uzun dönemde etkileri incelendiğinde CO₂ salınımı ve ortalama sıcaklığın anlamlı düzeyde ($p < 0.05$) etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Tanımlayıcı testlerde ise p değerinin 0.05'den (%5 düzeyi) büyük olması eş bütünleşme testinin güvenilirliğini sağladığını, otokorelasyon, değişen varyans ve model kurma hatası olmadığını, sapmasız ve tutarlı bir şekilde uzun dönem ilişkisi olduğunu

göstermektedir. Katsayılar incelendiğinde, uzun dönemde ortalama sıcaklıktaki %1'lik artışın, bal veriminde %4,20'lik azalmaya, CO₂ salınımindaki %1'lik artışın bal veriminde %0.432'lik artışa, ortalama yağıştaki %1'lik artışın ise bal veriminde %0,70 artışa neden olmuştur (Çizelge 6). Nyunza (2018), Nijerya'da yağış miktarının, sıcaklığa göre bal veriminde daha etkin olduğunu ortaya koymuştur.

Çizelge 6. ARDL uzun dönem tahmin sonuçları

Table 6. ARDL long-run forecast results

Değişkenler Variables	Katsayı Coefficient	Standart Hata Standard Error	t istatistiği t statistic	p değeri Possibility
lnCO ₂	0.432	0.062	6.943	0.000***
lnSIC	-4.201	0.742	-5.662	0.000***
lnOY	0.697	0.409	1.700	0.098*
Sabit	0.922	2.611	0.353	0.726
Tanılayıcı	İstatistik Test		F istatistiği	p değeri
Otokorelasyon testi	Breusch-Godfrey LM Test		1.025	0.705
Değişen Varyans	Breusch-Pagan-Godfrey Test		0.518	0.897
Model Kurma	Ramsey RESET Test		1.103	0.301
Normallik Testi	Jarque-Berastatistics		0.380	0.827

Not: *%10; ***%1 anlamlılık düzeyini temsil etmektedir.

Değişkenlere ilişkin katsayıların uzun dönem tahmininden sonra, denklemde hesaplanan hata teriminin basit doğrusal dönüşüm yoluyla kısa dönemli hata düzeltme modeli (ECM(-1)) tahmin edilmiştir. Kısa dönemde dengedeki sapmayı ölçen ECM(-1) değişkeni negatif ve istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bulunmuştur. Bu sonuç, bal verimi ile CO₂ salınımı, ortalama sıcaklık ve yağış değişkenleri arasında uzun

dönem ilişkisi olduğu ve hata düzeltme modelinin çalıştığını ortaya koymuştur. Belirlenen katsayının 0.643 olması, değişkenlerin meydana getireceği sapmanın %64.3'ünün uzun dönemde dengeye oturacağını ortaya koymuştur (Çizelge 7). ECM(-1) katsayısının 0 ile -1 arasında olması uyarılama sürecinin uzun dönem denge değerine tek düze bir şekilde ulaşacağını göstermektedir (Alper ve Alper, 2017).

Çizelge 7. ARDL kısa dönemli hata düzeltme modeli tahmin sonuçları

Table 7. ARDL short-run error correction model prediction results

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t istatistiği	Olasılık
Variables	Coefficient	Standard Error	t statistic	Possibility
D(lnCO ₂)	-0.030	0.247	-0.121	0.905
D(lnCO ₂ (-1))	-0.545	0.246	-2.221	0.033
D(lnCO ₂ (-2))	-0.402	0.256	-1.568	0.126
D(lnSIC)	-1.250	0.303	-4.123	0.002
D(lnSIC(-1))	1.320	0.098	3.935	0.004
D(lnSIC(-2))	0.744	0.297	2.508	0.017
D(lnOY)	0.089	0.098	0.900	0.374
D(lnOY(-1))	-0.200	0.109	-1.825	0.077
D(lnOY(-2))	-0.276	0.103	-2.670	0.012
ECM(-1)	-0.643	0.127	-5.052	0.000

Sonuç olarak, iklim değişikliği, küresel bir sorun haline gelmiş olup, tarımsal üretim faaliyetlerini olumsuz etkilemektedir. Arıcılık, bal üretiminin yanı sıra tarımsal üretime etki etmesiyle önem arz etmektedir. Tarımsal teknolojinin gelişmesiyle kovanların yenilenmesi bal verimini artırmış olup, son yıllarda bu değişim iklimsel ve çevresel nedenlerle azalma yönüne girmiştir.

Bu çalışma, iklim değişikliğine neden olan ortalama sıcaklık, yağış ve CO₂ salınımı gibi değişkenlerin Türkiye’de bal verimine uzun ve kısa vadeli etkileri incelenmiştir. Değişkenlerin birim kök testi sonuçlarına göre bağımsız değişkenlerin düzeyde, bağımlı değişkenin ise birinci farkında durağan hale gelmesi nedeniyle ARDL ile analiz edilmiştir. F istatistiği değeri üst kritik değerinden büyük olması nedeniyle değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olduğu belirlenmiştir. Belirlenen modelde bal verimi ile ortalama sıcaklık negatif, ortalama yağış ve CO₂ salınımı pozitif ve anlamlı ilişki içerirken, uzun dönemde ise sadece CO₂ salınımı ile pozitif ve anlamlı ilişki tespit edilmiştir. Kısa dönem hata düzeltme modeli analizinin istatistiksel olarak anlamlı çıkması, değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olduğu ve meydana gelecek herhangi bir sapmanın dengeye oturacağını göstermiştir. Bununla birlikte ARDL modelinin tahmin sonuçları; CO₂ salınımı ve ortalama yağış değişkenlerinin bal verimi ile pozitif yönlü; sıcaklık artışı ile bal verimi arasında ise negatif yönlü bir ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir. Sırasıyla bu ilişkilere ait değerlerin 0,432; 0,697 ve -4,201 olduğu görülmektedir. Başka bir ifadeyle incelenen dönemde CO₂ salınımı ve ortalama yağışın bal verimini artıran, sıcaklık artışının ise bal verimini azaltan bir etki

oluşturduğu söylenebilir. CO₂ salınımının bal veriminde artışa neden olması beklenen bir sonuç değildir. Bal ilkbahar mevsiminde çiçeklerden elde edilen nektar ve polenler kullanılarak üretildiği için arıcılar bitkilerin çiçek açma tarihlerine göre kolonilerini bitkilerin çiçek açtığı bölgelere taşımaktadır. Taşıma bal verim artışı açısından önem arz etmektedir. Kolonilerin taşınması ile hem CO₂ salınımı gerçekleşmekte hem de bal verimi artmaktadır. Arıcılıkta verimliliği artırmak ve başta küresel ısınma olmak üzere olumsuz durumların etkisini azalmak için organik tarım ve iyi tarım uygulamaları gibi çevreye dost modern tarım uygulamalarının tanıtılmasına ve artırılmasına yönelik tarımsal yayım faaliyetleri artırılabilir. Bal arılarının iklim değişikliğinde yiyecek aramaya ve kovana soğutmaya amaçlaması bal veriminde düşüşe neden olması nedeniyle uygun iklim koşullarında arıcılık faaliyetlerinin yapılması teşvik edilmeli ve tarımsal teknolojilerin bu bölgelerde daha çok kullanılması sağlanmalıdır. Ayrıca bal arılarının tarımsal üretimi etkilemesi nedeniyle bitki türlerinin tozlaşma dönemine denk gelecek şekilde bal kolonilerin taşınması sağlanacak şekilde koordine edilmesi sağlanarak iklim değişikliğinden en az etkilenecek şekilde sürdürülebilirlik sağlanmalıdır.

ÖZET

Amaç: Tarımsal üretim, küresel ısınmaya bağlı olarak iklim değişikliği nedeniyle tehdit altındadır. Arıcılık, iklim değişikliğinden en çok etkilenen tarımsal faaliyetlerin başında gelmektedir. Bal üretiminin yanı sıra tozlaşmayı sağlayan bal arıları, iklim değişikliği nedeniyle tarımsal

üretimi de olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Yöntem ve Bulgular: Bu çalışmada, Türkiye’de 1970-2019 döneminde iklim değişikliğinin göstergeleri olan sıcaklık ve yağış ortalamaları ile karbon salınımına en çok neden olan CO₂ miktarının, bal verimine etkileri incelenmiştir. Araştırmada değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için pearson korelasyon analizi; iklim değişikliğinin bal verimine etkisini belirlemek için ise zaman serisi analiz yöntemlerinden ARDL (Autoregressive Distributed Lag) modeli uygulanmıştır. Belirlenen modelde bal verimi ile ortalama sıcaklık negatif, ortalama yağış ve CO₂ salınımı pozitif ve anlamlı ilişki içerirken, uzun dönemde ise sadece CO₂ salınımı ile pozitif ve anlamlı ilişki tespit edilmiştir.

Genel Yorum: Elde edilen bulgulara göre CO₂ salınımı ve bal verimi arasında orta düzeyde; sıcaklık, ortalama yağış değişkenleri ile bal verimi arasında ise zayıf düzeyde bir ilişki bulunmaktadır.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Türkiye’de son 50 yılda karbon salınımında (CO₂) 8 kat, sıcaklık ortalamasında ise 1.2°C artış gözlenmiştir. Bu dönemde bal verimi %62’lik bir artış göstermesine karşın, son 20 yılda ise %6’lık bir azalma gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıcılık, Bal Üretimi, Eş Bütünleşme, Küresel Isınma.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar arasında makale konusunda herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Araştırmacılar makaleye eşit oranda katkı sağladıklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

Abrol DP, Shankar U, Nitin KS, Gowda GB (2016) Honeybees and beekeeping: The global scenario. In Arthropod Diversity and Conservation in the Tropics and Sub-tropics Springer, Singapore. pp. 345-372.

Ali W, Abdullah A, Azam M (2017) Re-visiting the environmental kuznets curve hypothesis for Malaysia: Fresh evidence from ARDL bounds testing approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews 77: 990-100.

Alper FÖ, Alper AE (2017) Karbondioksit emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ilişkisi: Türkiye için bir ARDL sınır testi yaklaşımı. Sosyoekonomi 25(33): 145-156.

Anonim (2020a) Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (Tebliğ No:2020/7). 22 Nisan 2020 Tarih 31107 Sayılı Resmi Gazete. Ankara.

Anonim (2020b) Türkiye İstatistik Kurumu İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=kategori> (Erişim Tarihi: 01.03.2020).

Anonim (2020c) Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-raporlari.aspx> (Erişim Tarihi: 08.12.2020).

Anonymous (2020a) Climate Change. <https://www.metoffice.gov.uk/weather/climate-change/what-is-climatechange#:~:text=Climate%20change%20refers%20to%20a,greenhouse%20gases%20into%20the%20air.>

Anonymous (2020b) Climate Change Statistics. <https://www.un.org/en/sections/issues-depth/climate-change/> (Erişim Tarihi: 12.11.2020).

Anonymous (2021) Honey Production Statistics. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL> (Erişim Tarihi: 17.01.2021).

Çağlar AE (2020) the importance of renewable energy consumption and FDI inflows in reducing environmental degradation: Bootstrap ARDL bound test in select 9 countries. Journal of Cleaner Production. 264: 121663.

Çelik Ş (2015) Türkiye’de bal üretiminin zaman serileri ile modellenmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 19(3): 377-382.

Kalaycı Ş (2016) SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Dinamik Akademi, Ankara. 350s.

Karakaş G, Bal HSG (2019) The relationship between honey yield and environmental pollutants in Turkey. Turkish Journal of Agriculture 7(11): 2018-2024.

Külünk İ (2018) Türkiye’de ekonomik büyüme ve karbon salınımı ilişkisi: Engle-Granger eşbütünleşme analizi (1960-2013). Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi 16(1): 193-205.

Langowska A, Zawilak M, Sparks TH, Glazaczow A, Tomkins PW, Tryjanowski P (2016) Long-term effect of temperature on honey yield and honeybee phenology. Int J Biometeorol. 61(6): 1125-1132.

Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J, Dormann CF (2012) Spatial and temporal trends of global pollination benefit. PLoS One 7(4): e35954.doi:10.1371/0035954.

Maria BO, Ikutal A, Agbachom EE, Ubi GM (2019) Strategies for mitigating climate change effect on honey bee productivity in Southern Nigeria. Annual Research & Review in Biology 1-9.

- Nyunza G (2018) Antropogenic and climatic factors affecting honey production: the case of selected villages in manyoni district, Tanzania. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development* 10(3): 45-57.
- Patır S, Seçkin MZ (2020) Türkiye’de kovan tiplerinin bal üretimine etkisinin eşbütünleşme analiz yöntemi ile belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* 4(2): 81-92.
- Pesaran MH, Shin Y, Smith RJ (2001) Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *J Appl Econ.* 16: 289-326.
- Rader R, Reilly J, Bartomeus I, Winfree R (2013) Native bees buffer the negative impact of climate warming on honeybee pollination of watermelon crops. *Global Change Biology* 19: 3103-3110.
- Sancak K, Zan Sancak A, Aygören E (2013) Dünya ve Türkiye’de arıcılık. *Arıcılık Araştırma Dergisi* 5(10): 7-13.
- Schweitzer P, Nombre I, Boussim JI (2013) Honey production for assessing the impact of climatic changes on vegetation. *Tropicultura* 31(2): 98-102.
- Slathia I, Tripathi NK (2016) Impact of climate change on honey-bee populations and diseases. Published by Research Trend, Website: [www. biobulletin. com](http://www.biobulletin.com), 2(1): 40-42.
- Şahin M, Topal E, Özsoy N, Altunoğlu E (2015) İklim değişikliğinin meyvecilik ve arıcılık üzerine etkileri. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi* 6(2): 147-154.
- Topal E, Özsoy N, Şahinler N (2016) Küresel ısınma ve arıcılığın geleceği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 21(1): 112-120.
- Topal E, Yücel B, Yıldızdal İ, Takma Ç, Aydın M, Karaca Ü (2017) Kiraz tozlaşmasında bal arısı (*Apis mellifera* L.) ve bombus arısının (*Bombus terrestris*) kimi davranış özelliklerinin ve çevresel sıcaklık değişiminin bitki fenolojisi ile verim üzerine etkileri. *Hayvansal Üretim* 58(2):24-33.
- Yörük A, Şahinler N (2013) Küresel ısınmanın bal arıları üzerine olası etkileri. *Uludağ Arıcılık Dergisi* 13(2): 79-87.
- Yurtoğlu N (2017) Cumhuriyet Türkiye’sinde arıcılık faaliyetleri. *Tarih Okulu Dergisi* 10(15): 187-219.