



**TÜRKİYE'DE ORMANCILIK ALANLARI YÜK KAPASİTESİ
EĞRİSİ HİPOTEZİNİN GEÇERLİLİĞİNİN SINANMASI:
ARDL SINIR TESTİ VE GRANGER
NEDENSELLİK YAKLAŞIMI**

(Yüksek Lisans Tezi)

Musa NASIRLI

Kütahya - 2024

T. C.
KÜTAHYA DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
Ekonometri Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**TÜRKİYE’DE ORMANCILIK ALANLARI YÜK KAPASİTESİ
EĞRİSİ HİPOTEZİNİN GEÇERLİLİĞİNİN SINANMASI: ARDL
SINIR TESTİ VE GRANGER NEDENSELLİK YAKLAŞIMI**

Danışman:
Prof. Dr. Sema BEHDİOĞLU

Hazırlayan:
Musa NASIRLI

Kütahya-2024

Kabul ve Onay

KÜTAHYA DÜMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Ekonometri Anabilim Dalında, 202285231003 öğrenci numaralı, Musa NASIRLI'nın hazırlamış olduğu “*TÜRKİYE'DE ORMANCILIK ALANLARI YÜK KAPASİTE EĞRİSİ HİPOTEZİNİN GEÇERLİLİĞİNİN SINANMASI: ARDL SINIR TESTİ VE GRANGER NEDENSELLİK TESTİ YAKLAŞIMI*” başlıklı yüksek lisans tez çalışması ile ilgili tez savunma sınavı jüri tarafından yapılmış ve adayın tezinin OY BİRLİĞİ ile kabul edilmesine karar verilmiştir.

30/12/2024

Tez Jürisi	İmza	
	Kabul	Ret
Prof. Dr. Sema BEHDİÖĞLU (Danışman)		
Dr. Öğr. Üyesi Gaye KARPAT ÇATALBAŞ		
Dr. Öğr. Üyesi Seyhat BAYRAK GEZDİM		

Onay

Doç. Dr. Eray ACAR

Enstitü Müdürü

Bilimsel Etik Bildirimi

Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığım “*Türkiye’de Ormancılık Alanları Yük Kapasite Eğrisi Hipotezinin Geçerliliğinin Sınanması: ARDL Sınır Testi ve Granger Nedensellik Testi Yaklaşımı*” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

30/12/2024

Musa NASIRLI

Özgeçmiş

2015 yılında Gence'nin 39 numaralı okulunu bitirdikten sonra aynı yıl Türkiye'nin Uşak Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri bölümünü kazandı ve Uşak'a eğitim için taşındı. Ekonometri bölümünden 2021-2022 eğitim öğretim yılında mezun olarak aynı yıl Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ekonometri Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Musa NASIRLI ana dilinden başka B1 seviye İngilizce bilmektedir.



ÖZET

TÜRKİYE'DE ORMANCILIK ALANLARI YÜK KAPASİTESİ EĞRİSİ HİPOTEZİNİN GEÇERLİLİĞİNİN SINANMASI: ARDL SINIR TESTİ VE GRANGER NEDENSELLİK YAKLAŞIMI

NASIRLI, Musa

Yüksek Lisans Tezi, Ekonometri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sema BEHDİÖĞLU

Aralık, 2024, 73 sayfa

Bu çalışma, Türkiye'de Orman ekosistemi Yük Kapasitesi Eğrisi (FSTLCC) Hipotezi'ni ARDL modeli ile test ederek, ormansızlaşma ve çevre kalitesi arasındaki ilişkileri incelemektedir. Çalışmada, insan sermayesi, yenilenebilir enerji, yenilenemeyen enerji ve çevresel ayak izi gibi değişkenler arasındaki dinamik ilişkiler analiz edilmektedir. Literatürdeki çeşitli araştırmalar incelenmiş ve bu hipotezi destekleyen bulgular elde edilmiştir. ARDL modeli ve Granger nedensellik testleri kullanılarak, değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönem ilişkileri ve nedensellik ilişkileri değerlendirilmiştir.

Çalışmada geleneksel, kırılmalı ve fourier terimlerin eklendiği birim kök testleri kullanılmaktadır. Öncelikle çevre kalitesi ile ilgili bilgi verilip daha sonra kullanılacak testlerle ilgili teknik bilgiler açıklanmaktadır. Daha sonra uygulama kısmına geçerek ARDL ve Granger testlerinin modele uygulaması yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: ARDL, Biyokapasite, Ekolojik Ayak İzi, LCC Hipotezi, Orman Ayak İzi

ABSTRACT**TESTING THE VALIDITY OF THE LOAD CAPACITY CURVE HYPOTHESIS
IN FORESTRY AREAS IN TÜRKİYE: ARDL BOUNDS TESTING AND
GRANGER CAUSALITY APPROACH****NASIRLI, Musa****Master Thesis, Department of Econometrics****Supervisor: Prof. Dr. Sema BEHDİOĞLU****December, 2024, 73 pages**

This study examines the relationships between deforestation and environmental quality by testing the Forest Ecosystem Load Capacity Curve Hypothesis in Turkey using the ARDL model. The dynamic relationships between variables such as human capital, renewable energy, non-renewable energy, and environmental footprint (FSTLCF) are analyzed. Various studies in the literature have been reviewed, and findings supporting this hypothesis have been obtained. Using the ARDL model and Granger causality tests, the long-term and short-term relationships and causality among the variables are evaluated.

The study employs traditional unit root tests, unit root tests with breaks, and Fourier terms. Initially, information about environmental quality is provided, followed by technical details about the tests to be used. Subsequently, the application part is carried out, where the ARDL and Granger tests are applied to the model.

Keywords: ARDL, Biocapacity, Ecological Footprint, Forest Footprint, LCC Hypothesis

ÖNSÖZ

Bu tez, Orman sürdürülebilirliği alanında yapılan titiz bir araştırmanın sonucudur. Bu çalışmayı hazırlarken, Orman ekosisteminin karmaşıklığını ve genişliğini derinlemesine keşfetme fırsatım oldu. Çalışmamın, alanındaki mevcut bilgi birikimine katkıda bulunmasını ve gelecekteki araştırmalar için bir temel oluşturmasını umut ediyorum.

Bu tezin hazırlanmasında bana destek olan birçok kişiye teşekkür etmek istiyorum. Öncelikle, danışmanım Sema Prof. Dr. BEHDİOĞLU'nun, yol gösterici rehberliği, değerli önerileri ve sürekli desteği olmadan bu çalışmayı tamamlamak mümkün olmazdı. Ayrıca, tez sürecinde sağladıkları yardım ve anlayış için annem Şehla NASIRLI, eşim Bahar NASIRLI ve yakın arkadaşım Umut ASGAROV ile Orhan İLGAROĞLU'na sonsuz teşekkür ederim.

Araştırmam boyunca, Kütahya Dumlupınar üniversitesinin kaynakları ve olanaklarından büyük fayda sağladım. Bu bağlamda da üniversite ekip ve personellerine teşekkür ederim.

Son olarak, bu tezde ele alınan tüm hatalar ve eksiklikler tamamen bana aittir. Bu çalışmanın, orman ekosisteminin sürdürülebilirliği konusunun anlaşılmasına katkıda bulunmasını ve okuyuculara faydalı olmasını dilerim.

Saygılarımla,

Musa NASIRLI

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TABLOLAR LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR	xiii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

GENEL BAKIŞ

1.1. GENEL BİLGİLER	5
1.1.1. İklim Değişikliği	5
1.1.2. Türkiye'nin Paris Anlaşmasına Taraf Olması	5
1.2. ORMANLAR VE KARBON YUTAKLARI	6
1.2.1. Karbon Yutağı	6
1.2.2. Karbon Tutma	7
1.3. TÜRKİYE'DE VE DÜNYADA ORMANSIZLAŞMANIN NEDENLERİ	7
1.3.1. Yük Kapasitesi Eğrisi (Load Capacity Curve - LCC) Hipotezi	9
1.3.2. Ormancılık Alanları Yük Kapasitesi Factor (Forest Load Capacity Factor-FSTLCF)	10
1.3.3. Yük Kapasitesi Eğrisi (Load Capacity Curve - LCC) ve Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) İlişkisi	11
1.3.4. Orman Ekosistemi Nüfus ve İnsan Sermayesi	11
1.3.4.1. Orman Ekosistemleri	12
1.3.4.2. Beşeri Sermaye	12
1.3.5. Orman Ekosistemi Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Enerji	13
1.3.5.1. Yenilenemeyen Enerji	14
1.3.5.1.1. Petrol	14
1.3.5.1.2. Kömür	15
1.3.5.1.3. Doğal Gaz	15
1.3.5.2. Yenilenebilir Enerji	15
1.4. STIRPAT MODELİ (STOCHASTIC IMPACTS BY REGRESSION ON POPULATION, AFFLUENCE AND TECHNOLOGY).....	17
1.4.1. Teknoloji ve Diğer Faktörler	18
1.4.2. Stokastik Model ve Parametreler	18
1.4.3. Karmaşık Etkiler ve Fonksiyonlar	18

İKİNCİ BÖLÜM

DURAĞANLIK

2.1. DURAĞANLIK KAVRAMI VE BİRİM KÖK	20
2.1.1. Geleneksel Birim Kök Testleri	21
2.1.1.1. ADF Testi (Arttırılmış Dickey-Fuller Testi)	21
2.1.1.2. Phillips-Perron Testi	23
2.1.1.3. KPSS Testi (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, Shin Testi)	24
2.1.1.4. Fourier ADF (Enders ve Lee 2012)	26
2.1.2. Kırılmalı Birim Kök Testleri	27
2.1.2.1. Yapısal Kırılmanın Tanımı	28
2.1.2.2. Perron (1989) Tek Kırılmalı Birim Kök Testi	29
2.1.2.3. Zivot ve Andrews (1992) Kırılmalı Birim Kök Testi	31
2.2. EŞBÜTÜNLEŞME TANIMI	32
2.3. ARDL SINIR TESTİ	33
2.4. GRANGER NEDENSELLİK ANALİZİ	36

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE ORMANCILIK ALANLARI YÜK KAPASİTESİ EĞRİSİ HİPOTEZİNİN GEÇERLİLİĞİNİN SINANMASI: ARDL SINIR TESTİ VE GRANGER NEDESELLİK YAKLAŞIMI

3.1. LİTERATÜR TARAMASI	39
3.2. LCC LİTERATÜRÜ	40
3.2.1. LCC Hipotezine İlişkin Teorik Temel	40
3.3. ORMAN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ AÇISINDAN TÜRKİYE’DE VE DÜNYADA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR	41
3.4. LİTERATÜR BOŞLUĞU	42
3.5. VERİ VE YÖNTEM	43
3.6. EKONOMETRİK ÇALIŞMA VE BULGULAR	45
3.6.1. Tanımlayıcı İstatistikler ve Zaman Serisi Grafikleri	45
3.6.2. Zaman Serisi Grafikleri	47
3.6.3. Birim Kök Testleri	50
3.6.3.1. Geleneksel Birim Kök Testleri	50
3.6.3.2. KPSS Birim Kök Testi Sonuçları	52
3.6.3.3. Fourier ADF Birim Kök Testi	53
3.6.3.4. Perron (1989) Kırılmalı Birim Kök Testleri	55

3.6.3.5. Zivot ve Andrews Birim Kök Testi	56
3.6.3.6. Birim Kök Testleri Ortak Sonuçları	57
3.6.4. ARDL Sınır Testi	58
3.6.4.1. Teşhis Testleri	58
3.6.4.2. CUSUM ve CUSUM2 Testi Sonuçları	59
3.6.5. ARDL Modeli Uzun Dönem Tahmini	60
3.6.6. ARDL Modeli Kısa Dönem Tahmini	61
3.6.7. Nedensellik Testi Sonuçları	62

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
EKLER	67
KAYNAKÇA	69
DİZİN	73

TABLOLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1: Kısaltmalar ve Kaynaklar	44
Tablo 3.2: Tanımlayıcı İstatistikler	45
Tablo 3.3: ADF Birim Kök Testi	50
Tablo 3.4: PP Birim Kök Testi	51
Tablo 3.5: KPSS Birim Kök Testi	52
Tablo 3.6: FADF Birim Kök Testi	53
Tablo 3.7: Enders ve LEE'nin Kritik Değerleri	54
Tablo 3.8: Perron (1989) Kırılmalı Birim Kök Testi	55
Tablo 3.9: Zivot ve Andrews Kırılmalı Birim Kök Testi	56
Tablo 3.10: Birim Kök Ortak Sonuçları (Sabitli)	57
Tablo 3.11: Birim Kök Ortak Sonuçları (Sabit Trendli)	57
Tablo 3.12: ARDL Sınır Testi Sonuçları	58
Tablo 3.13: Teşhis Testleri	58
Tablo 3.14: ARDL Modeli Uzun Dönem Tahmini	60
Tablo 3.15: ARDL Modeli Kısa Dönem Tahmini	61
Tablo 3.16: Granger Nedensellik Testi Sonuçları	62

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: LCC Hipotezi	10
Şekil 3.1: FSTLCF Değişkenine Ait Zaman Serisi Grafiği	47
Şekil 3.2: TOP Değişkenine Ait Zaman Serisi Grafiği	47
Şekil 3.3: İS Değişkenine Ait Zaman Serisi Grafiği	48
Şekil 3.4: GSYH Değişkenine Ait Zaman Serisi Grafiği	48
Şekil 3.5: ET Değişkenine Ait Zaman Serisi Grafiği	49
Şekil 3.6: YBET Değişkenine Ait Zaman Serisi Grafiği	49
Şekil 3.7: Parametre Kararlılığı Olarak %95 Güven Düzeyinde CUSUM Testi	59
Şekil 3.8: Parametre Kararlılığı Olarak %95 Güven Düzeyinde CUSUM ² Testi	60

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ACF	Otokolerasyon Fonksiyonu
ADF	Augmented Dickey Fuller
AIC	Akaike Information Criterion (Akaike Bilgi Kriteri)
AR	Autoregressive
ARDL	Autoregressive Distributed Lag
DF	Dickey Fuller
EC	Error Correction (Hata Düzeltme)
ECM	Error Correction Model (Hata Düzeltme Modeli)
EKC	Çevresel Kuznets Eğrisi
ET	Enerji Tüketimi
FADF	Fourier Augmented Dickey Fuller
FMOLS	Fully Modified Ordinary Least Squares
FSTLCC	Ormancılık Alanları Yük Kapasitesi Eğrisi
FSTLCF	Ormancılık Alanları Yük Kapasitesi Faktörü
GFN	Global Footprint Network
GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GSYH²	Gayri Safi Yurtiçi Hasılanın Karesi
HQ	Hannan Quinn
İS	İnsan Sermayesi
İTS	İnovasyonel Test Stratejisi
İTS	İnovasyonel Test Stratejisi
JB	Jarque Bera
LCC	Load Capacity Curve
LCC	Yük Kapasitesi Eğrisi
LCF	Load Capacity Factor
LCF	Yük Kapasitesi Faktörü
LM	Lagrange Multiplier
OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
PACF	Kısmi Otokolerasyon Fonksiyonu
PP	Phillips-Perron

PP	Philips Perron
PWT	Penn Word Table
SIC	Schwarz Information Criterion (Schwarz Bilgi Kriteri)
TOP	Toplam Nüfus
TTS	Toplamsal Test Stratejisi
VAR	Vector Autoregression
VECM	Vector Error Correction Model (Vektör Hata Düzeltme Modeli)
YBET	Yenilenebilir Enerji Tüketimi
ZA	Zivot ve Andrews





TEZ METNİ

GİRİŞ

İklim değışikliği, günümüzde insanlığın karşı karşıya olduğu en büyük ekonomik ve sosyal tehditlerden biri olarak kabul edilmektedir. Endüstriyel Rönesans'tan bu yana, küresel sıcaklıkların artışında belirleyici bir rol oynayan insan aktiviteleri, dünya genelinde biyolojik çeşitliliğin azalması, buzulların erimesi, ormansızlaşma, deniz ve okyanus sıcaklıklarının yükselmesi ve sel ile kuraklık benzeri sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

2016 yılında imzaya açılan Paris İklim Anlaşması'nın, 6 Ekim 2021'de Türkiye Büyük Millet Meclisi tarafından onaylanması ile Türkiye'nin iklim kriziyle mücadele çabaları yeni bir aşamaya taşınmıştır. Bu aşama, sadece sıfır fosil yakıt tüketimine ulaşmayı değil, aynı zamanda ormanların korunması ve artırılmasını da hedeflemektedir. Ormanlar, önemli karbon yutaklarıdır ve bu nedenle kritik bir rol oynamaktadır. Benzer şekilde, Türkiye'nin Kasım 2021'de Glasgow'da düzenlenen 26. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı'nda imzaladığı Glasgow Ormanlar ve Arazi Kullanımı Liderler Bildirgesi'ne göre, 2030 yılına kadar ormansızlaşmanın ve arazi kaybının durdurulması ve azaltılması taahhüt edilmiştir. 141 ülkenin ortak açıklaması, dünya ormanlarının %85'ini kapsayan 3,7 milyar hektarın korunmasını amaçlayan 19 milyar dolarlık kamu ve özel finansmanla desteklenmiştir (TOD, 2022).

Bu çalışmada, çevresel değışimleri değerlendirmek için CO₂ emisyonları ve ekolojik ayak izi gibi ekolojik göstergeler kullanılmaktadır. Ancak, bu göstergeler sadece çevrenin talep yönünü ölçmektedir. CO₂ emisyonları hava kirliliğini, ekolojik ayak izi ise insanın doğal kaynaklara olan talebini ve bunun çevresel etkilerini temsil eder. Çevresel varlıkların ve kaynak kullanılabilirliğinin arz yönünü değerlendirmek için, Siche vd. (2010), biyolojik kapasite indeksini geliştirmiştir. Bu indeks, ekolojik ayak izine bölünerek Yük Kapasitesi Faktörünü (LCF) ortaya koyar ve çevre sağlığını kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi sağlar.

Biyolojik kapasite indeksi, çevrenin emisyonları yönetme becerisini gösterir. Yüksek bir LCF değeri (1'den büyük), çevrenin emisyonları etkili bir şekilde yönetebildiğini ve çevresel sürdürülebilirliği sağladığını gösterirken, 1'in altındaki bir LCF değeri, biyolojik kapasitenin yetersiz olduğunu ve çevresel sürdürülebilirliğin eksik olduğunu belirtir.

Bu bağlamda, Pata ve Kartal (2023), ekonomik büyüme ile LCF arasında U şeklinde bir ilişki olduğunu öne süren Yük Kapasitesi Eğrisi hipotezini (LCC) geliştirmiştir. Geleneksel Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) yaklaşımından farklı olarak LCC, ekonomik büyümenin ilk ve son aşamalarında gelirin çevresel etkilerini değerlendirir. LCC, ekonomik kalkınma ve sanayileşmenin çevresel dinamikler üzerindeki karmaşıklıklarına dair daha kapsamlı bir anlayış sunar ve hem talep hem de arz yönlerini birleştirir.

Bu çalışma, ormancılık ile ilişkili yük kapasitesi eğrisini analiz ederek ormanlara ve ilgili ekosistemlere dair yeni bir yaklaşım olan Ormancılık alanları Yük kapasitesi eğrisi (FSTLCC) hipotezini sunmaktadır. Çalışma, ekonomik büyüme ile orman koşulları arasında U şeklinde bir ilişki olduğunu öne sürmektedir. Bu bağlamda, kalkınmanın ilk aşamalarında ekonomik büyüme çevre üzerinde yıkıcı etkiler yaratabilir, ancak bir dönüm noktasından sonra, çevreye yönelik iyileştirme adımları hayati bir önem kazanır ve bu durum orman yapısının olumlu bir şekilde iyileşmesine yol açar.

İnsan faaliyetlerinin çevresel kalite üzerindeki etkisi, özellikle sanayi devriminden sonra belirgin hale gelmiştir. Bu durum, dünya genelinde farklı bölgelerde nüfus değişkenlerinin çevre üzerindeki rolünün anlaşılmasına yönelik büyük bir ilgiyi tetiklemiştir. Dietz ve Rosa'nın (1997) STRIPAT modelinde, nüfus, refah ve teknolojinin çevre üzerindeki etkilerini araştırmak için genellikle toplam nüfus kullanılmaktadır. Nüfus arttıkça, mal ve hizmet talebi doğal olarak yükselir, bu da çevresel kaynaklara daha fazla baskı yapar ve ucuz enerji kaynaklarının daha sık kullanılmasına yol açarak çevresel bozulmayı artırır (Dietz ve Rosa, 1997).

LCC hipotezinin açıklanması açısından, araştırmacılar birçok model önermektedirler. Fakat sosyoekonomik değişkenleri modele dahil edebilmek için STRIPAT modelini kullanmak uygun olacaktır. Burada I çevresel göstergesi, P nüfusu (nüfus büyüklüğü ve insan sermayesi ölçümüyle temsil edilir), A refahı (kişi başına düşen GSYİH ile temsil edilir), T ise teknolojiyi (yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynaklarla temsil edilir) ifade etmektedir. Modele uygun değişkenlere göre hipotezin bağımlı (açıklanan) değişkeni FSTLCF yani orman biyolojik kapasitesi/orman ayak izi; bağımsız (açıklayıcı) değişkenler ise sırasıyla POP (nüfus), HC (insan sermayesi), GSYH (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla), GSYH² (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla'nın karesi), ET (yenilenemeyen kaynaklardan enerji tüketimi) ve YBET (yenilenebilir kaynaklardan enerji tüketimi) olarak belirlenmiştir.

Modelin önce zaman serileri grafiklerine ve özet istatistiklerine bakıldıktan sonra, geleneksel ve kırılmalı birim kök testleri kullanılarak birim kök varlığı sınanmaktadır. Kullanılacak birim kök testleri; ADF, PP, Fourier ADF, KPSS ve tek kırılmalı birim kök testi olan Perron (1989) ve Zivot-Andrews (1992) olarak belirlenmektedir. Bu testler, serilerin durağan olup olmadığını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Daha sonra ARDL sınır testi uygulanarak eşbütünleşme ilişkisine bakıldıktan sonra nedensellik analizi yapılmaktadır.

Bu çalışmada, öncelikle LCC hipotezi ile ilgili literatür bilgisi sunulduktan sonra hem yurtdışı hem de yurtiçindeki yayınlanmış çalışmalara yer verilmektedir. Daha sonra, ekonometrik yöntemler ve analizler detaylandırılarak ve Türkiye’de FSTLCC hipotezinin ARDL modeli ile tahmini ve Granger nedensellik analizi yapılmaktadır.



BİRİNCİ BÖLÜM
GENEL BAKIŞ

1.1. GENEL BİLGİLER

İklim değışikliği, şüphesiz ki acilen müdahale edilmesi gereken, günümüzün en büyük sorunlarından biridir ve bu mücadelede ormanlar (orman ekosistemleri) hayati önem taşımaktadır. İçinde Türkiye'nin de bulunduğu Paris İklim Anlaşması ormanların korunması ve ormansızlaşmanın önlenmesi konusundaki önemi bir kez daha vurgulamıştır. Anlaşmada ormanların korunması, çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan birçok olumlu etki sağlamakta ve bu etkiler arasında iklim krizinin giderek artan önemi özellikle dikkat çekmektedir. Anlaşmanın hedefi 2020 ve sonrası sosyoekonomik dayanıklılığa güçlendirme, fosil yakıt kullanımını olabildiğince sönmölemek ve yeşil enerjiye yönelimin artmasıdır (<https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>, 2022).

Türkiye'de orman yangınları ormansızlaşmanın bir nedenidir. 2022 yılı itibariyle T.C. Şehircilik İklim Değışikliği Bakanlığı 16.1 orman yangınları (2023) başlıklı yayımladığı rapora göre 2016 adet orman yangınına müdahale edilmiş ve ± 12.799 hektar ormanın zarar gördüğü kayıta geçmekte ve yangın başına ortalama yanan alan ± 5.9 hektar olarak kayıtlara işlenmekte. 2021 yılına oranla çıkan yangın sayısında %29.30 azalma göröldüğü ve orman alanında ise %989.95 azalmanın olduğu raporda ifade edilmekte (a.g.e).

1.1.1. İklim Değışikliği

İklim değışikliği ile mücadele son zamanlarda küresel bazda büyük önem kazanmaktadır. Daha önce belirttiğimiz gibi, dünya ekosistemindeki değışiklikler, insan yaşamının devamı ve sağlıklı nesiller için büyük tehditler oluşturmaktadır. Bu nedenle insan nüfusu ve ekosistemler için önleyici ve yavaşlatıcı tedbirlerin alınması önemli hale gelmiştir. İklim değışikliğinin başlıca sebepleri; enerji santralleri, fosil yakıt kullanımı, sera gazı emisyonları, ulaşım sektörü, sanayi devrimi, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı ve ormansızlaşma, iklim değışikliğinin temel sebepleri arasındadır (Alvi ve Cheema, 2023).

1.1.2. Türkiye'nin Paris Anlaşmasına Taraf Olması

Ölkemiz, iklim değışikliği ile ilgili mücadelede gerekli olan finans ve teknolojik desteğin erişimi koşuluyla 2015 yılında Paris anlaşmasını kabul etmiş ve 22.04.2016 yılında anlaşmayı sözlü olarak ifade ederek imzalamıştır. Cumhurbaşkanımız Sayın Recep Tayip ERDOĞAN 12.09.21 tarihinde BM'nin 76. Genel kurul Paris anlaşmasını

onaylayacağımızı açıklamış ve 27.09.2021 kabine toplantısında 2053 net sıfır emisyon hedefini açıklamıştır. Anlaşmanın onaylanmasına ilişkin kanun 2021 tarihli 31621 sayılı resmi gazetede yayımlanmıştır (<https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>, 2022).

1.2. ORMANLAR VE KARBON YUTAKLARI

İnsan sağlığı için hayati bir öneme sahip olan ormanlar, aynı zamanda karbon yutakları ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından büyük önem arz etmektedir. Atmosferdeki *karbondioksit(CO₂) yutağı ve karbondioksit(CO₂) tutma* doğal yolla ve insan yapımı yollarla depolamak *iklim değişikliği, atmosferdeki CO₂ seviyesi ve biyolojik çeşitlilik* konular ile ilgili öngöründe bulunma da önemli rol oynamaktadır. Söz konusu kavramlar, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli kilometre taşlarıdır (<https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/yutak-alanlar-ve-karbon-tutumları-i-85723>, 2019).

1.2.1. Karbon Yutağı

Atmosfere, insan faaliyetleri sonucunda salınan sera gazları, CO₂ yutakları tarafından depolanabilmektedir. Ormanlar tarafından atmosferdeki CO₂, fotosentez ekosistemi sayesinde toprakta ve bitki bünyesinde birikebilmektedir. Türkiye’de 2018 yılı Orman Genel Müdürlüğü (O.G.M.) verilerine göre toplam 520 milyon ton CO₂ değerinde sera gazı salınmaktadır. Ormanlar sayesinde bu değer 84.8 milyon ton CO₂, yani bu da toplam salınımın %16’nına denk gelmektedir (Yeşilhayat, Pamuk, 2022). Ülkemizde 2020 yılsonu itibariyle tutulan karbon miktarı 1.990.610.714 milyar ton ve üretilen oksijen miktarı ise 43.865.774 milyon ton olarak kayıta geçmektedir ([https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz-sitesi/TurkiyeOrmanVarligi/Yayinlar/2020 %20T %C3%BCrkiye %20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf](https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz-sitesi/TurkiyeOrmanVarligi/Yayinlar/2020%20T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf), 2021).

Karbon yutakları: ormanlar dışında çeşitli doğal sistemlerde de bulunabilir; bunlar arasında toprak, turbalıklar, permafrost (sürekli donmuş) toprak katmanları, okyanus suyu ve derin okyanus tabanındaki karbonat çökeltileri anlatılmaktadır (<https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/yutak-alanlar-ve-karbon-tutumları-i-85723>, 2019).

Toprak: Bitkiler fotosentez yaparken karbondioksiti emer ve bir kısmını toprakta depolar. Ancak ormansızlaşma, tarım, verimsiz ormanlar karbondioksitin tutunamamasına veya atmosfere geri salınmasına yol açabilmektedir.

Turba: Turbalıklar, karbon depolama açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu sulak alanlar, su altında kısmen bozulmuş bitkilerin biriktiği bataklık bölgelerdir. Oksijenin azlığı nedeniyle organik maddelerin tam olarak çürümesi engellenir; bu da karbonun birikmesine yol açar.

Okyanus suyu: Atmosferdeki karbondan çok daha fazlası okyanuslarda bulunmaktadır. Genellikle karbon inorganik formlarda çözülerek emilir ve depolanır. Okyanus biyosistemi karbondioksiti derin sulara taşıyarak uzun süre depolar.

Derin okyanus karbonat çözelti: Deniz canlılarının ölümü sonucunda tabanda biriken kabuk ve iskeletler zamanla kalın karbonat tabakaları oluşturmakta ve milyonlarca yıl hapsetmektedir.

Permafrost (sürekli donmuş) toprak katmanları: Permafrost, genellikle sürekli soğuk iklimlerin bulunduğu bölgelerde toprağın katman şekilde sürekli donarak içinde karbon biriktirmesi sonucunda oluşmaktadır. Bu donma işlem toprağın derin katmanlarına kadar uzanmaktadır. Toprağın üst tabakalarında yaz ayının gelmesiyle beraber çözüle bildiği görülmekte fakat alt tabaka donuk olarak kalmaya devam etmektedir.

1.2.2. Karbon Tutma

Atmosfere salınan karbonun emilerek ve depolanarak atmosfere salınmaması için ve azaltılması için yapılan bir işlem karbon tutmadır. CO₂ tutma işlemleri, endüstriyel süreçlerden kaynaklanan karbon emisyonlarını yakalayarak depolamayı içermekte ve bu durum iklim değişikliği ile mücadele politikasında önemli bir yer tutmaktadır (<https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz-sitesi/TurkiyeOrmanVarligi/Yayinlar/2020%20T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf>, 2021).

1.3. TÜRKİYE'DE VE DÜNYADA ORMANSIZLAŞMANIN NEDENLERİ

Ormanların genel durumuna bakıldığında Türkiye'de orman yapısında artış olduğu görülmektedir. Fakat bu artış beklendiği gibi orman sürdürülebilirliği politikası gereği değil, göç ve nüfus dengesinden kaynaklanmaktadır. Nüfusun azalmasıyla beraber terk edilmiş tarım bölgeleri ve meraların kendiliğinden ormanlaşmaya başladığı görülmektedir. Türkiye için örnek verecek olursak Marmara bölgesinde yalnızca üç ilde

orman artışı kayıta geçmiş İstanbul ve Kocaeli gibi illerde ormansızlaşma hızlı bir şekilde devam ettiği kayıtlara geçmektedir (TOD, 2022, s.15).

Haziran 2023 tarihli AB Resmi Gazetesinde yayımlanan tüzüğe göre ormansızlaşmayı önlenmek için bazı ürünlerin üretiminde denetimler getirmektedir. Bu ürünler şunlardır; soya, sığır eti, palm yağı, ağaç ürünleri, kakao şeklinde ifade edilmektedir (<https://ticaret.gov.tr/dis-iliskiler/yesil-mutabakat/ab-dongusel-ve-surduru-lebilir-sanayi-politikalari/ab-ormansizlasmanin-onlenmesi-mevzuati>, 2024).

Soya: Soya ürünleri, doğrudan tüketim ve hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Güney Amerika'da soya üretimi için geniş alanların oluşturulması ormansızlaşmayı beraberinde getirmiştir. Genellikle ormanların temizlendiğinden hemen sonra soya üretimi başladığından ormanlar üzerinde direk etkiye sahip olabilir. Soyanın kurulması için arazi birkaç yıl boyunca temizlenip hayvan otlatma vb. için kullanıldığından ormanlar üzerindeki yıkıcı etkisi ileri yıllarda görülmektedir (Schneina vd., 2021).

Türkiye için soya üretimi açısından bir sorun oluşmamaktadır. Çoğunlukla soya ürünleri yem endüstrilerinde hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Özellikle tavuk yemi için Brezilya ve ABD gibi ülkelere ithal edilmektedir. Brezilya soya üretimi için ormanları soya arazilerine dönüştürmektedir. Bu durumda orman yapısını etkilemektedir (Özcan, 2022).

Ülkemizde soya üretimi 2019 yılında 351 bin dekar alana ekilmiştir üretim açısından ise bunun %59.7'si Adana, %26.7 Mersin ve %6.3 Osmaniye'de üretilmektedir. Osmaniye ve Kahramanmaraş'ta üretim yapılan illerdendir (Tarım Ürünleri Piyasa Raporu 2022/Soya).

Sığır eti: Sığır eti, amazon ormanlarındaki ormansızlaşmanın %80 etkenidir (Nepstat vd., 2008). Tek başına sığır yetiştiriciliği her yıl mevcut küresel emisyonun %3.4'üne eşdeğer karbonun atmosfere salınmasına neden olmaktadır (WWF Ussustainable Cattle Ranching, 2011).

AB, konu ile ilgili tedbirler olarak sıkı izlenebilirlik standartları uygulamaktadır. Örnek verecek olursak sığır eti üreticilerinin ormansızlaşma riski taşımayan alanlarda faaliyet gösterme izni vermemesi gibi.

Ülkemizde sığır eti tüketimi oldukça yaygındır bu durum da beraberinde meraların aşırı otlatılmasına ve ormanlık alanların azalmasına tarım arazilerine dönüşmelerini sağlamaktadır (TÜSSİD, 2018).

Palm yağı: Hurma yağı, olarak ta bilinen *Elaeisguineensi* isimli bir ağacın meyvesinden elde edilmektedir. Özellikle Güneydoğu Asya’da ormansızlaşmanın önemli parçalarındandır. Gıda, kozmetik, biyolojik katkı gibi alanlarda kullanılmaktadır. Endonezya ve Malezya’da çok sayıda orman dönüştürülerek, palm yağı üretimi için kullanılmakta. Nijerya, Tayland, Kolombiya, Papua Yeni Gine, Fildişi, Sahilleri, Hindistan, Brezilya ve Ekvator’da palm yağı üretimi yapılan ülkelerdendir (Duman ve Keser, 2018, s.54).

Ülkemizde palm yağının kullanımı oldukça düşüktür. Ülkemiz Palm yağını ithal eden ülkelerdendir.

Ağaç ürünleri: Ağaç ürünleri inşaat sanayi, mobilya endüstrileri ve kâğıt endüstrilerinde kullanımı oldukça yaygındır. Ağaçların çok fonksiyonlu kullanımından yasadışı kesimler gerçekleşebilmekte ve orman sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir.

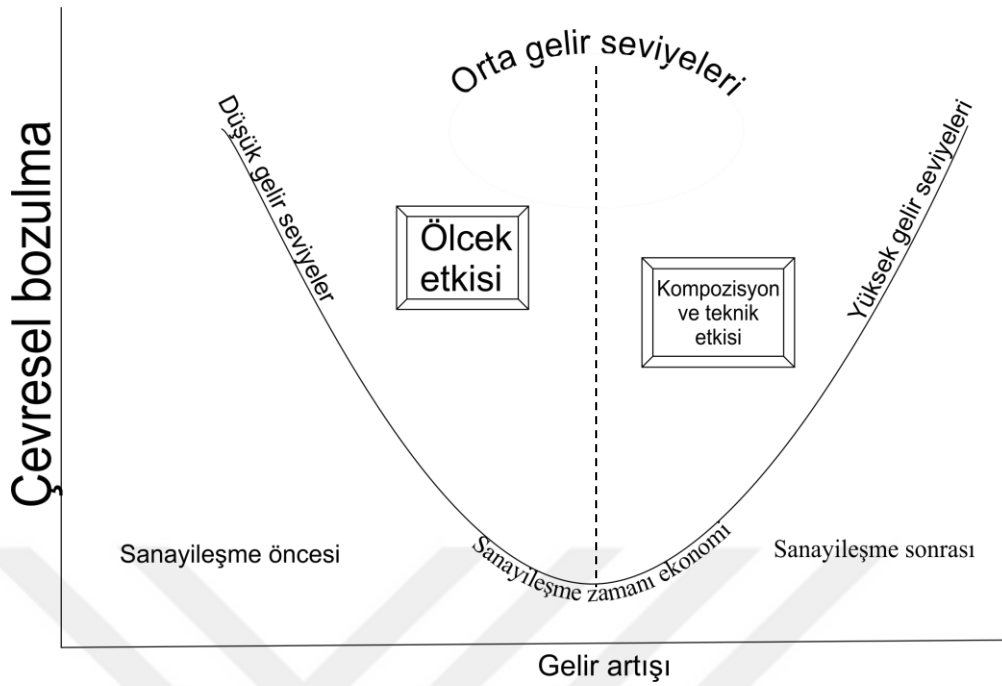
Ülkemiz ağaç ürünlerini hem yerel hem de ithal eden ülkelerdendir. Özellikle inşaat ve mobilya sanayide ahşap/ağaç oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Kakao: Batı Afrika'nın büyük oranda geçim kaynağı olan kakao, aynı zamanda ormansızlaşmanın bir nedenidir. Bu durum, biyolojik çeşitliliğin azalması, toprak erozyonu ve CO₂ salınımı sorununu kaçınılmaz hale getirmektedir. Ayrıca, sürdürülemeyen tarım uygulamaları sonucunda uzun vadede verimlilik kaybı yaşanmakta ve çiftçiler daha fazla alana ihtiyaç duyduklarından, daha fazla orman alanını açmak zorunda kalmaktadırlar (TOD, 2022).

1.3.1. Yük Kapasitesi Eğrisi (Load Capacity Curve - LCC) Hipotezi

Pata ve Kartal (2023) tarafından, Çevresel Kuznets Eğrisine farklı bir bakış açısı ile LCC hipotezini ortaya atmışlardır (Şekil 1.1). Geleneksel Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezinin aksine büyüme ile Yük Kapasitesi Faktörü (LCF) arasında U şeklinde bir ilişki olduğunu kabul etmektedir. Hem talep hem de arz tarafını birlikte değerlendirerek çevresel karmaşıklıkları kapsamlı bir anlayış ile test etmektedir.

Şekil 1.1: LCC Hipotezi



Kaynak: Pata ve Kartal, 2023.

Yukarıda da belirtildiği üzere toplumlar kalkınırken ilk zamanlar için hükûmetler ve vatandaşlar için düşük gelir seviyeleri modellenmektedir. Bu dönemde hükümetler ölçek etkisi ile birlikte istihdam yaratmak ve gelirin artmasını istemektedir. Bu durumda çevre için yeterli sermaye oluşmamasına ve çevrenin tahrip olmasına sebep olmaktadır. Aynı zamanda ölçek etkisi döneminde gelir düzeyi düşük grupların temel ihtiyaçlarını çevresel kaynaklardan temin etmesi bu dönemde oluşan çevresel bozulmayı açıklamaktadır. Hem hükümet hem de toplum olarak belirli bir dönüm noktasına ulaştığında kompozisyon ve teknik etki bölümüne geçmiş bulunurlar. Bu bölümde devletlerin artık gelir seviyeleri yüksek olur ve daha çevre dostu politikalar izlemeye başlarlar. Bununla birlikte toplumlar da bilinçlendirilerek çevreye duyarlı hale gelmektedirler.

1.3.2. Ormancılık Alanları Yük Kapasitesi Factor (Forest Load Capacity Factor-FSTLCF)

Bu çalışmada LCC hipotezi kapsamındaki düşünceye dayanarak orman ekosistemleri ile ilgili ormancılık alanları yük kapasitesi eğrisi hipotezi olarak ortaya koyulmaktadır. Orman sürdürülebilirliği açısından çok sayıda araştırma mevcuttur fakat daha detaylı bir anlayış ile ele ala bilme adına FSTLCC önerilmektedir. Yani gelir ile

orman ayak izi/orman biyolojik kapasitesi Forest Load Capacity Factor (FSTLCF) arasındaki U şeklinde ilişkiyi incelenmektedir. Buna karşılık FSTLCF sürdürülebilirliği için endeks 1'in altına düşmemesi gerektiği yönündedir. Çünkü endeks birin altına düşecek olursa biyolojik kapasite emisyonlarla başa çıkamadığı anlamını ifade eder. Bu durumda, ormanların sürdürülebilirliği açısından tehlike arz ettiğini söyleyebiliriz.

1.3.3. Yük Kapasitesi Eğrisi (Load Capacity Curve - LCC) ve Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) İlişkisi

LCC ve ÇKE ekonomik gelişme ile çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi test etmek amacıyla kullanılmaktadır. ÇKE hipotezi, ekonomik büyüme ile çevresel bozulma ters U şeklinde bir eğri çizdiğini belirtmektedir (Grossman ve Krueger, 1991). ÇKE hipotezi, gelir arttıkça çevresel bozulmanın başlangıçta arttığını, ancak belirli bir dönüm noktasından sonra azalmaya başlayacağını öne sürmektedir.

LCC hipotezi çevresel durum göstergesi bakımından ÇKE'den farklı olarak CO₂ yerine Biyokapasite/Ekolojik Ayak İzi kullanılmaktadır. Bu sayede çevresel bozulmayı hem arz hem de talep yönünden değerlendirerek konuyu daha kapsamlı bir şekilde ele almaktadır (Pata ve Kartal, 2023).

Arz Yönü (Biyokapasite): Arz yönü, çevresel kaynakların kullanımına ve çevresel ekosistemlerin sürdürülebilir olmasına odaklanmaktadır. Biyokapasite, bir bölgenin doğal kaynaklarını yenileyebilme kapasitesini temsil etmektedir. Biyokapasitenin azalması çevresel bozulmaya yol açar ve belirli bir ekonomik dönüm noktasına ulaşıldığında bu etkinin sönümleneceği vurgulanmaktadır (Pata ve Kartal, 2023).

Talep Yönü (Ekolojik Ayak İzi): Talep yönü, insan faaliyetlerinin doğal kaynaklara olan talebini ve bu talebin çevre üzerindeki etkilerini ölçmektedir. Ekolojik ayak izi, bu bağlamda toplumun yaşam standartları için doğal kaynak kullanımını ve bunun çevre üzerindeki biyolojik üretken alan miktarını ifade etmektedir (Pata ve Kartal, 2023).

1.3.4. Orman Ekosistemi Nüfus ve İnsan Sermayesi

Nüfus artışı, insan sermayesi ve orman ekosistemi arasındaki karmaşık ilişkiler, çevresel ve sosyal dinamiklerin nasıl etkileşim halinde olduğunu anlamamız gerektiğini

vurgulamaktadır. Araştırmalar ve veriler, nüfus artışının, insan sermayesinin kalitesi ve orman ekosistemlerinin sağlığı arasında önemli bağlantılar bulunduğunu göstermektedir.

1.3.4.1. Orman Ekosistemleri

Orman ekosistemleri, karmaşık yapıya sahip ve biyoçeşitlilik açısından zengin olan doğal ekosistemlerdendir. Tarih boyunca insanlar, orman ekosistemleriyle sıkı bir etkileşim içinde bulunmuş ve çeşitli kaynaklarından yararlanmıştır. Ancak, artan nüfus, sanayi ve tarım benzeri insan faaliyetleri, ormanlar üzerinde oldukça fazla tahribata yol açmakta ve insanlığın refahı adına biyoçeşitliliğin korunmasında ciddi tehditler oluşturmaktadır(<https://dkm.org.tr/sites/other/dkm/uploads/yayinlar/kitaplar/kitap-7.pdf>, 2024).

1.3.4.2. Beşeri Sermaye

Beşeri sermaye, yada bir başka deyişle İnsan sermayesi (İS), sürdürülebilirlik politikası açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle, sürdürülebilirlik çalışmaları genellikle İS'yi modellere dahil etmektedir. İS'nin yüksek olması, yenilenebilir enerji kullanımını olumlu yönde etkilemektedir (Mehrara, vd., 2015). İS, bir toplumun bilgi birikimi veya sermayesi, yetenekleri ve sağlık durumu olarak tanımlanabilir. Bu sermaye, toplumun eğitim seviyesi, sağlık koşulları ve mevcut ekonomik fırsatlar gibi ölçütlerle değerlendirilir (Martin, Ciovea ve Cristescu, 2013).

Eğitim: İyi bir eğitim almak veya kariyerinde ilerlemek isteyen bireyler için, fiziksel ve biyolojik sağlığın korunması büyük bir önem taşımaktadır. Sağlıklı bir vücut ve zihin, kişinin öğrenme yeteneğini ve iş performansını doğrudan etkilemektedir. Sağlıklı, organik beslenen ve uykusuzluk sorunu yaşamayan bireyler, eğitim almada ve kariyer ilerlemelerinde daha yüksek başarı elde etme eğilimindedirler.

Sağlık: Sağlık sermayesi, insan sağlığını korumak ve geliştirmek amacıyla yapılan tüm yatırımların toplamını ifade etmektedir (Qiang Du, vd., 2022). Sağlıklı bireyler çevreye karşı hassas davranır ve çevreci politikalara daha fazla destek vermektedir.

Ekonomik fırsatlar: Literatürde, çevre ile insan sermayesi arasında bir ilişki olduğunu savunulmaktadır. Bu ilişki, doğrudan yabancı yatırımların, ekonomik büyümenin, çevresel kalitenin ve iş gücünün niteliklerinin birbirleriyle nasıl etkileşime

girdiğine işaret etmektedir (Qiang Du, vd., 2022). Ekonomik olarak güçlü olan ülkeler ya da gelişmekte olan ülkeler, çevre dostu teknolojilere yatırım yapma ve bu yönde kaynak ayırma konusunda daha fazla imkâna sahiptirler. Bu ekonomik güç, sürdürülebilirlik ve yenilikçi çevre çözümlerine yönelmelerini kolaylaştırmaktadır.

İnsan sermayesi ve sürdürülebilirlik üzerine yapılmış çalışmalara örnek olarak Çağlar, vd., (2024), Qiang Du, vd., (2022), Mehrara, vd., (2015), Alsaleh ve Yang, (2023) vb. birçok çalışma literatürde bulunmaktadır. Sonuç olarak eğitim, sağlık ve ekonomik açıdan zengin ülkeler, doğal kaynakları kullanımı konusunda daha dikkatli bir yol izlemekte ve sürdürülebilir bir şekilde kaynak kullanımına yönelmektedir.

Nüfus: Nüfusun artışı ile birlikte tüketim dağılımında meydana gelen sorunun, küresel bazda kabul görmesi ile beraber aşırı artışın kapasite sorununa yol açtığı izlenmektedir. Khan, vd., 2021 yılında yaptığı çalışmaya göre nüfus artışındaki öngörüsü 2050 yılına kadar 2.6 gezegene eşdeğer kaynak talebi oluşacağı yönündedir. Meydana gelecek enerji, su, gıda, vb. doğal kaynak sorunları da ekosistem üzerindeki baskıyı arttırmakta ve biyoçeşitlilik için de bir tehlike olmaktadır (Khan, vd., 2021).

1.3.5. Orman Ekosistemi Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Enerji

Enerji ihtiyacının karşılanması için tarihte yakacak odun kullanıldığı bilinmektedir. Günümüzde FAO verilerine göre Afrika’da birincil enerji ihtiyacının %27’sini, Latin Amerika ve Karayipler’de %13’ünü ve Asya Okyanus etrafında %5’ini odun yakıtını kullanmaktadır. Ancak, yakacak odun sürdürülemez bir kaynak olduğundan ve aynı zamandan ormansızlaşmayı getire bileceğinden alternatif yenilenebilir kaynaklara yönelmek önemli bir adımdır (UN, 2017).

Ormanlar dünya kara örtüsünün %30’unu oluşturmaktadır fakat sürdürülemez kullanım, çevre bozulması, iklim değişikliği, hızlı kentleşme nedeniyle ormansızlaşma tehdidi günü günden artmaktadır (UN, 2017).

Enerji kullanımı, nüfus artışı ve buhar gücünün keşfi ile birlikte insanlık tarihinde önemli bir dönüm noktası olmuştur. Özellikle Endüstriyel Rönesans’tan bu yana, yenilenemeyen enerji kaynakları, dünya çapında enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamaktadır. Bu kaynakların kullanımı, orman ekosistemleri üzerinde ciddi etkiler yaratmıştır.

Sonuç olarak, enerji kullanımı büyük ölçüde yenilenemeyen enerji kaynaklarına dayanmakta olup, bu durum orman ekosistemleri üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir enerji çözümlerine ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin teşvik edilmesi, çevresel bozulmanın ve ormansızlaşmanın azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır.

1.3.5.1. Yenilenemeyen Enerji

Yenilenemeyen enerji kaynakları, kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtları içerir. Bu kaynakların çıkarılması ve kullanımı, orman alanlarının yok olmasına, toprak erozyonuna ve ekosistem dengesizliklerine neden olmaktadır. Ayrıca, bu süreçler sırasında atmosfere salınan emisyonlar, hava kalitesini düşürmekte ve iklim değişikliğine katkıda bulunmaktadır. Uzunca yıllar enerji sektörü arzındaki kömür, doğalgaz, petrol ün payı %80 civarında sabitlendiği izlenmektedir fakat STEPS'e (Belirlenmiş Politikalar Senaryosu) göre bu göre 2030 yılına kadar bu oran %73'e ulaşması beklenmektedir (Dünya Enerji Görünümü, 2023 IEA).

Ulusal Enerji Ajansı'nın 2023 Dünya Enerji Görünümü Raporu'na göre, dünya yüzey sıcaklığı sanayi öncesi seviyelerin 1.2°C üzerine çıkmış durumdadır. Bu durum, sıcak hava olaylarının sıklığını artırarak etkilerini gösteriyor ve sera gazı emisyonlarının henüz zirveye ulaşmadığını vurgulanmaktadır. Raporda, enerji sektörü kaynaklı kirli hava salınımının dünya nüfusunun %90'ının soluduğu hava kalitesini etkilediği ve yılda 6 milyondan fazla erken ölüme neden olduğu belirtilmektedir (Ulusal Enerji Ajansı, 2023).

BP Enerji Görünümü 2023 raporuna göre kömür, petrol doğalgaz gibi yenilenemeyen kaynaklarının gelecekteki yerini ve geçişteki sürecinin aşağıdaki gibi raporlamışlardır.

1.3.5.1.1. Petrol

Talep Azalışı: Petrol talebinin uzun vadede düşmesinin beklendiği belirtilmiştir. Özellikle Hızlı Geçiş ve Net Sıfır senaryolarında, petrol talebinin 2030'dan önce zirveye ulaşarak hızla azalmaya başlayacağı öngörülmüştür.

Kullanım Alanları: Petrolün öncelikle ulaşım sektöründe kullanılmaya devam edeceği, ancak elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla bu sektördeki petrol talebinin

azalacağı ifade edilmiştir. Kimya endüstrisi gibi diğer sektörlerde de petrolün yerini alternatif kaynakların alabileceği belirtilmiştir (BP Enerji Görünümü, 2023).

1.3.5.1.2. Kömür

Azalan Rol: Kömürün, enerji üretimindeki payını kaybetmeye devam edeceği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması ile karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik politikaların kömür tüketimini sınırlayacağı belirtilmiştir.

Çevresel Etkiler: Kömür kullanımının, yüksek karbon emisyonları nedeniyle çevresel olarak sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak görülmediği ve bu nedenle kömürden uzaklaşma eğiliminin artacağı öne sürülmüştür (BP Enerji Görünümü, 2023).

1.3.5.1.3. Doğal Gaz

Köprü Enerji Kaynağı: Doğal gazın, enerji geçişi sürecinde köprü bir enerji kaynağı olarak önemini koruyacağı ifade edilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunu desteklemek ve enerji güvenliğini sağlamak için doğal gazın kritik bir rol oynayacağı belirtilmiştir.

Uzun Vadeli Gelecek: Hızlı Geçiş ve Net Sıfır senaryolarında, doğal gaz kullanımının zamanla azalması beklenirken, Yeni Momentum (New Momentum) senaryosunda bu azalışın daha yavaş gerçekleşeceği öngörülmüştür (BP Enerji Görünümü, 2023).

1.3.5.2. Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerjiye geçiş birçok nedenden dolayı önem arz etmektedir. Bunlardan bazıları ve en önemlileri insan sağlığı, orman ekosistemi ve deniz ekosistemine karşı yaptığı yıkıcı etkilerle birlikte bir de, fosil yakıtlar yanarak atmosfere sera gazı olarak karıştığından yenilememe sorunudur. Bu bağlamda enerji sektöründe yenilenebilir ve sürdürülebilir kaynakların öncü rol alması elzemdir.

BP Enerji Görünümü 2023 raporunda, enerji sistemindeki uzun vadeli geçişleri analiz etmekte ve bu geçişlerin 2050 yılına kadar küresel enerji piyasaları üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Bu analiz, enerji geçişlerinin anlaşılmasına yardımcı olmak amacıyla üç farklı senaryoyu incelemektedir (BP Enerji Görünümü, 2023).

Hızlı Geçiş (Accelerated); Bu senaryoda, karbon emisyonlarının hızlı bir şekilde azaltılması ve enerji geçişinin hızlandırılması amaçlanmaktadır. Bu hedefe ulaşmak için çeşitli politikalar uygulanmaktadır. Hızlı Geçiş senaryosu, fosil yakıt kullanımının hızla azalmasını ve yenilenebilir enerji kaynaklarının hızla artmasını içermektedir. Enerji üretiminde karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik yatırımların artırılması ve temiz enerji teknolojilerinin benimsenmesi teşvik edilmektedir (BP Enerji Görünümü, 2023).

Yeni Momentum (New Momentum); Yeni Momentum senaryosu, mevcut politikaların ve teknolojik ilerlemelerin devam ettiği bir geleceği tasvir etmektedir. Bu senaryo, enerji geçişlerinin kademeli olarak gerçekleşeceğini öngörmektedir. Mevcut politikaların güçlendirilmesi ve enerji sisteminde sürdürülebilir bir dönüşüm sağlanması beklenmektedir. Bu senaryoda, enerji talebi dengeli bir şekilde artarken, yenilenebilir enerji kaynaklarının payının zamanla artması ve fosil yakıtların yerini alması beklenmektedir (BP Enerji Görünümü, 2023).

Net Sıfır (Net Zero); Net Sıfır senaryosu, 2050 yılına kadar küresel ölçekte net sıfır karbon emisyonuna ulaşmayı hedefleyen daha agresif eylemleri içermektedir. Bu hedef, hem hükümetlerin hem de özel sektörün güçlü taahhütleriyle desteklenmektedir. Bu senaryoda, yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesi en yüksek seviyede gerçekleşmekte ve karbon yakalama teknolojileri gibi yenilikçi çözümler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Aynı zamanda, enerji tüketiminin verimliliğini artırmak için önemli yatırımlar yapılmaktadır (BP Enerji Görünümü, 2023).

BP Enerji Görünümü 2023 yayımladığı raporunda, yenilenebilir kaynakların üretimindeki önem vurgulanmaktadır. Özellikle rüzgar ve güneş enerjisinin bu dönüşümdeki lider konumda olacağı belirtilmektedir.

Rüzgar ve Güneş Enerjisi:

Büyüme Potansiyeli: Rüzgar ve güneş enerjisinin, enerji sektöründeki en hızlı büyüyen kaynaklar arasında yer alması beklenmektedir. Bu iki kaynağın enerji üretimindeki payının, özellikle Hızlı Geçiş (Accelerated) ve Net Sıfır (Net Zero) senaryolarında büyük ölçüde artacağı tahmin edilmiştir (BP Enerji Görünümü, 2023).

Teknolojik İlerlemeler: İleri teknolojilerin, rüzgar ve güneş enerjisinin maliyetlerini düşürdüğü ve verimliliğini artırdığı belirtilmiştir. Bu ilerlemelerin, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha geniş bir şekilde benimsenmesini hızlandıracak ön sürülmüştür (BP Enerji Görünümü, 2023).

Elektrik Üretimindeki Rolü: Yenilenebilir enerji kaynaklarının, gelecekteki elektrik üretiminde merkezi bir rol oynayacağı belirtilmiştir. Güneş ve rüzgar enerjisinin toplam enerji üretimindeki payının, özellikle Net Sıfır senaryosunda, önemli ölçüde artması beklenmektedir (BP Enerji Görünümü, 2023).

Biyokütle ve Hidroelektrik Enerji:

Mevcut Durum ve Gelecek Perspektifleri: Biyokütle ve hidroelektrik enerjinin, yenilenebilir enerji karışımının önemli bileşenleri olduğu ifade edilmiştir. Biyokütlenin özellikle endüstriyel uygulamalarda ve enerji depolama çözümlerinde kritik bir rol oynadığı vurgulanmıştır. Hidroelektrik enerjinin ise özellikle su kaynaklarına erişimi olan bölgelerde önemli bir enerji kaynağı olarak kalacağı belirtilmiştir (BP Enerji Görünümü, 2023).

Sürdürülebilirlik: Biyokütle ve hidroelektrik enerji üretiminin, çevresel sürdürülebilirlik ve ekosistem üzerindeki etkileri dikkate alınarak yönetilmesi gerektiği vurgulanmıştır (BP Enerji Görünümü, 2023).

Gelişmekte Olan Yenilenebilir Teknolojiler:

Gelecekteki Potansiyel: Jeotermal enerji ve deniz enerjisi gibi gelişmekte olan yenilenebilir enerji teknolojilerinin, enerji geçişinde daha büyük bir rol oynayabileceği öne sürülmüştür. Bu teknolojilerin, daha fazla yatırım ve araştırma ile yaygınlaşabileceği ve enerji karışımına katkıda bulunabileceği belirtilmiştir (BP Enerji Görünümü, 2023).

1.4. STIRPAT MODELİ (STOCHASTIC IMPACTS BY REGRESSION ON POPULATION, AFFLUENCE AND TECHNOLOGY)

Thomas Dietz ve E. A. Rosa 1997 yılında yayımladığı eserde STIRPAT modeli tanıtmış ve çevresel etkiyi nüfus (P), refah (A) ve teknoloji (T) gibi faktörlere bağlayan bir formül geliştirilmiştir. Denkleme 1.1'deki modelde I, P ve A sırasıyla çevresel etki, nüfus ve refahı temsil etmekte ve bu miktarların gözlemsel birimler arasında değiştiğini vurgulamak amacıyla "i" alt simgesi eklenmekte. Modelin stokastik versiyonunda, a, b, c ve e parametreleri standart istatistiksel teknikler kullanılarak tahmin edilebilir. Bu parametrelerden b ve c, nüfus ve refahın çevresel etki üzerindeki net etkisini belirlerken, a ise modeli ölçeklendiren bir sabit olarak işlev görmektedir (Dietz ve Rosa, 1997).

$$I_i = \alpha P_i^b A_i^c T_i^d \varepsilon_i \quad (1.1)$$

1.4.1. Teknoloji ve Diğer Faktörler

Teknoloji terimi, yalnızca teknolojiyi değil, aynı zamanda sosyal organizasyonları, kurumları, kültürü ve nüfus ile refah dışında çevre üzerindeki insan etkisini içeren diğer tüm faktörleri de kapsamaktadır. Bu geniş kapsam, teknolojinin çevresel etki üzerindeki dolaylı ve doğrudan etkilerini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi sağlamaktadır (Dietz ve Rosa, 1997).

1.4.2. Stokastik Model ve Parametreler

Stokastik modelde, çevresel etkiyi (I) tahmin etmek için kullanılan denklemlerde b ve c sabit olarak kabul edilmiştir. Bu yaklaşım, nüfus ve refahın çevresel etkileri üzerindeki oranlarının sabit olduğunu, yani logaritmalarda doğrusal bir ilişki olduğunu varsayar. Orijinal IPAT formülasyonunda, $a = b = c = 1$ olarak kabul edilmekteydi. Ancak, itici güçlerin etkilerinin her zaman tam olarak orantılı olmayabileceği belirtilmiştir (Dietz ve Rosa, 1997).

1.4.3. Karmaşık Etkiler ve Fonksiyonlar

STIRPAT çerçevesini tanımlayan orijinal makalelerde, çevresel etkilerin nüfus ve refah düzeylerine göre eşikler ve diğer orantısız etkiler gösterebileceği vurgulanmıştır. Stokastik modelde, b ve c katsayıları için daha karmaşık fonksiyonlar kullanılarak bu tür etkiler hesaba katılabilir. Bu tür fonksiyonları tahmin etmek, belirli refah veya nüfus düzeylerinde çevresel etkiyi artıran eşik, hızlanma veya diğer karmaşık etkileri tanımlamaya olanak tanır.

STIRPAT modeli, çevresel etkiyi nüfus, refah ve teknolojiye bağlayan temel bir çerçeve olarak özetlene bilmektedir. Stokastik formülasyon, bu faktörlerin etkilerini daha karmaşık ve dinamik bir şekilde analiz etmeyi sağlar. Özellikle b ve c katsayılarının daha karmaşık fonksiyonlar olarak modellenmesi, çevresel etkilerin nüfus ve refah düzeylerine göre nasıl değiştiğini daha iyi anlamamıza yardımcı olabilmektedir. Bu, çevresel politika ve stratejilerin geliştirilmesinde kritik bir rol oynar, çünkü nüfus ve refahın çevresel etki üzerindeki karmaşık ve orantısız etkilerini dikkate almayı mümkün kılmaktadır (Dietz ve Rosa, 1997).



İKİNCİ BÖLÜM

DURAĞANLIK

2.1. DURAĞANLIK KAVRAMI VE BİRİM KÖK

Durağanlık kavramı, zaman serisi analizi içinde önemli bir yere sahiptir. Bu konular, özellikle ekonometrik verilerin analizi sırasında, serilerin zaman içindeki davranışlarını anlamak için kullanılır. Araştırmacılar ilk olarak serilerin birim köklü olup olmadığını incelerler çünkü serinin durağanlığı, analizin yönünü belirlemektedir. Serinin durağanlığının tespiti o serinin birim kök içermediği anlamını taşımaktadır. Zaman serilerinde uzun periyotlar ile işlem yapıldığından çok fazla şoklar ile karşılaşılabilen zaman serisi bu şoklardan etkilenmeyip direnç gösterir ise seri durağandır denilmektedir.

Bir zaman serisinin durağan olup olmadığını sınamak için çeşitli ekonometrik testler ve görsel yöntemler kullanılmaktadır.

Görsel inceleme: Görsel inceleme yolu ile 2 şekilde karar verilir; Zaman serisi grafiği incelenerek ve Otokorelasyon Fonksiyonu (ACF) ile Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu (PACF) grafikleri değerlendirilerek karar verile bilmektedir.

Zaman serisi: Durağan bir seri, zaman içinde sabit bir ortalama ve varyans gösterir, yani grafikte belirgin bir trend veya mevsimsellik görülmemelidir.

Otokorelasyon fonksiyonu (ACF) ve kısmi otokorelasyon fonksiyonu(PACF): Otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi otokorelasyon fonksiyon grafiklerini çizerek serinin otokorelasyon yapılarını incelenir. Durağan bir zaman serisinde otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi otokorelasyon fonksiyon genellikle sıfıra hızla yaklaşır ve yazılım tarafından belirlenmiş sınırların içinde kalması gerekmektedir. Durağanlığı test etmede benzersiz bir yöntem olduğu tartışılmaz, fakat kısmen belirsizliklerin olması bu yöntemi güçsüz kılmaktadır.

Ekonometrik testler: birim kök testleri, bir zaman serisinin durağan olup olmadığını sınamak için kullanılan testlerdir ve araştırmacılar tarafından da sıklıkla tercih edilirler. Geleneksel birim kök testleri; ADF, PP, ZA, GLS, NG, PERRON, KPSS, ERS. Kılmalı birim kök testleri; Perron (1989), ZA, Lee ve Strazicicich, Narayan ve Poop ve daha fazlası şeklindedir.

Bu çalışmada birim kök testlerinin birlikte değerlendirilmesinin nedeni, farklı birim kök testlerinin değişken sonuçlar üretebilmesidir. Geleneksel, Fourier ve kırılmalı birim kök testlerinin bir arada kullanılmasıyla, serinin birim köklü olup olmadığına ve derecesine çoğunluk kararına uyarak ulaşmayı amaçlanmaktadır.

Birim kök testleri, serinin durağan olup olmadığını belirlemek için kullanılmaktadır. Seviyede (level) yani farkı alınmamış $I(0)$ bir seri durağan değilse, serinin birinci farkı $I(1)$ alındıktan sonra tekrar deneme yapılmaktadır. Eğer seri yine durağan değilse, serinin ikinci farkı $I(2)$ alınarak tekrar test edilir. Bu süreç, serinin durağan hale getirilmesine kadar devam eder. Eğer seri seviyede $I(0)$ iken durağan ise, bu seriye Vektör Autoregresif (VAR) modelleri uygulanabilir. Eğer seri $I(1)$ seviyesinde durağan ise, eşbütünleşme analizleri yapılabilir veya farkı alınarak VAR analizi uygulanabilmektedir.

Bu çalışmada kullanılacak olan birim kök testlerinin farklı sonuçlar vermemesi adına şu testler değerlendirilecektir:

- *Augmented Dickey-Fuller (ADF) Testi*: Geleneksel birim kök testlerinden biridir.
- *Phillips-Perron (PP) Testi*: Zaman serilerinin durağan olup olmadığını belirlemek için kullanılır.
- *Fourier ADF Testi*: Fourier dönüşümleri kullanılarak serinin durağanlığını analiz eder.
- *KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin) Testi*: Serinin durağanlığını test eder.
- *Perron'un (1989) Kırılmalı Birim Kök Testi*: Tek kırılmalı birim kök testi olup, kırılma tarihi bilinmemektedir.
- *Zivot ve Andrews (1992) Kırılmalı Birim Kök Testi*: Tek kırılmalı birim kök testi olup, yapısal kırılmaları dikkate alarak serinin durağanlığını inceler. Kırılma tarihi bilinmemektedir.

Bu testlerin bir arada değerlendirilmesiyle, serinin birim köklü olup olmadığına dair daha tutarlı bir sonuç elde edilmektedir (Mert ve Çağlar, 2019, s. 97-100).

2.1.1. Geleneksel Birim Kök Testleri

2.1.1.1. ADF Testi (Arttırılmış Dickey-Fuller Testi)

DF testi, Dickey-Fuller testinin genişletilmiş bir versiyonu olarak kabul edilmekte olup, farklı derecelerden otoregresif süreçlere uygulanabilir bir yapıya sahiptir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010). ADF aldığı değeri y_t bir önceki dönemki değeri

olan y_{t-1} arasında stokastik ilişkiler bulunmaktadır. ADF testi serilerdeki otoregresiflik (AR(p)) özelliğinin birinci farkından (AR(1)) yararlanmaktadır (Tarı, 2015). Denklemin birinci farkını almak için eşitliğin her iki tarafından y_{t-1} çıkararak 2.1'deki denklem elde edilmektedir (Mert ve Çağlar, 2019 s. 97-100).

$$y_t - y_{t-1} = \phi y_{t-1} - y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.1)$$

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.2)$$

Denklem 2.2'deki model sabitsiz ve trendsiz (none) modeli temsil etmektedir. Sabitli model (intercept) 2.3'de, sabitli ve trendli model (trend and intercept) ise eşitlik 2.4'te gösterilmektedir.

$$\Delta y_t = \mu + \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.3)$$

$$\Delta y_t = \mu + \beta_t + \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.4)$$

Birim kökün varlığında denklem $\delta = 1 - \phi = 0$ (yani $\phi = 1$) olurken, durağan bir seri için denklem $\delta = \phi - 1 < 0$ (yani $\phi < 1$) gibi olmaktadır. Dickey-Fuller (DF) için hipotezler aşağıdaki gibi yazılabilmektedir.

$H_0: \delta = 0$ (Serinin birim kök içerdiği (durağan olmadığı) yönündedir).

$H_1: \delta < 0$ (Serinin birim kök içermediği (durağan olduğu) yönündedir).

Bu hipotez için test istatistiği $t_\delta = \hat{\delta} / s_{\hat{\delta}}$ olarak hesaplanmaktadır. Dickey ve Fuller (1979), bu test istatistiğinin standart t dağılımını takip etmediğini göstermiş ve farklı örneklem büyüklükleri için kritik değerler üretmişlerdir. Daha sonra MacKinnon geniş kapsamlı simülasyonlar sonucu kritik değerler üretmiştir. Standart Dickey-Fuller testi, basit bir AR(1) (Birinci Derece Otoregresif) sürecine dayanmaktadır. Ancak, seride yüksek derecede otokorelasyon (zamanlar arası korelasyon) varsa, hata terimleri beyaz gürültü (white noise) olma özelliğini kaybeder. Beyaz gürültü, hata terimlerinin ortalama sıfır olduğu ve birbirleriyle ilişkisiz olduğu bir durumdur. Bu durum, serideki otokorelasyonun test sonuçlarını yanıltıcı hale getirmesine neden olabilmektedir.

Bu sorunu çözmek amacıyla Arttırılmış Dickey-Fuller (ADF) testi geliştirilmiş olup, AR(1) sürecine ek olarak AR(p) sürecini de dikkate alınmaktadır. Modele p gecikmeli fark terimleri eklenmesiyle daha karmaşık otokorelasyon yapıları ele alınmaktadır. Bu sayede hata terimlerinin beyaz gürültü olma özelliğini korunarak, daha güvenilir test sonuçları elde edilmesi sağlanmaktadır. Böylelikle, sabitsiz ve trendsiz

(none), sabitli (intercept) ve sabitli ve trendli (trend and intercept) modeller için ADF denklemleri sırasıyla Eş. 2.5, Eş. 2.6 ve Eş. 2.7’de sunulmaktadır. (Mert ve Çağlar, 2019, s. 97-100)

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2.5)$$

$$\Delta y_t = \mu + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2.6)$$

$$\Delta y_t = \mu + \beta_t + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2.7)$$

ADF testinin genişletilmiş hali, DF denklemlerine bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerinin eklenmesiyle oluşmaktadır. Bu genişletme, kalıntılarda gözlenen otokorelasyon sorununu çözmeyi amaçlamaktadır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010, s. 323). Gecikmeli fark terimlerinin modele dahil edilmesiyle t_δ istatistiğinin asimptotik dağılımının, bu terimlerden bağımsız hale gelmesi amaçlanmaktadır. Test istatistiği hesaplanırken, eğer hesaplanan değer kritik değerden küçük bulunması durumunda, yokluk hipotezi reddedile bilmektedir (Mert ve Çağlar, 2019, s. 97-100).

Birim kök testi, uygulanırken AR(p) sürecindeki p’nin kaçınıcı dereceden gecikme sayısı olacağına genellikle AİC (Akaike) ve SIC (Schwarz) bilgi kriterleri kullanılmaktadır. Bir başka yolu da kalıntılara Breusch-Godfrey veya Langrange çarpanı (LM) testleri de uygulanabilir. Testlerin amacı p’yi belirlerken cimrilik prensibi dikkat kesilerek mümkün oldukça fonksiyonel biçimdeki gecikmelerin sayısını minimize etmektir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010 s. 323).

2.1.1.2. Phillips-Perron Testi

Phillips-Perron (PP) birim kök testi, zaman serilerinin durağan olup olmadığını belirlemek için kullanılan bir başka önemli testtir. PP testi, Dickey-Fuller testine benzer şekilde rassal şoklar arasında otokorelasyonun olmadığı ve sabit varyanslı olduğu savunan metodolojinin varsayımına dayanmaktadır (Tarı, 2015, s. 400). PP testi standart DF Denklemlerine (2.3, 2.3 ve 2.4) dayanarak test etmektedir. Ancak, PP bu metodu geliştirerek yeni bir varsayımda bulunmaktadır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010, s.364). Bu durumu daha iyi anlaşılması adına 2.8’deki denklem dikkate alınır (Mert ve Çağlar, 2019, s. 97-100).

PP testi kullanılarak, DF testi denklemleri (2.2, 2.3, 2.4) tahmin edilmekte ve t_δ test istatistiği değiştirilerek, asimptotik serisel korelasyondan etkilenmemesi

sağlanmaktadır. PP test istatistiği denklem 2.8’de gösterilmektedir (Mert ve Çağlar, 2019, s. 101).

$$\tilde{t}_{\delta} = t_{\delta}(\gamma_0/f_0)^{1/2} - \frac{T(f_0-\gamma_0)s_{\hat{\delta}}}{2f_0^{1/2}s} \quad (2.8)$$

Denklem 2.8’de $\hat{\delta}$ tahmin edici olarak, $t_{\hat{\delta}}$ standart DF test istatistiği olarak, $s_{\hat{\delta}}$ standart hata olarak, s test regresyonunun standart hatası olarak, γ_0 hata varyansının tutarlı bir tahmincisi olarak ifade edilir. Burada K bağımsız değişken sayısı olmak üzere $(T-k)s^2/T$ eşitliğinden elde edilir. Ayrıca f_0 sıfır frekansta kalıntı spektrumu tahmincisi olarak tanımlanmaktadır (Mert ve Çağlar, 2019). Model 2.2, 2.3 ve 2.4’te bulunan ε_t hata teriminin olup ortalamasının sıfıra eşit olması beklenmektedir (Tarı, 2015).

PP test istatistiği, standart DF testinde olduğu gibi sıfır hipotezi ($H_0: \delta=0$ Serinin birim kök içerdiği (durağan olmadığı) yönündedir.) alternatif hipoteze ($H_0: \delta<0$ Serinin birim kök içermediği (durağan olduğu) yönündedir) karşı test edilir. Ewievs yazılımı kalıntı spektrumu tahmini için kernel yaklaşımına dayalı ve AR tabanlı tahmin yöntemleri sunmaktadır. Kernel yaklaşımına dayalı tahmin yöntemlerinden biri seçilir ise band genişliği Newey-west ya da Andrews stratejisine göre otomatik olarak belirlenir AR tabanlı tahmin yöntemlerinden biri seçilir ise gecikme uzunluğu seçim kriterine göre belirlenir. ADF istatistiği ile aynı kritik değerleri kullanmaktadır: hesaplanan test istatistiği, ilgili kritik değerden küçük olduğunda, yokluk hipotezi reddedilecektir (Mert ve Çağlar, 2019, s. 101).

2.1.1.3. KPSS Testi (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, Shin Testi)

KPSS testi (1992), bir zaman serisinin durağan olup olmadığını sınamak için kullanılan bir başka istatistiksel testtir. Bu test, özellikle birim kök testlerinin tersine, durağanlık hipotezine dayanarak test eder. KPSS testi, ADF testi için kurulan hipotezlerden farklılaşarak serinin birim kök içerip içermediğini değil, serinin durağan olup olmadığını yönünde hipotez kurmaktadır. Testin amacı, durağanlığa ulaşmak için gözlenen serideki deterministik trendin etkilerinden arındırmaktır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010).

Hipotezler,

H_0 : Birim kök içermemektedir

H_1 : Birim kök içermektedir.

Bir diğer önemli hususta H_0 hipotezi trend durağanlığını gösterdiğinden rassal yürüyüş varyansı sıfıra eşit olmaktadır. KPSS testi, Lagrange Multipler (LM) testine benzer olarak sıfır hipotezi rassal yürüyüşün sıfır varyansa sahiptir varsayımı altında deterministik trend, rassal yürüyüş ve durağan hatalarının toplanması sonucunda belirlendiğinin öne sürmektedir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010).

$$Y_t = \beta_t + w_t + \varepsilon_t \quad (2.9)$$

$$w_t = w_{t-1} + u_t \quad (2.10)$$

Modelde yer alan w_t rassal yürüyüş modeli, t deterministik trend, ε_t durağan olarak açıklanmaktadır. Ayrıca, $u_t \sim ID(0, \hat{\sigma}_u^2)$ yani varyansının sıfır eşit olduğunu varsaymaktadır, ε_t durağan ve $\varepsilon_t \sim IID(0, \hat{\sigma}_\varepsilon^2)$ şeklindedir.

Modelin ilk aşamasında Y_t trendli ve sabitli model regresyonu hesaplandıktan sonra ε_t elde edilmektedir. Elde edilen kalıntılar için kısmi süreç toplamı hesaplanmaktadır.

$$S_t = \sum_{t=1}^T \varepsilon_t \quad t=1,2,3,\dots,T \quad (2.11)$$

Seride deterministik trend bulunmuyorsa, Y_t 'in sadece sabitli üzerinden modelleme yapılır. Bu durumda LM denklemi,

$$LM = \sum_{t=1}^T s_t^2 / \hat{\sigma}_\varepsilon^2 \quad (2.12)$$

olarak formüle edilmektedir. Denklemden, $\hat{\sigma}_\varepsilon^2$ ε_t 'nin varyansını ifade etmektedir ve

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \sum \varepsilon_i^2 / T \quad (2.13)$$

şeklinde hesaplanır. Kalıntılar birbirleri ile otokorelasyonlu olabileceğinden $\hat{\sigma}_\varepsilon^2$ tutarlı tahmini $s^2(\ell)$ hataları kullanılarak hesaplanabilmektedir. Denklem modifiyeli hali 2.14'teki gibi olmaktadır.

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \sum \varepsilon_i^2 / s^2(\ell) \quad (2.14)$$

Denklemden yer alan $s^2(\ell)$ 'nin hesaplanması,

$$s^2(\ell) = T^{-1} \sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2 + 2T^{-1} \sum_{s=1}^{\ell} w(s, \ell) \sum_{t=s+1}^T \varepsilon_t \varepsilon_{t-s} \quad (2.15)$$

şeklindedir. Burada $w(s, \ell)$ ağırlaştırılmış opsiyonel fonksiyondur. Yani, Bartlet window olarak atıfta bulunmaktadır. $w(s, \ell)$ Spektral yoğunluk fonksiyonu ile bulunmaktadır ve

$$w(s, \ell) = 1 - s/(\ell + 1) \quad (2.16)$$

gibi hesaplanmaktadır. $s^2(\ell)$ 'nin tutarlı buluma bilmesi için Truncation (sınırlı gecikme) parametresi $\ell \rightarrow \infty$ belirlenmesi zorunlu kılınmaktadır. Bu nedenle, $\ell = o(T^{1/2})$ oranı ile hem alternatif hem sıfır hipotezi kurulmalıdır. Kalıntıların bulunmaması gerekmektedir (IID). Böylelikle, test istatistiği T^2 ile normalize edilmekte ve KPSS için denklem 2.17'deki gibi kurulmaktadır.

$$\hat{\eta}_\mu = T^{-2} \sum_{t=1}^T s_t^2 / s^2(\ell) \quad (2.17)$$

Denklemden deterministik kısım eklendiği durumda $\hat{\eta}_\mu$ yerine $\hat{\eta}_\beta$ hesabı yapılmalıdır. Elde edilecek değerin simülasyon sonucu kritik değer ile karşılaştırılarak serinin birim kök içerip içermediğine karar verilir (Sevüktekin ve Nargeleçkenler, 2010).

2.1.1.4. Fourier ADF (Enders ve Lee, 2012)

FADF birim kök testi Walter Enders ve Junsoo Lee tarafından 2012 yılında yayımlanan bir makalede önerilmektedir. İlgili yayımda DF tipi regresyon çerçevesinde, deterministik terimde Fourier sistemine dayalı Fourier LM ve DF-GL birim kök testleri önerilmektedir. Bu testi zaman serilerinin durağanlığını belirlerken, seride meydana gelen doğrusal olmayan trendleri ve kırılmaları trigonometrik bileşenlerin ekleyerek analiz etmektedir. 2.18 numaralı denklemdeki Dickey-Fuller testi, $\alpha(t)$ olarak gösterilen belirleyici terim, zamanla değişen bir fonksiyondur (Enders ve Lee 2012).

$$y_t = \alpha(t) + \rho y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.18)$$

2.18 numaralı denklemde ε_t , varyansı σ^2 olan sabit bir rahatsız edici (bozucu) terimdir ve $\alpha(t)$, t 'nin zamana bağımlı bir belirleyici işlevi olduğu zaman bağımlı bir fonksiyondur. $\alpha(t)$ nin formu bilinmediğinde, $\alpha(t)$ yanlış belirtilmişse $\rho = 1$ için herhangi bir test sorunlu olur. Burada $\alpha(t)$ 'nin bilinmeyen işlevsel formunun bir yaklaşımı olarak, Fourier genişlemesini odaklanılmıştır (Enders ve Lee 2012).

$$\alpha(t) = \alpha_0 + \sum_{k=1}^n a_k \sin(2\pi kt/T) + \sum_{k=1}^n a_k \cos(2\pi kt/T) \quad (2.19)$$

$$n \leq T/2$$

Burada n , yaklaşımda bulunan frekansların sayısını temsil eder, k belirli bir frekansı temsil eder ve T gözlemlerin sayısını temsil eder.

Eğer ki $\alpha_1 = \beta_1 = \dots = \alpha_n = \beta_n = 0$ ise, süreç doğrusaldır ve geleneksel birim kök test metodolojileri uygun olacaktır. Ancak, bir kırılma veya doğrusal olmayan bir trend varsa, en az bir Fourier frekansının veri üretim sürecinde bulunması gerekir. Bu nedenle, $\alpha(t)$ nin belirli bir formunu varsaymak yerine, 2.19 numaralı denkleme dahil ederek uygun frekansları seçmek önemlidir.

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + c_1 + c_2 t + c_3 \sin(2\pi kt/T) + c_4 \cos(2\pi kt/T) + \varepsilon_t \quad (2.20)$$

2.20 numaralı denklem de $\rho=0$ için kurulacak sıfır hipotezi $\tau_{DF,t}$ ile gösterilmektedir. DF versiyon testlerinin asimptotik özellikler, testin LM versiyonundan bir farkı bulunmamakta olup ve asimptotik dağılım göstermemesi kararı alınmıştır. Önemli olan husus, birim kökün sıfır hipotezi için kritik değerleri, diğer versiyon testlerinde olduğu gibi sadece frekans k ve örneklem büyüklüğü T 'le ilişkilidir. Bununla birlikte, bu kritik değerler Fourier'in veya tanımlanmış diğer terimlerin katsayılarına bağlı değildir. Dolayısıyla kritik değerleri simülasyonlar aracılığıyla hesaplanabilmektedir. Araştırmacı k değerini belirlemeye hazır olduğunda aşağıdaki adımları izleyerek testi doğrudan bu kritik değerleri kullanarak gerçekleştirebilir. k 'nın değeri tahmin edildikten sonra F testi araştırılmalıdır:

Adım 1: 1 ile 5 arasındaki tüm tam sayı değerleri için (2.20) tahmin edin. En küçük hata kareler ortalamasına sahip regresyon k 'yi verir. Eğer artıklar ardışık bağlantı gösteriyorsa, 2.20 numaralı denklemde verilen model Δy_t 'ın gecikmeli değerleri ile genişletilebilir.

Adım 2: doğrusal olmayan durumlardan dolayı F testi direk uygulanmamaktadır. Sıfır hipotezine $c_3=c_4=0$ şeklinde F testi uygulanmalıdır. Birim kök sıfır hipotezi uygulandığında F istatistiğinin dağılımı standart değildir. F'nin istatistik değeri kritik değerden küçükse, doğrusal bir eğilimi ifade eden sıfır hipotezi rededilmiyor. Bu durumda, genellikle doğrusal Dickey-Fuller testini önerilmektedir (Enders ve Lee 2012).

2.1.2. Kırılmalı Birim Kök Testleri

Durağan dışılığın nedenlerinden biri de ana kütle regresyon denklemi boyunca farklı örneklemelerde meydana gelen yapısal kırılmalarıdır. Yapısal kırılmalar, farklı tarihlerde regresyon katsayılarında meydana gelen kesikli değişimlerden

oluşabilmektedir, bir de uzun dönem zaman serisi katsayılarında kademeli olarak oluşmaktadır (Sevüktekin ve Nagaleçekenler, 2010).

2.1.2.1. Yapısal Kırılmanın Tanımı

Yapısal kırılmalı birim kök testleri, zaman serisi verilerinde yapısal değişikliklerin var olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan bir istatistiksel testtir. Geleneksel birim kök testleri, serinin durağan olup olmadığını belirlemek için kullanılırken, yapısal kırılmalı birim kök testleri, verinin zaman içinde belirli noktalarda yapısal kırılmalar (örneğin ekonomik krizler, politika değişiklikleri) yaşayıp yaşamadığını da dikkate almaktadır. Yapısal kırılmaların varlığı, geleneksel birim kök testlerinin sonuçlarını yanıltıcı hale getirebilmekte, bu nedenle yapısal kırılma olan bir seri kırılmalı birim kök testleri ile sınanması gerekmektedir.

Yapısal kırılma düzeyde üç şekilde karmıza çıkmaktadır; sabitli (intercept, model A), trendli (trend, model B), hem düzeyde hem trendli (trend and intercept model C) (Mert ve Çağlar, 2019, s.97-100). Kırılmalı birim kök testleri genellikle geleneksel birim kök testleri ile sınanmaktadır.

Kırılma biçimleri alternatif hipotez kapsamında aşağıdaki gibi özetlene bilmektedir. Burada T_b kırılma zamanını ifade etmektedir.

Model A: Kırılmanın düzeyde gerçekleştiği durum.

$$DU_t(T_b) = \begin{cases} 1, & t > T_b \\ 0, & t \leq T_b \end{cases}, \quad t=1,2,3,\dots, \quad (2.21)$$

Burada $DU_t(T_b)$ Kırılma zamanına kadar 0, kırılma zamanından sonra 1 değerini alan bir kukla değişken olmaktadır.

Model B: Kırılma değişkeninin trendde gerçekleşmesi.

$$DT_t(T_b) = \begin{cases} t - T_b, & t > T_b \\ 0, & t \leq T_b \end{cases}, \quad t=1,2,3,\dots,T \quad (2.22)$$

$DU_t(T_b)$ Kırılma zamanına kadar 0, kırılma zamanından sonra 1,2,3,...,T değerini alan bir Kukla değişken değişken olmaktadır.

Model C: Kırılma değişkeninin tek bir zaman için gerçekleşme durumu.

$$D_t(T_b) = \begin{cases} 1, & t = T_b + 1 \\ 0, & t \neq T_b + 1 \end{cases}, \quad t=1,2,3,\dots,T \quad (2.23)$$

$D_t(T_b)$ Kırılma zamanından sonraki gözlem Kukla değişken için alacağı değer 1, diğerleri için alacağı değer 0 olmaktadır.

Yapısal kırılma testleri mevsimlik bulunmaya serilere uygulanmaktadır. Eğer mevsimsellik varsa TRAMO/SEATS benzeri yöntemler kullanılarak önce seri arındırılmalıdır. Zaman serilerin 'deki meydana gelen kesikli değişimler ve ya regresyon katsayılarındaki kırılmaları test ederken bilmemiz gereken başka bir önemli ayrıntı kırılma tarihinin bilinip bilinmediğidir. Kırılma tarihinin bilindiği varsayımına dayanır ise Perron (1989) testini sınamamız gerekmektedir. Eğer kırılma tarihi bilinmiyor ise Zivot-Andrews (1992) sınana bilmektedir (Sevüktekin ve Nageleşkenler, 2010).

2.1.2.2. Perron (1989) Tek Kırılmalı Birim Kök Testi

Perron 'a (1989) göre kırılmalar 4 farklı modelde gerçekleşecektir. Model O, trendsiz bir seride düzeyde kırılmayı tek bir zaman için dikkate almaktadır; Model A, trendli serilerde düzeydeki kırılmaları dikkate almaktadır; Model B, trendli serilerde trendde meydana gelen kırılmayı dikkate almaktadır; Model C, düzeyde kırılma ile trenddeki kırılmayı beraber dikkate almaktadır. Bahsi geçen kırılmaları inovasyonel test stratejisi (İTS) ve toplumsal test stratejisi (TTS) olaraktan iki farklı test stratejisi yardımıyla test etmek mümkündür (Mert ve Çağlar, 2019, s.127).

İnovasyonel test stratejisi (İTS): kırılmaları kademeli olarak dikkate almaktadır. İTS'ye göre model denklemleri 2.24, 2.25, 2.26 ve 2.27 numaralı denklemlerde verilmektedir.

Model O: Trendsiz ve düzeyde kırılma

$$y_t = \mu + \beta t + \theta DU_t(T_b) + \omega D_t(T_b) + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^{k'} c_i \Delta y_{t-i} + u_t \quad (2.24)$$

Model A: Trendli ve düzeyde kırılma

$$y_t = \mu + \beta t + \theta DU_t(T_b) + \omega D_t(T_b) + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^{k'} c_i \Delta y_{t-i} + u_t \quad (2.25)$$

Model B: Trendli seride trendde kırılma

$$y_t = \mu + \beta t + \gamma DT_t(T_b) + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^{k'} c_i \Delta y_{t-i} + u_t \quad (2.26)$$

Model C: Trendli serilerde trendde ve düzeyde kırılma

$$y_t = \mu + \beta t + \theta DU_t(T_b) + \gamma DT_t(T_b) + \omega D_t(T_b) + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^{k'} c_i \Delta y_{t-i} + u_t \quad (2.27)$$

Modellerde yer alan μ terimi sabit terimi ifade etmektedir. Kırılma türüne ve k gecikmeli DF denklemleri de 2.24, 2.25 ve 2.26 numaralı denklemde gösterilmektedir. Buradaki mantık k gecikmeli DF ye göre ADF uygulanmasıdır. Bu nedenle sıfır hipotezi “Seri birim kök içermektedir. (durağan değildir)” şeklinde kurulmamaktadır (Mert ve Çağlar, 2019 s.128).

Toplamsal test stratejisi (TTS): İTS’nin tam tersi kırılmanın aniden ve şokların toplamı olarak gerçekleştiğini varsaymaktadır. TTS’ye ilişkin denklemler 2.28, 2.29, 2.30 ve 2.31’ te gösterilmektedir.

Model O: Trendsiz ve düzeyde kırılma

$$y_t = \mu + \theta DU_t(T_b) + y_t^* \quad (2.28)$$

Model A: Trendli ve düzeyde kırılma

$$y_t = \mu + \beta t + \theta DU_t(T_b) + y_t^* \quad (2.29)$$

Model B: Trendli seride trendde kırılma

$$y_t = \mu + \beta t + \gamma DT_t(T_b) + y_t^* \quad (2.30)$$

Model C: Trendli serilerde trendde ve düzeyde kırılma

$$y_t = \mu + \beta t + \theta DU_t(T_b) + \gamma DT_t(T_b) + y_t^* \quad (2.31)$$

y_t^* Kalıntıları ifade etmekte ve kalıntılara (y_t^*) ADF birim kök testi uygulanmaktadır. Bu nedenle sıfır hipotezi “Seri birim kök içermektedir. (durağan değildir)” şeklinde kurulmamaktadır. Her iki test stratejisinde de sıradan birim kök testi sonucunda bulunan durağan dışılık fakat durağan olması anlamlı yapısal kırılmaların olduğunu göstermektedir. Kalıntıları denklemleri *Model O, A ve C* için 2.28 ‘da ve *Model B* için de 2.30 numaralı denklemlerde gösterilmektedir;

$$y_t^* = \sum_{i=0}^k \omega_i D_{t-1}(T_b) + \alpha y_{t-1}^* + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i}^* + u_t \quad (2.32)$$

Model B: için eşitlik

$$y_t^* = \alpha y_{t-1}^* + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i}^* + u_t \quad (2.33)$$

şeklinde gösterilmektedir (Mert ve Çağlar 2019, s.129).

2.1.2.3. Zivot ve Andrews (1992) Kırılmalı Birim Kök Testi

Zivot ve Andrews (1992) diğer birim kök testlerinden farklı olarak kırılma zamanı bilinmemektedir. 3 modeli temel alarak ilerlemektedir. ZA testi Perron'a göre kırılma tarihini içsel olarak belirlemekte bu da ZA testini daha kapsamlı bulmaktadır.

Perron (1989)'daki yapısal kırılmanın zamanının T_b tek bir noktada meydana geldiği varsayımının Zivot ve Andrews (1992) modifiye ederek kırılma varsayımının bilinmediği varsayımı üzerinde durmaktadır. Yani, ZA testi zaman serisinde meydana gelen kırılmaların endojen (içsel) olarak tahmin edildiği varsayımıyla ilerlemektedir.

ZA yaklaşımı 3 model ile açıklanırken (Model A, Model B ve Model C) her model için sıfır hipotezi denklemdeki,

$$Y_t = \mu + Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.34)$$

gibi yapısal kırılmalar içermeyen ve birinci dereceden farkı alınmış (I(1)) olan kayan rassal yürüyüş modeli şeklinde açıklanmaktadır.

Yokluk hipotezinde, serisel yapıda kırılma olamadan entegre olduğunu düşünüldüğünden, alternatif hipotez Y_t 'nin kırılma zamanını bilinmediği trend durağan süreç tarafından açıklandığını varsayar. ZA (1992) alternatif hipoteze ola bildiğince ağırlığı vererek kırılma yansımasını (λ) tahmin etmektedir. Bir başka ifadeyle, test istatistiğinin aldığı küçük değer hipotezin red edilmesi sonucuna vara bildiğinden nispi kırılma yansıması (λ) $i=A,B,C$ modelleri için $\hat{\phi}_1^{(i)}=1$ veya $\hat{\delta}^{(i)}=0$ tek yanlı en düşük t istatistiğini sonuçlandıran değer olarak seçile bilmektedir. Bu durumda en küçük t değerini $i=A,B,C$ modelleri için kırılma yansıması,

$$t_{\hat{\delta}} \left[\hat{\lambda}_{inf}^{(i)} \right], \quad \hat{\lambda} = T_b \quad (2.35)$$

olarak tanımlana bilmektedir (Sevüktekin ve Nagaleçekenler, 2010). Bu durumda, birim kök testi için kurulacak olan denklemler aşağıda gösterildiği gibi kurula bilmektedir.

Model A: Düzeyde gerçekleşen kırılmalar için (Break in intercept)

$$Y_t = \mu + \beta t + \phi_1 Y_{t-1} + \gamma_2 DU_t^*(\hat{\lambda}) + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (2.36)$$

Eğer, $\delta = \phi_1 - 1$ olarak tanımlayacak olursak denklem alternatif olarak aşağıdaki gibi kurulabilmektedir.

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \gamma_2 DU_t(\hat{\lambda}) + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (2.37)$$

Model B: Trendde gerçekleşen kırılmalar için (break in trend)

$$Y_t = \mu + \beta t + \phi_1 Y_{t-1} + \gamma_3 DT_t^*(\hat{\lambda}) + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (2.38)$$

Eğer, $\delta = \phi_1 - 1$ olarak tanımlayacak olursak denklem alternatif olarak aşağıdaki gibi kurulabilmektedir.

$$Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \gamma_3 DT_t^*(\hat{\lambda}) + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (2.39)$$

Model C: Hem düzeyde hem trendde gerçekleşen kırılmalar için (break in both)

$$Y_t = \mu + \beta t + \phi_1 Y_{t-1} + \gamma_2 DU_t(\hat{\lambda}) + \gamma_3 DT_t(\hat{\lambda}) + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (2.40)$$

Eğer, $\delta = \phi_1 - 1$ olarak tanımlayacak olursak denklem alteranatif olarak aşağıdaki gibi kurulabilmektedir.

$$Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \gamma_2 DVU_t(\hat{\lambda}) + \gamma_3 DVT_t(\hat{\lambda}) + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (2.41)$$

Kukla değişken $t > T\hat{\lambda}$ iken, $DU_t(\hat{\lambda})$ aldığı değer 1 olmakta, $t \leq T\hat{\lambda}$ olduğundaysa $DU_t(\hat{\lambda})$ aldığı değer 0 olmaktadır. Diğer kukla değişkenlerde $t > T\hat{\lambda}$ iken DT_t^* aldığı değer $t - T\hat{\lambda}$ alırken $t \leq T\hat{\lambda}$ olduğunda $DT_t^* = 0$ değerinin almaktadır.

ZA'nın kırılma zamanı $\hat{\lambda}_{inf}^{(i)}$ ve $t_{\hat{\delta}}$ en düşük aldığı değer üzerinden $T_b = T\hat{\lambda}$ olarak belirlenmektedir. Bu durumda kırılma zamanı $T_b = [\lambda_0 T], [\lambda_0 T] + 1, [\lambda_0 T] + 2, \dots, T - [\lambda_0 T]$ olarak hesaplanmaktadır. Gecikme sayısı p ise ADF ye benzer şekilde karar verilebilir. ZA yaklaşımında λ 'nın değeri $2/T$ 'den $(T-1)/T$ 'ye kadar değişkenlik gösterebilmektedir (Sevüktekin ve Nagaleçekenler, 2010).

Genel özet yapılacak olursa Zivot ve Andrews (1992)'daki ana mantık yukardaki modelleri kullanarak ADF birimkök sınaması yapıp durağan dışılık kırılmaların bir sonucu mudur değil midir ona karar vermektir (Mert ve Çağlar, 2019).

2.2. EŞBÜTÜNLEŞME TANIMI

Granger (1987) çalışmasıyla Eşbütünleşmeyi modellemeye başlamakla beraber anlamlı sonuçları üretmek dahada kolay bir hal almıştır. *Eğer bir zaman serisinin (X) geçmiş değerleri, başka bir serinin (Y) gelecekteki değerlerini tahmin etmede anlamlı bilgi sağlıyorsa, X serisinin Y serisini Granger anlamında nedensel olarak etkilediği söylenir(a.g.e).* Granger nedenselliği, bir zaman serisinin gelecekteki değerlerinin tahmininde başka bir zaman serisinin geçmiş değerlerinin katkısını değerlendirir. Eğer X

serisinin geçmiş değerleri Y serisinin gelecekteki değerlerini tahmin etmede anlamlı bilgi sağlıyorsa, X serisinin Y serisini Granger anlamında etkilediği sonucuna varılır. Ancak, bu nedenselliğin gerçek anlamda bir sebep-sonuç ilişkisi olduğunu göstermez, sadece bir öngörü ilişkisi olduğunu belirtilmektedir (Granger, 1987).

2.3. ARDL SINIR TESTİ

ARDL (Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif) Eş bütünleşme yaklaşımı, Pesaran, Shin ve Smith (2001) önerilmiştir, zaman serisi değişkenleri arasındaki uzun vadeli ilişkiyi incelemek için kullanılan bir metodolojidir. Farklı derecelerde bütünleşmiş değişkenlerle çalışırken, I(0) veya I(1) olabilirler, oldukça kullanışlıdır (Pesaran ve ark 2001). Bu esneklik, ARDL yaklaşımının en önemli avantajlarından biridir. y_t bağımlı değişken x_j , $t_j = 1, \dots, k$ bağımsız değişkeni ARDL(p, q1, ..., p) iken model 2.42 numaralı denklemdeki verilmektedir (Mert ve Çağlar, 2019, s. 280).

$$y_t = a_0 + a_1 t + \sum_{i=1}^p \psi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^k \sum_{l_j=1}^{p_j} \beta_{i,l_j} \Delta y_{t-1} + x_{j,t-l_j} + \varepsilon_t \quad (2.42)$$

Denklemde yer alan a_0 sabiti, a_1 doğrusal trend katsayısını, ψ_i bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerinin katsayılarını ($i=1, \dots, p$), β_{i,l_j} , k bağımsız değişkenlerin gecikmeli değerlerinin katsayılarını, ε_t ise hata terimini göstermektedir. ARDL denkleminin gecikme uzunluklarına AIC, CIS, HQ yada R^2 bilgi kriterlerine bakılarak karar verilmektedir. Bilgi kriterlerinin ya da belirleme katsayısının belirtildiği modelde serisel korelasyon, değişen varyans, spesifikasyon ya da normallik sorunu olmamalı seri istikrarlı olmalıdır. Pesaran, Shin ve Smith (2001) 2.42 numaralı denklemde ARDL denklemi üzerinden yola çıkarak 5 farklı koşullu hata düzeltme modeli önermiş ve seriler arası eşbütünleşik ilişkiyi sınır testi yardımıyla modeller üzerinden sınamıştır (Mert ve Çağlar, 2019, s. 280).

Model 1: Sabitsiz ve trendsiz model

$$\Delta y_t = a_0 + b_0 y_{t-1} + \sum_{j=1}^k b_j x_{j,t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} c_{0,i} \Delta y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \sum_{l_j=1}^{p_j-1} c_{j,l_j} \Delta x_{j,t-l_j} + \sum_{j=1}^k d_j \Delta x_{j,t} + \varepsilon_t \quad (2.43)$$

2.43'deki modelin hata düzeltme denklemi ise,

$$EC_t = y_t - \sum_{j=1}^k \frac{b_j}{b_0} x_{j,t}$$

şeklinde dir. Seriler arası eşbütünleşme yok ise aşağıdaki hipotez reddedilemeyecektir.

$H_0: b_0 = b_j = 0, \forall_j$ (eşbütünleşme yoktur)

Model 2: kısıtlı sabitli ve trendsiz

$$\Delta y_t = a_0 + b_0 y_{t-1} + \sum_{j=1}^k b_j x_{j,t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} c_{0,i} \Delta y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \sum_{l_j=1}^{p_{j-1}} c_{jl_j} \Delta x_{j,t-l_j} + \sum_{j=1}^k d_j \Delta x_{j,t} + \varepsilon_t \quad (2.44)$$

2.44'deki modelin hata düzeltme denklemi ise,

$$EC_t = y_t - \sum_{j=1}^k \frac{b_j}{b_0} x_{j,t} - \frac{a_0}{b_0}$$

şeklindedir, Seriler arası eşbütünleşme yok ise aşağıdaki hipotez reddedilemeyecektir.

$H_0: a_0 = b_0 = b_j = 0, \forall_j$ (eşbütünleşme yoktur)

Model 3: sabitli ve trendsiz

$$\Delta y_t = a_0 + b_0 y_{t-1} + \sum_{j=1}^k b_j x_{j,t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} c_{0,i} \Delta y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \sum_{l_j=1}^{p_{j-1}} c_{jl_j} \Delta x_{j,t-l_j} + \sum_{j=1}^k d_j \Delta x_{j,t} + \varepsilon_t \quad (2.45)$$

2.45 numaralı denklemde modelin hata düzeltme denklemi ise,

$$EC_t = y_t - \sum_{j=1}^k \frac{b_j}{b_0} x_{j,t}$$

şeklindedir. Seriler arası eşbütünleşme yok ise aşağıdaki hipotez reddedilemeyecektir.

$H_0: b_0 = b_j = 0, \forall_j$ (eşbütünleşme yoktur)

Model 4: sabitli ve kısıtlı trendli

$$\Delta y_t = a_0 + b_0 y_{t-1} + \sum_{j=1}^k b_j x_{j,t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} c_{0,i} \Delta y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \sum_{l_j=1}^{p_{j-1}} c_{jl_j} \Delta x_{j,t-l_j} + \sum_{j=1}^k d_j \Delta x_{j,t} + \varepsilon_t \quad (2.46)$$

2.46 numaralı denklemde modelin hata düzeltme denklemi ise,

$$EC_t = y_t - \sum_{j=1}^k \frac{b_j}{b_0} x_{j,t} - \frac{a_1}{b_0} t$$

şeklindedir. Seriler arası eşbütünleşme yok ise aşağıdaki hipotez reddedilemeyecektir.

$H_0: b_0 = b_j = 0, \forall_j$ (eşbütünleşme yoktur)

Model 5: sabitli ve trendli

$$\Delta y_t = a_0 + a_1 t + b_0 y_{t-1} + \sum_{j=1}^k b_j x_{j,t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} c_{0,i} \Delta y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \sum_{l_j=1}^{p_{j-1}} c_{jl_j} \Delta x_{j,t-l_j} + \sum_{j=1}^k d_j \Delta x_{j,t} + \varepsilon_t \quad (2.47)$$

2.47'deki modelin hata düzeltme denklemi ise,

$$EC_t = y_t - \sum_{j=1}^k \frac{b_j}{b_0} x_{j,t}$$

şeklinde. Seriler arası eşbütünleşme yok ise aşağıdaki hipotez reddedilemeyecektir.

$$H_0: b_0 = b_j = 0, \forall_j \text{ (eşbütünleşme yoktur)}$$

Pesaran ve diğerleri (2011), geliştirdikleri 5 model için elde edilen istatistiklerin standart F sonuçlarına uymadıklarını belirtmişlerdir. Bu nedenle, diğer tüm değişkenlerin düzeyinde durağan (I(0)) veya birinci farkta durağan (I(1)) varsayıldığı alt ve üst sınır kritik değerleri, farklı yanılma düzeyleri için ve gözlemlerinde asimptotik olarak sonsuzluk süreci üretmişlerdir. F sınır testi üç senaryo için denlenmektedir; 1) F sınır testi kritik değeri I(0) dan küçük sıfır hipotezi red edilmemekte eşbütünleşme ilişkisi yoktur 2) F sınır testi kritik değeri I(1) den küçük sıfır hipotezi red edilecek eşbütünleşme ilişkisi bulunacaktır. 3) F sınır testi kritik değerlerin aralığındadır bu nedenle eşbütünleşmenin varlığına karar verilememektedir (Mert ve Çağlar, 2019, s. 282).

Narayan (2005), tarafından PSS (2001) karşı küçük örnekler için tekrardan alt ve üst sınırlar üretilmiştir. Bu nedenle küçük örnekler için Naraya'nın (2005) önerdiği kritik değerler kullanılmaktadır. Yokluk hipotezinin kabul edilmesiyle eşbütünleşme ilişkisi olmayacağı anlamına gelir burada H_0 hipotezini alternatif yapısı önem kazanmaktadır. Katsayıların tümünün sıfıra eşit olduğu yokluk hipotezi; katsayıları birinin sıfırdan farklı çıkması birkaçını ya da hepsinin sıfırdan farklı çıkmasında elenecektir. Eşbütünleşmenin olduğunu söyleyebilmek için tümünün sıfırdan farklı olması gerekmektedir. F testi sonucu eşbütünleşme görülür ise gerçekliğini t sınır testi ile test etmek mümkün olmaktadır (Mert ve Çağlar, 2019, s. 284).

Bir zaman serisi Y ve X farklı derecelerden tümeleşikse, bu durumda Y ile X'in regresyonundaki hata terimi durağan değildir ve regresyonun dengeli olmadığı ifade edilmektedir. Diğer taraftan değişkenler tümeleşik olursa regresyon denklemi tümeleşik olacağı ifade edilmektedir (Gujarati, 2016, s. 348).

Engel ve Granger, (1969) anlamsız serilerde anlamlı sonuçlar üzerine araştırma yapmış ve sahte regresyona ulaşmıştır. Uygulama araştırmacıları, sadece durağan serileri modellemişler durağan dışılıktan kaçınmışlardır. Nedensellik analizi, belirli bir olay veya değişkenin (nedenin) başka bir olay veya değişken (sonuç) üzerindeki etkisini belirlemeye yönelik bir süreçtir. Bu analiz, iki veya daha fazla değişken arasındaki nedensel ilişkiyi anlamak ve açıklamak amacıyla kullanılır. Nedensellik analizinin temel amacı, korelasyonun ötesine geçerek, bir olayın diğerini gerçekten tetikleyip tetiklemediğini ortaya koymaktır (Granger, 1969).

Bir zaman serisinin geçmiş değerlerinin başka bir zaman serisinin gelecekteki değerleri üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunda, iki seri arasında nedensellik ilişkisi var demektir. Bu tür nedensellik ilişkilerinin tespit edilmesi, zaman serisi analizi ve ekonometrik modellemede önemli bir adımdır.

2.4. GRANGER NEDENSELLİK ANALİZİ

Granger (1969) çalışması ile literatüre kazandırdığı bu çalışmadaki temel düşünce, bir değişkenin cari dönemdeki değeri açıklanırken bir başka değişkenin gecikmeli değerleriyle açıklanmasına katkı sağlıyorsa değişkenler arası bir nedensellik ilişkisi olduğu söylenebilir (Mert ve Çağlar, 2019, s.284).

$$y_t + \alpha_0 x_t = \delta_1 + \sum_{i=1}^n \alpha_i x_{t-i} + \sum_{k=1}^m \theta_k y_{t-k} + e_{yt} \quad (2.48)$$

$$y_t + \vartheta_0 x_t = \vartheta_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i x_{t-i} + \sum_{k=1}^m \vartheta_k y_{t-k} + e_{yt} \quad (2.49)$$

2.48 ve 2.49 numaralı denklemler için $\alpha_0 = \vartheta_0 = 0$ ise nedensellik modeli geçerlidir. Aksi durumda anlık nedensellik modellerine bakılır. Sıfır hipotezi $\sum_{i=1}^n \alpha_j = 0$ burada hipotez “ x_t, y_t ‘nin nedeni değildir’”. Alternatif hipotez ise $\sum_{i=1}^n \alpha_j \neq 0$ yani “ x_t, y_t ‘nin nedenidir’” şeklinde ifade edilmektedir ve 4 farklı sonuç ortaya koyar (Mert ve Çağlar, 2019, s. 284).

- x, y ’nin Granger nedenidir.
- y, x ’in Granger nedenidir
- x ve y arasında Granger nedensellik yoktur.
- x ve y arasında çift yönlü nedensellik var.

Granger nedensellik analizi sayesinde değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerinin yönünü tespit edilmektedir. Özellikle zaman serileri analizlerinde

araştırmacıların sıklıkla tercih ettiği bir analizdir. Bu analiz evre, ekonomi, enerji benzeri alanlarda sebep sonuç ilişkilerini test ederek teorik temeller ve n savlara ilişkin araştırmacılara bilgi sağlamaktadır.





ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

**TÜRKİYE'DE ORMANCILIK ALANLARI YÜK KAPASİTESİ EĞRİSİ
HİPOTEZİNİN GEÇERLİLİĞİNİN SINANMASI: ARDL SINIR TESTİ VE
GRANGER NEDESELLİK YAKLAŞIMI**

3.1. LİTERATÜR TARAMASI

LCC (Yük Kapasitesi Eğrisi Hipotezi) literatürü incelendiğinde, çevre kalitesiyle ilgili çalışmalarda hipotezi doğrulayan araştırmalara bulunmaktadır. Bu çalışmada, LCC hipotezi çerçevesinde insan sermayesi, yenilenebilir enerji, yenilenemeyen enerji ve çevresel ayak izi (LCF) arasındaki ilişkilere odaklanan, yayımlanmış çalışmalardan bazıları incelenmektedir.

Literatürdeki çalışmalar:

- Çağlar, vd., (2024): Çalışmalarında, Türkiye'de Yük Kapasitesi Eğrisi (LCC) Hipotezi'nin varlığı ARDL yöntemi ile analiz edilmiştir. Araştırmada, temiz enerji teknolojilerinin çevre kalitesi üzerindeki etkilerini de incelemektedir. Çalışma, LCF (biyolojik kapasite/ekolojik ayak izi) kullanarak çevre kalitesine dair farklı bir perspektif sunmaktadır. Bulgular, ekonomik büyüme ile yük kapasitesi arasında U şeklinde bir ilişki olduğunu ve bu ilişkinin LCC hipotezini desteklediğini göstermektedir.
- Pata ve Kartal, (2023): Çalışmada biyolojik kapasite ve ekolojik ayak izi üzerine odaklanılmış, LCC hipotezi aracılığıyla enerji üretimi ve tüketiminin çevresel etkileri incelenmiştir. Araştırma, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel göstergeler üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Gelir düzeyinin çevresel bozulmayı artırabileceği sonucuna varılmış ve LCC hipotezinin geçerliliği desteklenmiştir.
- Güloğlu, vd., (2023): Çalışmalarında, OECD ülkelerinde LCC hipotezini ele alarak, ekonomik büyüme ile uzun dönem çevre kalitesi (LCF) arasındaki U şeklindeki ilişkiyi araştırmaktadır. Çalışma, bu hipotezi analiz etmek için yeni bir yöntem olan Qantil Ortak İlişkili Etkiler Ortalama Grup (QMG) tahmincisini kullanmaktadır. Bu yöntem, gelir ve çevre kalitesi arasındaki dinamikleri daha detaylı bir şekilde incelemeye olanak tanır. Bulgular, OECD ülkelerinde gelir düzeyi arttıkça çevresel kalitenin başlangıçta bozulduğunu, ancak belirli bir gelir seviyesinin üzerinde iyileşmeye başladığını gösteren U şeklindeki ilişkiyi doğrulamaktadır. Bu sonuçlar, LCC hipotezinin bu ülkelerde geçerli olduğunu ve ekonomik büyüme ile çevre kalitesi arasındaki ilişkinin zaman içinde değiştiğini ortaya koymaktadır.
- Ayad, (2023): Ayad'ın 2023 yılında yaptığı çalışma, LCC hipotezini G7 ülkelerinin deniz ekosistemleri bağlamında incelemektedir. Bu çalışmada, gelir

ile balıkçılık alanlarının yük kapasitesi eğrisi arasındaki U şeklindeki ilişkiye odaklanılmaktadır. Ayad, bu ilişkiyi analiz etmek için iki farklı ekonometrik yaklaşım kullanmıştır: PMG-ARDL ve CS-ARDL. Sonuçlar, G7 ülkelerinde gelir arttıkça balıkçılık alanlarının başlangıçta daha fazla sömürüldüğünü, ancak belirli bir gelir düzeyinin üzerinde ekosistem yük kapasitesinin iyileşmeye başladığını göstermektedir. Bu bulgular, LCC hipotezinin deniz ekosistemlerinde geçerli olduğunu ve ekonomik büyümenin deniz kaynakları üzerindeki etkilerini dengelemenin mümkün olduğunu ortaya koymaktadır.

- Ayad ve Lefilef, (2023): Ayad ve Lefilef'in çalışması, LCC hipotezini Çin'in deniz ekosistemi üzerinde uygulamaktadır. Çalışmada, Fourier Otoregresif Dağıtılmış Gecikmeler (FARDL) tahmincisi kullanılmıştır. Bu yöntem, zaman serisi verilerinin daha karmaşık ve dinamik ilişkilerini analiz etmek için uygundur. Araştırma, balıkçılık alanlarının LCC hipotezini doğruladığını ve Çin'de gelir seviyeleri ile deniz koşulları arasında doğrusal bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Bulgular, ekonomik büyümenin belirli bir noktada deniz ekosistemleri üzerindeki baskıyı azaltabileceğini ve sürdürülebilir balıkçılık uygulamalarının geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

3.2. LCC LİTERATÜRÜ

Çevre kalitesi üzerine yapılan çalışmalarda, son yıllarda çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik gelişim arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmaların sayısında bir artış gözlemlenmektedir. Yük kapasitesi eğrisi (LCC) hipotezi, bu bağlamda önemli bir konu haline gelmiştir. Pata ve Kartal (2023) yılında LCC hipotezini Güney Kore örneği bağlamında önerdikten sonra, bu hipotez farklı araştırmacılar tarafından da ilgi çekici hale gelmiş ve çevre sürdürülebilirliği çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır (Pata ve Kartal, 2023).

3.2.1. LCC Hipotezine İlişkin Teorik Temel

LCC Hipotezi, gelirin başlangıç aşamalarında çevre kalitesinin bozulma eğilimi gösterdiğinin, ancak belirli bir dönüm noktasında ulaşıldığında bu sorunun giderildiğini öne sürmektedir. Hipotez, ÇKE hipotezine biyokapasite ve ekolojik ayak izini ekleyerek, daha kapsamlı bir analiz yapmayı önermekte ve gelir ile ekonomik gelişim arasındaki ilişkiyi U şeklinde bir eğri olarak tanımlamaktadır.

3.3. ORMAN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ AÇISINDAN TÜRKİYE'DE VE DÜNYADA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Orman sürdürülebilirliği açısından Türkiye'de ve dünyada yapılmış çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalara ilişkin bulgulara yönelik bilgiler aşağıdaki paragraflarda belirtilmektedir.

- Pata ve Kartal, (2023): Çalışmasında biyolojik kapasite ve ekolojik ayak izi üzerine odaklanılmış, LCC hipotezi aracılığıyla enerji üretimi ve tüketiminin çevresel etkileri incelenmiştir. Araştırma, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel göstergeler üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Gelir düzeyinin çevresel bozulmayı artırabileceği sonucuna varılmış ve LCC hipotezinin geçerliliği desteklenmiştir.
- Güloğlu, vd. (2023): Çalışmalarında, OECD ülkelerinde LCC hipotezini ele alarak, ekonomik büyüme ile uzun dönem çevre kalitesi (LCF) arasındaki U şeklindeki ilişkiyi araştırmaktadır. Çalışma, bu hipotezi analiz etmek için yeni bir yöntem olan Qantil Ortak İlişkili Etkiler Ortalama Grup (QMG) tahmincisini kullanmaktadır. Bu yöntem, gelir ve çevre kalitesi arasındaki dinamikleri daha detaylı bir şekilde incelemeye olanak tanır. Bulgular, OECD ülkelerinde gelir düzeyi arttıkça çevresel kalitenin başlangıçta bozulduğunu, ancak belirli bir gelir seviyesinin üzerinde iyileşmeye başladığını gösteren U şeklindeki ilişkiyi doğrulamaktadır. Bu sonuçlar, LCC hipotezinin bu ülkelerde geçerli olduğunu ve ekonomik büyüme ile çevre kalitesi arasındaki ilişkinin zaman içinde değiştiğini ortaya koymaktadır.
- Ayad, (2023): Ayad'ın 2023 yılında yaptığı çalışmada, LCC hipotezini G7 ülkelerinin deniz ekosistemleri bağlamında incelemektedir. Bu çalışmada, gelir ile balıkçılık alanlarının yük kapasitesi eğrisi arasındaki U şeklindeki ilişkiye odaklanılmaktadır. Ayad, bu ilişkiyi analiz etmek için iki farklı ekonometrik yaklaşım kullanmıştır: PMG-ARDL ve CS-ARDL. Sonuçlar, G7 ülkelerinde gelir arttıkça balıkçılık alanlarının başlangıçta daha fazla sömürüldüğünü, ancak belirli bir gelir düzeyinin üzerinde ekosistem yük kapasitesinin iyileşmeye başladığını göstermektedir. Bu bulgular, LCC hipotezinin deniz ekosistemlerinde geçerli olduğunu ve ekonomik büyümenin deniz kaynakları üzerindeki etkilerini dengelemenin mümkün olduğunu ortaya koymaktadır.

- Ayad ve Lefilef, (2023): Ayad ve Lefilef'in çalışması, LCC hipotezini Çin'in deniz ekosistemi üzerinde uygulamaktadır. Çalışmada, Fourier Otoregresif Dağıtılmış Gecikmeler (FARDL) tahmincisi kullanılmıştır. Bu yöntem, zaman serisi verilerinin daha karmaşık ve dinamik ilişkilerini analiz etmek için uygundur. Araştırma, balıkçılık alanlarının LCC hipotezini doğruladığını ve Çin'de gelir seviyeleri ile deniz koşulları arasında doğrusal bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Bulgular, ekonomik büyümenin belirli bir noktada deniz ekosistemleri üzerindeki baskıyı azaltabileceğini ve sürdürülebilir balıkçılık uygulamalarının geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.
- Çağlar, vd., (2024): Çalışmalarında, Türkiye'de Yük Kapasitesi Eğrisi (LCC) Hipotezi'nin varlığı ARDL yöntemi ile analiz edilmiştir. Araştırmada, temiz enerji teknolojilerinin çevre kalitesi üzerindeki etkilerini de incelemektedir. Çalışma, LCF (biyolojik kapasite/ekolojik ayak izi) kullanarak çevre kalitesine dair farklı bir perspektif sunmaktadır. Bulgular, ekonomik büyüme ile yük kapasitesi arasında U şeklinde bir ilişki olduğunu ve bu ilişkinin LCC hipotezini desteklediğini göstermektedir.

3.4. LİTERATÜR BOŞLUĞU

Mevcut literatüre bakıldığında, ormanların sürdürülebilirliği üzerine yapılmış çok sayıda çalışma bulunduğunu söylemek mümkündür. İlgili literatür taratıldığında aşağıdaki sıralanan konulara ilişkin bulgulara rastlanamamıştır. Bu durum göz önünde bulundurularaktan çalışmamız için dikkat çeken özellikler aşağıda sıralanmaktadır.

- *Yük Kapasitesi Eğrisi (LCC)*: Bu çalışma, Türkiye'de ormanın sürdürülebilirliğini analiz etmek için Yük Kapasitesi Eğrisi (Yük Kapasitesi Eğrisi) yönteminin bir örnek olarak dikkat çekmektedir. Bu yöntem, ormanların mevcut yük taşımaları ve sürdürülebilirliklerinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmaktadır.
- *Orman Durum Göstergesi Olarak Orman Ayak İzi(LCF)*: Bu çalışma, Türkiye'deki ormanların sürdürülebilirliğini analiz etmek amacıyla yük kapasitesi faktörünü temel almaktadır. Bu yöntem, biyolojik kapasite ile ekolojik ayak izi denge modelini içermekte ve mevcut yükün sürekliliği ile filtrelenebilirlik durumunun daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

- *Talep ve Arz Yönünün Birlikte Değerlendirilmesi:* Orman ekosisteminin sürdürülebilirliğini incelerken hem talep hem de arz yönünü birlikte değerlendirmesi, çalışmanın kapsamını genişletmekte ve ekosistemin bütüncül bir anlayışını ortaya koymaktadır.
- *Sosyo-Ekonomik Değişkenlerin Modele Entegrasyonu:* Sosyo-ekonomik değişkenler, orman ekosistemi üzerindeki etkilerini analiz etmek için modele eklenmiştir. Bu, yaklaşım orman ekosisteminin sadece biyolojik ve çevresel değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik faktörler tarafından nasıl etkilendiğini anlamaya yardımcı olur.

Bu özellikler, çalışmanın Türkiye’de orman sürdürülebilirliği konusundaki mevcut literatüre özgün bir katkı sağladığını göstermektedir.

3.5. VERİ VE YÖNTEM

Türkiye’de ormancılık alanları yük kapasitesi eğrisi hipotezinin gerçekliğinin sınaması: ARDL sınır testi yaklaşımı ve Granger nedensellik yaklaşımı başlıklı bu çalışması için, veri ulaşılabilirliği bakımından Word Bank, Our W in Data, PWT 10.1 ve GFN’ten 1965 ile 2019 yıllar aralığında derlenen veriler ARDL sınır testi uygulanmaktadır. Değişkenlerin eş bütünleşik olup olmadığına bakıldıktan sonra Granger nedensellik analizi kullanarak değişkenler arasında nedensel bir ilişki olup olmadığına bakılmaktadır. Bu çalışmada, ormanların durumunu göstermek açısından Küresel Ayak İzi (GFN) veri tabanından elde edilen Orman alanları endeksi (FSTLCF) kullanılmaktadır. Bağımsız değişkenler olarak Toplam Nüfus, Gayri Safi Yurt içi Hasıla, Gayri safi Yurt içi Hasıla Karesi, İnsan Sermayesi, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Yenilenemeyen Enerji Tüketimi alınmıştır. Ekonometrik hesaplar yapılırken ağırlıklı olarak EViews13 kullanılmaktadır.

Benzer çalışmalar takip edilerek oluşturulan (Ör: H. Ayad, (2023)) regresyon modeli denklem 3.2’de verilmektedir.

$$I_i = \alpha P_i^b A_i^c T_i^d \varepsilon_i \quad (3.1)$$

I: Çevresel gösterge

P: Nüfusun göstergesi

A: Refahın göstergesi

T: teknolojinin göstergesi

α : sabiti göstermektedir

b, c ve d: esnekliği ifade etmekte

ε_i : tahmini hata terimini ifade etmekte

Burada çevresel gösterge olarak FSTLCF endeksi, nüfusun etkisi bakımından toplam nüfus (TOP) ile beşeri sermayedir (İS). İnsan sermayesi endeksi (İS), gelirin dönüm noktasını ifade ettiğinden, model için önemli bir değişken olmaktadır. İS değişkeni sayesinde eğitim süresi ve eğitim getirisine dayalı insan sermayesi endeksini modele eklenmesine olanak sağlamaktadır. Birçok çevreyle ilgili çalışmada bu endekse rastlamaktayız (Çağlar vd., 2024; Ayad, 2023; Nathaniel, 2021). A, refahın bir göstergesi olarak ifade edilmişti modele GSYH ve GSYH² karesi olarak dahil edilmiştir. T, teknolojiyi temsil etmektedir modelimize yenilenebilir kaynaklardan enerji tüketimi (YBET) olarak dahil edilmekte. Tablo 3.1’de, değişkenlerimiz gösterilmektedir. Modelin logaritmik formu 3.2’deki gibidir. Değişkenlerin logaritması alınarak analiz edilmişlerdir.

$$\ln FSTLCF = \alpha + b_1 (\ln TOP_{it}) + b_2 (\ln İS_{it}) + c_1 (\ln GSYH_{it}) + c_2 (\ln GSYH^2_{it}) + d_1 (\ln YBET_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (3.2)$$

Tablo 3.1: Kısaltmalar ve Kaynaklar

Değişkenler	Kısıtlamalar	Tanımlar	Kaynaklar	Beklentiler
Ormancılık Alanları Yük Kapasitesi Faktörü	FSTLCF	Orman biyolojik kapasitesi/orman ayak izi	GFN	Olumlu
Kişi Başına Düşen Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	GSYH	Kişi başına düşen GSYİH(sabit 2015)	WB	Olumlu
Kişi Başına Düşen Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Karesi	GSYH ²	Kişi başına düşen GSYİH Karesi(sabit 2015)ln'karesi	Hesaplama	Olumsuz
Nüfus	TOP	Toplam nüfus	WB	Olumsuz
İnsan Sermayesi	İS	Toplam eğitim yılı	PWT 10.1	Olumlu
Enerji Tüketimi	ET	Yenilemeyen kaynaklardan enerji tüketimi	Our W in Data	Olumsuz
Enerji Tüketimi	YBET	Kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi (kWh/kişi)	Our W in Data	Olumlu

Tablo 3.1’de, değişkenlere ilişkin beklentiler detaylı bir şekilde sunulmaktadır. FSTLCF, orman biyolojik kapasitesi/orman ayak izi olarak değerlendirildiğinden, 1’in üzerinde ve olumlu bir sonuç vermesi beklenmektedir (Pata ve Kartal, 2023). GSYH ve GSYH² değişkenleri için, LCC hipotezinin (U şeklindeki ilişki) doğrulanabilmesi adına,

birinin negatif, diğerrinin ise pozitif olması gerektiğı öngörülmektedir (Çağlar, vd., 2024). TOP değişkeninin, FSTLCF üzerinde baskıya neden olacağı ve bu nedenle olumsuz bir etki oluşturmaktadır (Ayad, vd., 2023). ET değişkeninin fosil yakıt içermesi ve fosil yakıtların salınımlarının geri dönüştürülememesi sebebiyle, bu değişkenin beklentisinin olumsuz yönde gerçekleşeceği öngörülmektedir. Yenilenebilir enerji ise çevre dostu sistemler içermesi sebebiyle olumlu yönde bir etkiye sahip olmaktadır (Ayad, 2023).

3.6. EKONOMETRİK ÇALIŞMA VE BULGULAR

Bu, bölümde öncelikle tanımlayıcı istatistiklere yer verilerek kullanılan verilerin temel özellikleri ortaya çıkarılmaktadır. Daha sonra değişkenlerin durağanlık durumlarının incelenmesine yönelik birim kök test sonuçları ayrı ayrı sunulduktan sonra ortak değerlendirme tablosunda sunulmaktadır. İzlenen aşamalarda, ARDL yöntemi kullanılarak kısa ve uzun dönemli parametre tahminleri yapılmaktadır. Son olarak değişkenler arasındaki nedensellik ile ilgili bilgiler sunulmaktadır.

3.6.1. Tanımlayıcı İstatistikler ve Zaman Serisi Grafikleri

Tablo 3.2’de, çalışma kapsamında kullanılan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistiklere ilişkin bulgular gösterilmektedir. Veriler logaritması alınarak yapılan analizlerde her bir değişken için ortalama, mod, median, maksimum, minimum, standart sapma, çarpıklık ve basıklık değerleri hesaplanmakta ve normallik sınması sonuçları Jarque-Bera ile değerlendirilmektedir.

Tablo 3.2: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	lnfstlcf	ln top	ln is	lnsyh	lnet	lnybet
Ortalama	1.184	17.806	0.575	8.631	9.189	6.933
Median	1.308	17.846	0.600	8.590	9.279	7.215
Maks.	1.789	18.229	0.922	9.405	9.998	8.355
Min.	0.544	17.262	0.252	7.929	7.977	5.373
Std. Sap.	0.371	0.286	0.212	0.409	0.555	0.816
Çarpıklık	-0.393	-0.294	-0.134	0.299	-0.438	-0.586
Basıklık	1.924	1.862	1.730	2.089	2.212	2.302
JB	4.070	3.760	3.858	2.721	3.180	4.269
Prob.	0.131	0.153	0.145	0.257	0.204	0.118
Gözlem	55	55	55	55	55	55

Tanımlayıcı istatistiklere ilişkin yorumlar; Tanımlayıcı istatistiklerin logaritması alınmış verilerden oluşmaktadır. Her bir değişken için yorumlar aşağıda yer almaktadır. Her değişkene ilişkin gözlem sayısı N=55’dir.

lnfstlcf: Ortalama değeri 1.184, median değeri 1.308'dir, yani veriler genelde bu değerler çevresinde yoğunlaşmıştır. Maksimum 1.789, minimum 0.544'tür ve standart sapma 0.371 ile dağılımın ortalamadan fazla saptmadığını göstermekte. Çarpıklık -0.393 ile sola çarpık bir dağılım olduğunu, basıklık ise 1.924 ile uç değerlerin normal dağılıma kıyasla daha az olduğunu göstermektedir. Jarque-Bera testi ($JB=4.070$, $p=0.131$) sonuçlarına göre, dağılımın normalden önemli ölçüde saptmadığını göstermektedir.

lntop: Ortalama 17.806, median 17.846'dır, yani veri bu değerler etrafında yoğunlaşmıştır. Maksimum 18.229 ve minimum 17.262 değerleriyle dar bir aralıkta dağılım göstermektedir. Standart sapma 0.286'dır. Çarpıklık -0.294, verilerin sola çarpık olduğunu gösterirken, basıklık 1.862 ile dağılımın uç değerlerden uzak olduğunu ifade eder. JB testi ($JB=3.760$, $p=0.153$) sonuçlarına normal dağılım göstermektedir.

lnis: Ortalama 0.575, median 0.600'dür, yani veri bu değerler çevresinde yoğunlaşmıştır. Maksimum 0.922, minimum 0.252'dir ve standart sapma 0.212'dir. Çarpıklık -0.134, dağılımın neredeyse simetrik olduğunu göstermektedir. Basıklık 1.730 ile uç değerlerin normalden daha az olduğunu ifade etmektedir. JB testi ($JB=3.858$, $p=0.145$) dağılımın normalden önemli ölçüde saptmadığını göstermektedir.

lngsyh: Ortalama 8.631, median 8.590'dır, veriler bu aralıkta yoğunlaşmaktadır. Maksimum 9.405, minimum 7.929'dur ve standart sapma 0.409'dur. Çarpıklık 0.299 ile sağa çarpık bir dağılımı işaret ederken, basıklık 2.089 ile uç değerlerin varlığına işaret etmekte. JB testi ($JB=2.721$, $p=0.257$) dağılımın normal olduğunu göstermekte.

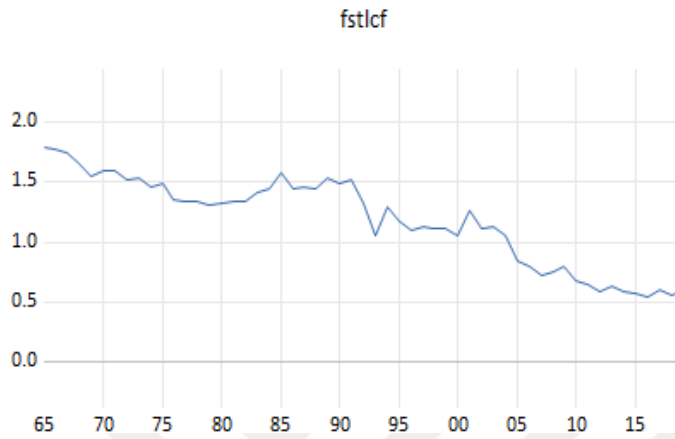
lnet: Ortalama 9.189, median 9.279'dur, veriler bu değerler çevresinde yoğunlaşmıştır. Maksimum 9.998, minimum 7.977'dir. Standart sapma 0.555'tir. Çarpıklık -0.438, sola çarpık bir dağılımı ifade etmekte, basıklık 2.212 ile uç değerlerin varlığına işaret etmekte. JB testi ($JB=3.180$, $p=0.204$) dağılımın normalden önemli bir sapma göstermediğini belirtmekte.

lnybet: Ortalama 6.933, median 7.215'tir, yani veriler bu aralıkta yoğunlaşmıştır. Maksimum 8.355, minimum 5.373'tür ve standart sapma 0.816'dır. Çarpıklık -0.586 ile sola çarpık bir dağılımlıdır. Basıklık 2.302 ile uç değerlerin bulunduğunu işaret eder. JB testi ($JB=4.269$, $p=0.118$) sonuçları, normal dağılıma anlamlı bir sapma olmadığını göstermekte.

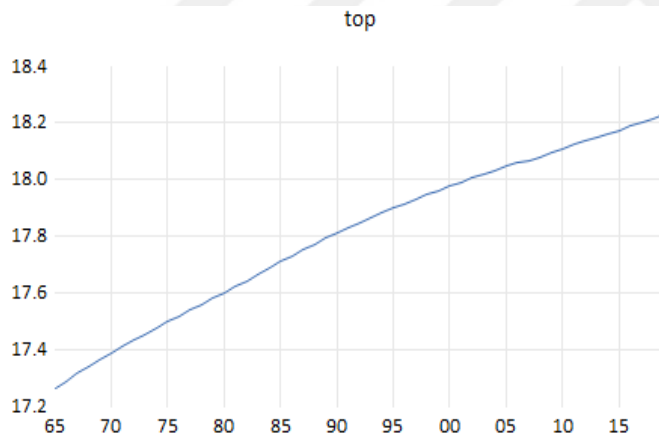
3.6.2. Zaman Serisi Grafikleri

Zaman serisi grafiklerine ilişkin grafikler aşağıda yer almaktadır. Her bir değişken için ayrı ayrı zaman serisi grafiklerine bakılarak görsel olarak yorumlamalar yapılmaktadır.

Şekil 3.1: FSTLCF Değişkenine Ait Zaman Serisi Grafiği



Şekil 3.2: TOP Değişkenine Ait Zaman Serisi Grafiği

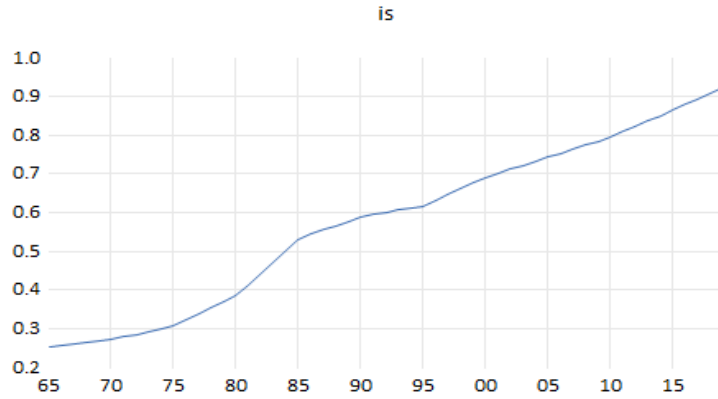


Şekil 3.1'deki Ormancılık Alanları Yük Kapasitesi faktörüne bakıldığında (FSTLCF) negatif yönlü sönümlenme eğiliminde olan bir trend izlediği görülmektedir. Seri zaman zaman şoklara maruz kalarak ani sıçramalar oluştursa da, negatif yönlü trendin etkisini genel itibariyle kayıp etmediği izlenmektedir. Bu durum serideki negatif yönlü trend göstergesinin sürdürülebilirlik bakımından orman sürdürülebilirliğinin tehlikede olduğunun ve müdahale edilmesi gerektiği yönündedir.

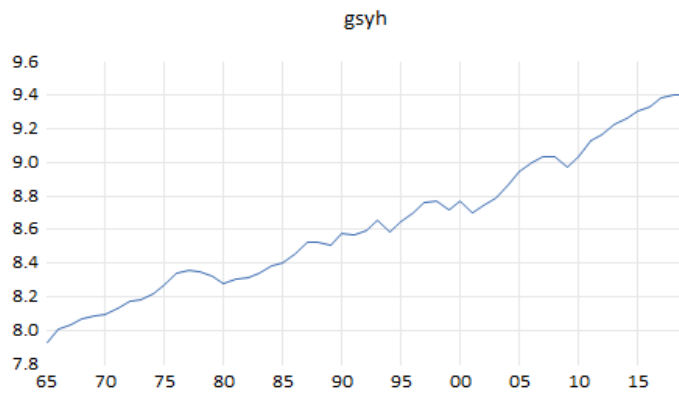
Şekil 3.2'deki Toplam Nüfus (TOP) değişkenine bakıldığında herhangi bir şok izlenmektedir. Zaman serisi dış büyükey bir yapı sahip ve pozitif yönlü trendin etkisi seri

boyunca devam etmektedir. Yıllar itibariyle nüfus artışı sürekli artan bir trend izlemektedir.

Şekil 3.3: İS Değişkenine Ait Zaman Serisi Grafiği



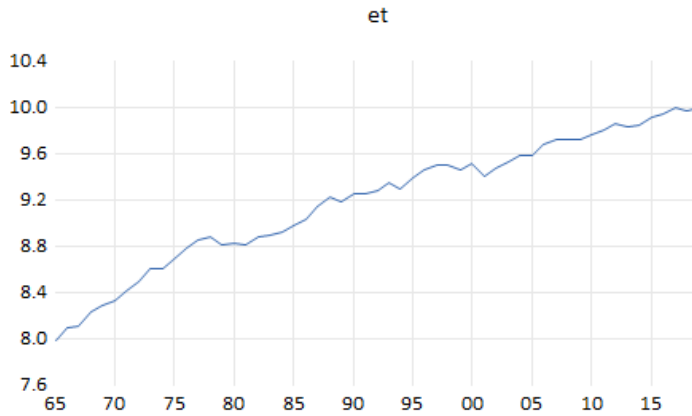
Şekil 3.4: GSYH Değişkenine Ait Zaman Serisi Grafiği



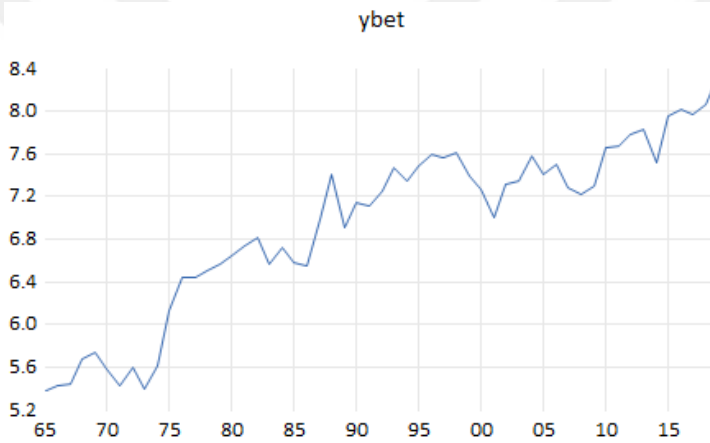
Şekil 3.3'deki İnsan Sermayesi (is) değişkenine bakıldığında 70 75 yılları serinini tamamına oranla yavaş artan bir trend izlenmektedir. Daha sonra serinin hızı artarak trend görünümü devam etmiştir.

Şekil 3.4'deki Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYH) değişkeni, pozitif yönlü bir trend görünümünü korusa da seride iniş çıkışların bulunduğu ve şokların gerçekleştiği gözlemlenmektedir. Özellikle, 1980 ve 2009 yıllarında seride ani dönüşlerin izlendiği görülmektedir.

Şekil 3.5: ET Değişkenine Ait Zaman Serisi Grafiği



Şekil 3.6: YBET Değişkenine Ait Zaman Serisi Grafiği



Şekil 3.5'deki Enerji Tüketimi (ET) değişkenine bakıldığında artma eğilimine devam eden trend ve şokların bulunduğu bir seri izlenmektedir 2000 yılında ani bir iniş gözlenirse de seri daha sonra pozitif trend devam ettiği görülmektedir. Bu durum yenilenmeyen fosil yakıtların gün geçtikçe artış eğiliminde olduğunu daha fazla tüketiminin olduğunu göstermektedir.

Şekil 3.6'daki Yenilenebilir Enerji Tüketimi (YBET) genel pozitif trende sahip fakat seride çok sayıda dik iniş çıkışların olduğu izlenmektedir. Özellikle 1974 yılında başlayan dikine sıçrayış 1976 yılına kadar devam etmiş daha sonra 1986 yılında başlayan sıçrayış 1988 yılına kadar etkisini devam ettirmiş bu büyük şokların haricinde trendde çok sayıda iniş çıkışlar bulunmaktadır. Serinin sağladığı ön bilgi, yenilenebilir enerjini yıllar itibariyle artış eğiliminde olduğunu göstermektedir. Seri geçiş sürecinde bazı şoklara maruz kalsa da pozitif trend etkisi kaybetmeden devam etmektedir.

3.6.3. Birim Kök Testleri

3.6.3.1. Geleneksel Birim Kök Testleri

Geleneksel birim kök testlerinden olan PP ve ADF testi sonuçları Tablo 3.3 ile Tablo 3.4’te gösterilmektedir.

Tablo 3.3: ADF Birim Kök Testi

Değişkenler	ADF					
	Sabitli		Sabitli Trendli		Sabitli	Sabitli Trendli
	İst.	Prob.	İst.	Prob.	Karar	Karar
FSTLCF	-0.95	0.76	-2.55	3,31	Yok	Yok
D(FSTLCF)	-9.325	< 0,01	-9.232	< 0,01	***	***
TOP	-2.63	0.09	-1.62	0.77	*	Yok
D(TOP)	-1.561	0.495	-2.611	0.277	Yok	Yok
İS	-0.57	0.86	-3.32	0.07	Yok	*
D(İS)	-2.28	0.18	-2.22	0.467	Yok	Yok
GSYH	0.07	0.96	-1.99	0.59	Yok	Yok
D(GSYH)	-7.168	< 0,01	-7.174	< 0,01	***	***
GSYH ²	0.35	0.98	-1.68	0.74	Yok	Yok
D(GSYH ²)	-7.072	< 0,01	-7.133	< 0,01	***	***
ET	-2.57	0.11	-2.95	0.15	Yok	Yok
D(ET)	-7.77	< 0,01	-8.19	< 0,01	***	***
YBET	-1.11	0.70	-2.66	0.25	Yok	Yok
D(BET)	-8.149	< 0,01	-8.072	< 0,01	***	***

Not: (*) %10 düzeyinde anlamlı, (**) %5 düzeyinde anlamlı, (***) %1 düzeyinde anlamlı, (yok) anlamlılık bulunulamadı. "Yok" ifadesi, serinin durağan olmadığını göstermektedir. D'nin parantezi serinin 1. Farkının alındığını ifade eder.

ADF testi sonuçlarını yorumlayacak olursak, öncelikle temel hipotez "birim kök içerir (durağan değildir)" şeklinde kurulmaktadır. Değişkenlerin toplu olarak raporlandığı ADF testinde, sabitli model için toplam nüfus (TOP) %10 düzeyinde anlamlı bulunmuş, diğer değişkenler ise anlamlı bulunmamıştır. Sabitli ve trendli modelde ise insan sermayesi (İS) değişkeni hariç diğer değişkenler anlamsız sonuçlar vermektedir.

ADF testi 1. fark değişkenlerine ilişkin tabloda yer alan çıktılarına bakıldığında, öncelikle sıfır hipotezi “seri birinci farkta durağandır” şeklinde kurulmaktadır. Hem sabitli hem de sabitli ve trendli modelde benzer sonuçlar gözlemlenmektedir. Sonuç olarak, ADF 1. fark testi için toplam nüfus (TOP) ve insan sermayesi (İS) değişkenleri hariç diğer değişkenler her iki model için de anlamlıdır.

Tablo 3.4: PP Birim Kök Testi

Değişkenler	PP					
	Sabitli		Sabitli Trendli		Sabitli	Sabitli Trendli
	İst.	Prob.	İst.	Prob.	Karar	Karar
FSTLCF	-0.84	0.799	-2.513	0.321	Yok	Yok
D(FSTLCF)	-9.325	< 0,01	-9.232	< 0,01	***	***
TOP	-11.77	< 0,01	-1.473	0.827	***	Yok
D(TOP)	-1.561	0.495	-2.611	0.277	Yok	Yok
İS	0.19	0.97	-2.143	0.511	Yok	Yok
D(İS)	-2.28	0.18	-2.22	0.467	Yok	Yok
GSYH	0.08	0.96	-2.094	0.537	Yok	Yok
D(GSYH)	-7.168	< 0,01	-7.174	< 0,01	***	***
GSYH ²	0.36	0.98	-1.769	0.706	Yok	Yok
D(GSYH ²)	-7.072	< 0,01	-7.133	< 0,01	***	***
ET	-2.91	0.05	-2.96	0.153	*	Yok
D(ET)	-7.77	< 0,01	-8.19	< 0,01	***	***
YBET	-0.92	0.77	-2.667	0.254	Yok	Yok
D(BET)	-8.149	< 0,01	-8.072	< 0,01	***	***

Not: (*) %10 düzeyinde anlamlı, (**) %5 düzeyinde anlamlı, (***) %1 düzeyinde anlamlı, (yok) anlamlılık bulunulamadı. "Yok" ifadesi, serinin durağan olmadığını göstermektedir. D'nin parantezi serinin 1. Farkının alındığını ifade eder.

Sonuç olarak, seviyede ve 1. farkta ADF birim kök testi sonuçlarını içeren tabloyu incelediğimizde, diğer anlamsız değişkenler için modelin düzey değerlerinde birim kök olduğu gözlemlenmiştir. Farkı alınarak tekrar denendiğinde, farklı serilerdeki sonuçlar “birim kök vardır.” Şeklinde raporlanmaktadır.

Phillips-Perron birim kök testinde de hipotez ADF testine benzer şekilde “seri birim köklüdür (durağan değildir)” şeklinde kurulur. Seviye değerlerinde sabitli modele ilişkin Tablo incelendiğinde toplam nüfus (TOP) ve enerji tüketimi (ET) değişkenleri hariç diğer değişkenlerin sabitli model için birim kök içerdiğini görüntülemek mümkün. Sabitli trendli model için ise tüm değişkenlerin birim kök içerdiği görülmektedir.

Farkı alınmış PP testi tablo sonuçları incelendiğinde öncelikle burada iddia hipotezi “seri birinci farkta durağandır” şeklinde kurulmaktadır. TOP ve İS hariç seviyede durağan dışı bulunan değişkenlerin farkı alındığında durağan bulunmuştur.

3.6.3.2. KPSS Birim Kök Testi Sonuçları

Tablo 3.5: KPSS Birim Kök Testi

Değişkenler	KPSS			
	Sabitli LM Stat.	Sabitli Trendli LM Stat.	Sabitli Karar	Sabitli Trendli Karar
FSTLCF	0.82	0.16	Yok	***
D(FSTLCF)	0.05	0.04	***	***
TOP	0.89	0.26	Yok	Yok
D(TOP)	0.95	0.11	Yok	Yok
İS	0.88	0.12	Yok	***
D(İS)	0.09	0.09	***	***
GSYH	0.88	0.18	Yok	***
D(GSYH)	0.08	0.05	***	***
GSYH ²	0.88	0.2	Yok	***
D(GSYH ²)	0.11	0.05	***	***
ET	0.88	0.20	Yok	***
D(ET)	0.43	0.08	***	***
YBET	0.94	0.18	Yok	***
D(YBET)	0.11	0.09	***	***

Not: (*) %10'da anlamlı, (**) %5'de anlamlı, (***) %1'de anlamlı, (yok) anlamlılık bulunamadı. Yok ifadesi serinin durağanlığın bulunamadığını ifade eder. D'nin parantezi farkı alınmış seriyi ifade etmektedir.

KPSS testi, diğer geleneksel birim kök testlerinden farklı olarak, yokluk hipotezini "seri durağandır" şeklinde kurulur. Seviye değerlerinin bulunduğu tablo 3.5'de yer alan sabitli model incelendiğinde değişkenler genel itibarıyla hesaplanan LM test istatistiği KPSS tarafından belirlenen %1 kritik değerden büyük olduğundan yokluk hipotezi olan seri durağandır reddedilir. KPSS(1992)'nin ürettikleri sabitli model için %1,%5 ve %10 kritik değerleri sırasıyla 0.739, 0.463 ve 0.347 şeklinde belirtilmektedir. Sabitli trendli model için aynı sırayla %1=0.216, %5=0.146 ve %10=0.119 şeklindedir.

KPSS testi, geleneksel birim kök testlerinden farklı olarak, yokluk hipotezini "serinin durağan olduğu" şeklinde kurmaktadır. Seviye değerlerinin incelendiği Tablo 3.5'deki sabitli model sonuçlarına göre, değişkenlerin LM test istatistikleri genel itibarıyla KPSS tarafından belirlenen %1 kritik değerden büyük olduğu için yokluk hipotezi reddedilmektedir. Diğer bir ifadeyle, serinin durağan olduğu yönündeki varsayım kabul edilmemektedir. KPSS (1992) tarafından sabitli model için %1, %5 ve %10 kritik değerleri sırasıyla 0.739, 0.463 ve 0.347 olarak belirtilmiştir. Sabitli trendli model için bu kritik değerler sırasıyla %1 için 0.216, %5 için 0.146 ve %10 için 0.119 şeklinde ifade edilmiştir.

Sabitli trendli model de FSTLCF için üretilen LM istatistiği %1 için üretilen kritik değerden küçük fakat %5 ve %10 dan daha büyük bu da bize seri %1 de anlamlı

fakat %5 ile %10 da anlamsız olduğu sonucunu gösterir. Aynı mantıkla GSYH, GSYH², ET ve YBET değişkenleri için de seri %1 de anlamlı fakat %5 ile %10 da anlamsız olduğu sonucunu raporlamak mümkün.

Farkı alınmış KPSS testi için hipotez “seri 1.farkta durağandır” şeklinde kurulmaktadır. Sabitli modele için tabloyu yorumlayacak olursak TOP değişkenleri hariç diğer değişkenlerin LM test sonuçları fark kritik değerlerden küçük olduğundan seri 1. Farkta durağandır hipotezini reddedemeyiz yani seri durağandır yorumu yapılabilmektedir. ET değişkeni için hesaplanan LM=0.432 değeri %1 ve %5 den küçük %10 dan ise büyük sonuç vermiştir. Bu durumda %1 ve %5’te seri durağandır yorumu yapılabilmektedir. KPSS (1992) tarafından farkı alınmış seriler de sabitli model için %1, %5 ve %10 kritik değerleri sırasıyla 0.739, 0.463 ve 0.347 olarak belirtilmiştir. Sabitli trendli model için bu kritik değerler sırasıyla %1 için 0.216, %5 için 0.146 ve %10 için 0.119 şeklinde ifade edilmiştir.

Sabitli trendli model için tüm değişkenlerin KPSS tarafından belirlenmiş olan kritik değerlerden daha küçük sonuçlar verdiğinden, seri durağandır sonucunu yorumlamak mümkün.

3.6.3.3. Fourier ADF Birim Kök Testi

Tablo 3.6: FADF Birim Kök Testi

FADF								
	Sabitli			Sabitli Trendli			Sabitli	Sabitli Trendli
	F kısıt	FADF	Frekans (SSR,k)	F kısıt	FADF	Frekans (SSR,k)	Karar	Karar
FSTLCF	3.36	-2.47	0.37(1)	5.01	-3.53	0.33(1)	Yok	Yok
D(FSTLCF)	3.58	-2.88	0.994(1)	5.25	-5.04	0.73(1)	Yok	Yok
TOP	0.71	-2.81	<0,01(3)	0.67	-1.66	<0,01(4)	Yok	Yok
D(TOP)	1.317	1.19	<0,01(4)	16.4	-5.85	<0,01(1)	Yok	***
İS	1.82	-1.86	<0,01(2)	9.11	-4.80	<0,01(3)	Yok	Yok
D(İS)	0.96	-0.66	<0,01(3)	2.27	-3.17	<0,01(4)	Yok	Yok
GSYH	1.19	-0.46	0.07(1)	6.23	-4.13	0.06(1)	Yok	Yok
D(GSYH)	0.572	0.32	0.15(5)	10.97	-6.85	0.096(1)	Yok	***
GSYH ²	1.16	-0.24	23.17(1)	16.10	6.77	18.94(1)	Yok	Yok
D(GSYH ²)	0.551	0.36	46.21(5)	12.09	-6.77	29.30(1)	Yok	Yok
ET	2.23	6.78	0.10(5)	2.60	6.74	0.09(1)	Yok	Yok
D(ET)	3.89	0.001	0.26(5)	6.50	-5.63	0.19(1)	Yok	Yok
YBET	1.78	-1.44	2.11(4)	15.62	6.67	0.33(2)	Yok	Yok
D(BET)	0.2	-1.6	4.96(2)	13.36	-7.01	2.95(1)	Yok	***

Not: (*) %10’da anlamlı, (**) %5’de anlamlı, (***) %1’de anlamlı, (yok) anlamlılık bulunamadı. Yok ifadesi serinin durağan olmadığını belirtmektedir. SSR Kalıntı kareler toplamını göstermektedir. D’nin parantezi farkı alınmış seriyi ifade etmektedir.

Fourier ADF birim kök testi için kurulacak hipotez, “seri birimkök içerir (temel hipotez anlamsızdır)” şeklinde belirlenmektedir. Seviye değerlerinin sabitli model için yorumu, değişkenlere ait tabloda yer alan F kısıt değerleri, Enders ve Lee (2012)’nin yayımladığı makalede yer alan sabitli model için oluşturdukları kritik tablo1’de yer alan Max(F) değerlerinden daha küçük olduğundan, Fourier terimleri anlamsızdır hipotezini reddedemiyoruz.

Sabitli ve trendli model için yorumlama; İS, GSYH² ve YBET hariç diğer değişkenlerin, Enders ve Lee (2012)’nin tablo1a makalesinde belirtilen F kısıt < Max(F) olduğundan, değişkenler bir sonraki aşamaya geçememektedir. Bu durumda istatistiksel olarak anlamlı bulunan Fourier ADF testi için tabloda yer alan FADF test sonuçlarını, adı geçen tablodaki her değişken için daha önceden hesaplanmış k frekans değerine eşdeğer gelen %1, %5 ve %10 kritik değerler ile kıyasladığımızda, FADF > Tablo1a olduğundan, İS, GSYH² ve YBET değişkenleri için Fourier terimlerinin anlamlı olduğu yorumu yapılabilmektedir.

Değişkenlerin farkı alınmış seriler için hipotez “seri birimkök içerir (temel hipotez anlamsızdır)” şeklinde kurulmaktadır. Sabitli model için fark alındıktan sonra da Fourier terimler anlamlı hale gelmediğinin yorumlamak mümkün bu durumda ADF sonuçlarına güvenmeliyiz. Sabitli trendli modelde için ise farkı alındıktan sonra TOP ve GSYH değişkenleri anlamlı sonuçlar vermiş fakat diğerleri anlamsız sonuçlar vermiştir.

Tablo 3.7: Enders ve LEE’nin Kritik Değerleri

Sabitli				Sabitli trendli			
k	%1	%5	%10	k	%1	%5	%10
1	-4.42	-3.81	-3.49	1	-4.95	-4.35	-4.05
2	-3.97	-3.27	-2.91	2	-4.69	-4.05	-3.71
3	-3.77	-3.07	-2.71	3	-4.45	-3.78	-3.44
4	-3.64	-2.97	-2.64	4	-4.29	-3.65	-3.29
5	-3.58	-2.93	-2.60	5	-4.20	-3.56	-3.22
Max (F)	10.35	7.58	5.35		12.21	9.14	7.78

Enders ve Lee (2012)’nin makalesinde yer alan sabitli ve sabitli trendli modeller için oluşturduğu tablolar.

3.6.3.4. Perron (1989) Kırılmalı Birim Kök Testleri

Tablo 3.8: Perron (1989) Kırılmalı Birim Kök Testi

	FADF							
	Sabitli			Sabitli Trendli			Sabitli	Sabitli
	İst.	Kırılma	Prob.	İst.	Kırılma	Prob.	Karar	Trendli
FSTLCF	-2.92	2003	0.72	-4.61	1982	0.09	Yok	*
D(FSTLCF)	-11.02	1993	0.01	-10.93	1993	0.01	***	***
TOP	-7.23	1968	0.01	-3.82	1976	0.48	***	Yok
D(TOP)	-2.91	1989	0.72	-5.55	2007	0.01	Yok	***
İS	-3.03	1976	0.66	-7.41	1980	0.01	Yok	***
D(İS)	-2.52	1985	0.89	-3.57	1985	0.64	Yok	Yok
GSYH	-2.15	2002	0.96	-3.80	2010	0.5	Yok	Yok
D(GSYH)	-7.94	2009	0.01	-7.86	2009	0.01	***	***
GSYH ²	-2.02	2002	0.98	-3.71	2010	0.56	Yok	Yok
D(GSYH ²)	-7.94	2009	0.01	-7.9	2009	0.01	***	***
ET	-3.2	1973	0.89	-3.68	1971	0.57	Yok	Yok
D(ET)	-9.29	1979	0.01	-9.29	1979	0.01	***	***
YBET	-2.53	1973	0.89	-4.43	1974	0.15	Yok	Yok
D(BET)	-8.72	1988	0.01	-8.72	1988	0.01	***	***

Not: (*) %10'da anlamlı, (**) %5'de anlamlı, (***) %1'de anlamlı, (yok) anlamlılık bulunamadı. Yok ifadesi serinin durağan olmadığını belirtmektedir. Prob p değerini ifade etmektedir. D'nin parantezi farkı alınmış seriyi ifade etmektedir.

Perron (1989) için kurulacak hipotez, temel hipotez “seri birimkök içerir (durağan değildir)” şeklinde belirlenmektedir. Seviye değerlerinde sabitli modele ilişkin tablo değerleri incelendiğinde, TOP dışındaki diğer değişkenler anlamsız sonuçlar vermektedir. Bu durumda, TOP değişkeni için “seri durağan değildir” hipotezini reddedebiliriz; değişkenin kırılma tarihi 1969'dur.

Sabitli trendli modeldeyse FSTLCF ve İS dışındaki değişkenler anlamsız sonuçlar vermektedir. FSTLCF %10 düzeyinde anlamlıdır ve kırılma tarihi 1982 yılıdır. İS değişkeni ise %1 düzeyinde anlamlı olup kırılma tarihi 1980 yılıdır.

Perron (1989) farkı alınmış değişkenler için hipotez “seri 1.farkta birimkök içerir (durağan değildir)” şeklinde kurulmaktadır. Sabitli model için TOP ve İS değişkenleri hariç diğer değişkenler anlamlı sonuçlar vermiştir. Bu durumda FSTLCF, GSYH, GSYH², ET ve YBET değişkenleri için kırılma tarihleri sırasıyla 1993, 2009,2009,1979 ve 1988 şeklindedir. Bu durumda anlamlı sonuçlar veren değişkenler için seri durağandır yorumu yapılabilir.

Sabitli trendli modelde İS değişkeni hariç diğer değişkenler için anlamlı sonuçlar bulunmuştur. Anlamlı bulunan FSTLCF, GSYH, GSYH², ET ve YBET değişkenleri için

kırılma tarihleri sırasıyla 1993, 2009, 2009, 1979 ve 1988 şeklindedir. Bu durumda anlamlı sonuçlar veren değişkenler için seri durağandır yorumu yapılabilir.

3.6.3.5. Zivot ve Andrews Birim Kök Testi

Tablo 3.9: Zivot ve Andrews Kırılmalı Birim Kök Testi

Değişkenler	ZA					
	Model A		Model B		Sabitli	Sabitli Trendli
	İst.	Kırılma	İst.	Kırılma	Karar	Karar
FSTLCF	-4.65	1983	-4.5	1983	Yok	Yok
D(FSTLCF)	-10.02	1992	-9.94(0)	1992	***	***
TOP	-3.31	1982	-4.85	1983	Yok	*
D(TOP)	-3.78	2008	-3.83	2006	Yok	Yok
İS	-7.17	1981	-6.91	1981	***	***
D(İS)	-3.65	1986	-6.85 (0)	1986	Yok	***
GSYH	-3.86	2011	-4.38	1999	Yok	Yok
D(GSYH)	-7.54	2002	-7.46	2003	***	***
GSYH ²	-3.73	2011	-4.37	1999	Yok	Yok
D(GSYH ²)	-7.51	2002	-7.43	2003	***	***
ET	-3.68 (0)	1999	-3.61	1975	Yok	Yok
D(ET)	-8.88	1978	-8.81 (0)	1978	***	***
YBET	-4.6	1975	-4.66	1975	*	Yok
D(BET)	-8.36	1989	-8.34	1977	***	***

Not: (*) %10'da anlamlı, (**) %5'de anlamlı, (***) %1'de anlamlı, (yok) anlamlılık bulunamadı. “Yok” ifadesi serinin durağan olmadığını belirtmektedir. D'nin parantezi farkı alınmış seriyi ifade etmektedir.

ZA testi için seviye değerleri üzerinden kurulacak temel hipotez, “seri düzeyde yapısal kırılmalı birim kök içermektedir (durağan değildir)” şeklindedir. Model A için, İS ve YBET dışındaki değişkenler anlamsız sonuçlar vermektedir. Bu durumda: İS değişkeni, %1 düzeyinde anlamlı olup kırılma tarihi 1981'dir. YBET değişkeni, %10 düzeyinde anlamlı olup kırılma tarihi 1975'tir. YBET ve İS değişkenleri için, “seri düzeyde yapısal kırılmalı birim kök içermemektedir (durağandır)” yorumu yapılabilir.

Model C kurulacak hipotez “seri hem düzeyde hem trendde yapısal kırılmalı birim kök içerir” şeklindedir. TOP ve İS hariç diğer değişkenler anlamsız sonuçlar vermektedir. Bu durumda TOP için kırılma tarihi 1983 ve %10'da anlamlıdır. İS için kırılma tarihi 1981 ve %1'de anlamlıdır. YBET ve İS değişkenleri için, “seri düzeyde yapısal kırılmalı birim kök içermemektedir (durağandır)” yorumu yapılabilir.

Farkı alındıktan sonra Model A için kurulacak temel hipotez, “seri 1. farkta düzeyde yapısal kırılmalı birim kök içermektedir (durağan değildir)” şeklindedir. Modelde TOP ve İS hariç diğer değişkenler, 1. farkı alındığında anlamlı hale gelmiştir. Anlamlı sonuçlar bulunan D(FSTLCF), D(GSYH), D(GSYH²), D(ET) ve D(YBET)

değişkenleri için kırılma tarihleri sırasıyla 1992, 2008, 1986, 2002, 1978 ve 1989'dur. Bu durumda anlamlı değişkenler için “seri 1. farkta düzeyde yapısal kırılmalı birim kök içermemektedir” şeklinde yorum yapılabilir.

Model C için kurulacak hipotez, “seri 1. farkta hem düzeyde hem de trendde yapısal kırılmalı birim kök içermektedir (durağan değildir)” şeklinde olmaktadır. Modelde TOP hariç diğer $D(FSTLCF)$, $D(\dot{I}S)$, $D(GSYH)$, $D(GSYH^2)$, $D(ET)$ ve $D(YBET)$ değişkenleri için kırılma tarihleri sırasıyla 1992, 2006, 1986, 2003, 1978 ve 1977'dir. Anlamlı değişkenler için “seri 1. farkta hem düzeyde hem de trendde yapısal kırılmalı birim kök içermemektedir” şeklinde yorum yapabiliriz.

3.6.3.6. Birim Kök Testleri Ortak Sonuçları

Aşağıda yer alan tabloda tez çalışmasında yapılmış olan birim kök testlerinin ortak değerlendirmesi yer almaktadır. Sabitli ve sabitli trendli modelin ayrı ayrı değerlendirildiği bu tabloda çoğunluğa göre serinin tümleşik derecesine karar verilmektedir.

Tablo 3.10: Birim Kök Ortak Sonuçları (Sabitli)

Sabitli	FSTLCF	TOP	İS	GSYH	GSYH2	ET	YBET
ADF	I(1)	I(0)%10	I(*)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)
PP	I(1)	I(0)	I(*)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)
KPSS	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)
FADF	I(*)	I(*)	I(*)	I(*)	I(*)	I(*)	I(*)
PERRON	I(1)	I(0)	I(*)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)
ZA	I(1)	I(*)	I(0)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)
Sonuç	I(1)	I(0)	I(0)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)

Not: I(*) durağanlaşmadığını göstermekte, %1, %5, %10 ise durağanlaşma olasılığını gösteriyor, I(1,0) durağanlaştığını ifade parantezin içi tümleşik derecesini ifa de etmekte.

Tablo 3.11: Birim Kök Ortak Sonuçları (Sabit Trendli)

Sabitli Trendli	D(FSTLCF)	D(TOP)	D(İS)	D(GSYH)	D(GSYH2)	D(ET)	D(YBET)
ADF	I(1)	I(*)	I(0)%10	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)
PP	I(1)	I(*)	I(*)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)
KPSS	I(0)	I(*)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)
FADF	I(*)	I(*)	I(0)	I(*)	I(0)	I(*)	I(0)
PERRON	I(1)	I(1)	I(0)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)
ZA	I(1)	I(0)%10	I(0)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)
Sonuç	I(1)	I(0)	I(0)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)

ADF birimkök ortak sonuç tablosunda yukarıda da belirtildiği üzere çoğunluğa göre karar verilmektedir. Değişkenlerin zaman serisi grafiklerini incelediğimizde gözle görülür bir şekilde negatif ve pozitif trendlerin bulunduğu izlenmektedir. Bu durumda

sabitli trendli birimkök testlerinin sonuçlarına güvenmek daha doğru olacaktır. Bu değerlendirmeler serinin tümleşik derecesinin belirlenmesi için önemli olmakla beraber yapılan analizi daha güvenilir kılmaktadır. Sabitli trendli model için değişkenlerin tablodaki sırasıyla tümleşik derecesi $I(1, 0, 0, 1, 1, 1, 1)$ şeklindedir.

3.6.4. ARDL Sınır Testi

Tablo 3.12: ARDL Sınır Testi Sonuçları

ARDL modeli	k	İstatistik		Sonuç
Model C(1.0.0.2.2.2.0)	5	F=4.15**	Narayan (2005)	Eşbütünleşme var
		t=-5.79***	Peseran ve ark. (2001)	Eşbütünleşme var

Not: ***, %1, %5’de anlamlılığı, k Bağımsız değişkenlerin sayını ifade etmektedir.

	F testi Narayan (2005)		T testi Peseran vd. (2001)	
n=35	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
%1	4.257	6.040	-2.57	-3.86
%5	0.37	4.443	-2.86	-4.19
%10	2.508	3.763	-3.43	-4.79

Bu çalışmada değişkenler arasındaki uzun dönem eşbütünleşme olup olmadığını tespit etmek amacıyla ARDL sınır testi kullanılmaktadır. ARDL sınır testi hem, uzun hem kısa dönem ilişkileri aynı modelde tahmin edebilme özelliğine sahiptir.

Değişkenler için AIC kriterine göre en uygun ARDL modeli Model C(1.0.0.2.2.2.0) olarak belirlenmiştir. Modele ilişkin testlerinin sonuçları; F=4.15 ve t=-5.79 şeklindedir. Bu test sonuçları Narayan (2005) ve Peseran vd. (2001) tarafından oluşturulmuş olan kritik değerlerle karşılaştırıldığında; F testi için %5 düzeyinde anlamlı, t testi için % 1’ de anlamlı sonuçlar üretilmiştir. Bu durumda değişkenler arası uzun dönem ve kısa dönem dinamiklerince eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğunu söylemek mümkün.

3.6.4.1. Teşhis Testleri

Tablo 3.13: Teşhis Testleri

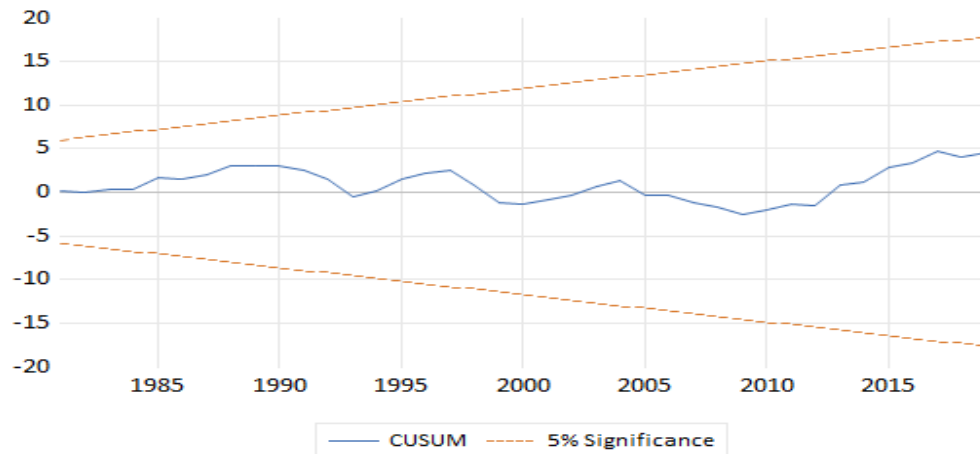
Teşhis testleri		İst.	P ist.
Seri korelasyon	Breusch-Godfrey serial LM test	1.03	0.36
Değişen varyans	Breusch-Pagan-Godfrey	0.47	0.92
Spesifikasyon testi	Ramsey RESET	0.09	0.76
Normallik testi	Histogram normallik testi JB istatistiği	0.17	0.50
Parametre Kararlılığı	CUSUM	Kararlı	
	CUSUM ²	Kararlı	

ARDL sınır testinin geçerliliği ve güvenilirliğini sağlamak için tanısal kontrollerin yapılması önemlidir. Bu nedenle modelimizde için bir dizi tanı testlerine yer verilmektedir. Model için otokorelasyon testi olan Breusch-Godfrey serial LM testi kullanılmıştır. Testin P değeri $0.36 > 0.05$ olduğundan, test istatistiği redd edilememektedir. Bu nedenle seride oto korelasyon yoktur yorumu yapılabilmektedir. Modelde değişen varyansın olup olmadığını test etmek için Breusch-Pagan-Godfrey testi uygulanmaktadır. Sonuç olarak, P değeri 0.05'ten yüksek çıktığından temel hipotez reddedilememektedir. Yani model sabit varyanslıdır yorumu yapılabilmektedir. Modeldeki spesifikasyon hatasını test etmek için Ramsey RESET testi kullanılmaktadır. Sonuç olarak, P değeri 0.05'ten yüksek çıktığından temel hipotez reddedilememektedir. Bu durumda, spesifikasyon hatası yoktur yorumu yapılabilmektedir. Modelin normallik sinaması için Jarque-Bera testi uygulanmaktadır. Sonuç olarak, P değeri 0.05'ten yüksek çıktığından temel hipotez reddedilememektedir. Bu durumda, seri normal dağılımlıdır yorumu yapılabilmektedir.

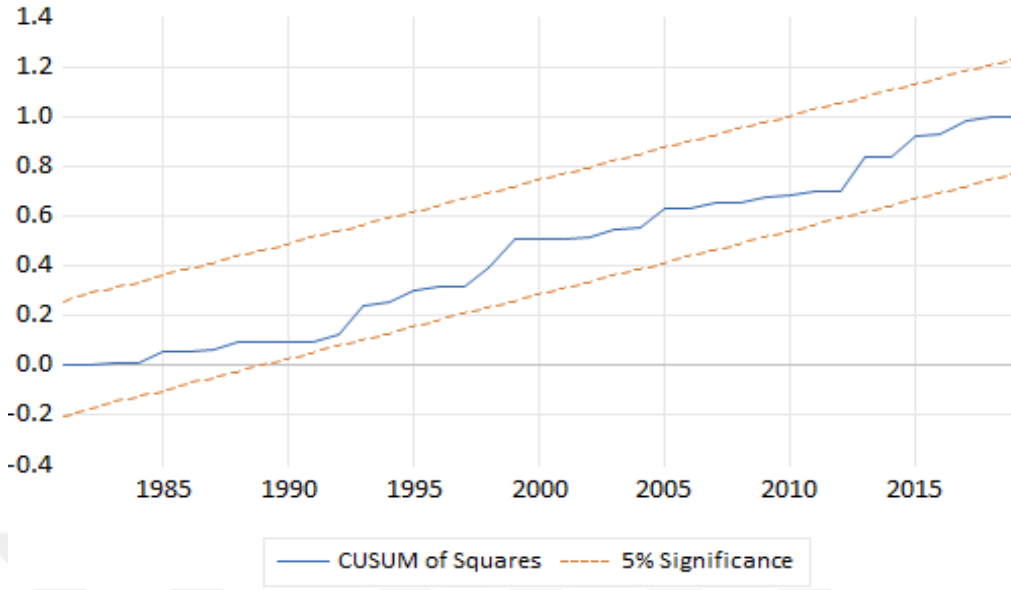
3.6.4.2. CUSUM ve CUSUM2 Testi Sonuçları

Parametre kararlılığı olarak %95 güven düzeyinde CUSUM ve CUSUM² testi uygulanmaktadır. Her iki testte mavi çizgi kırmızı güven sınırları içerisinde olduğundan parametreler için kararlıdır yorumu yapılabilmektedir.

Şekil 3.7: Parametre Kararlılığı Olarak %95 Güven Düzeyinde CUSUM Testi



Şekil 3.8: Parametre Kararlılığı Olarak %95 Güven Düzeyinde CUSUM² Testi



3.6.5. ARDL Modeli Uzun Dönem Tahmini

Tablo 3.14: ARDL Modeli Uzun Dönem Tahmini

Değişkenler	Katsayı değerleri	Std. hata	T stat.	Prob
top	-4.56	1.67	-2.73	0.009
is	5.08	1.37	3.70	0.000
gsyh	-27.45	13.38	-2.05	0.04
gsyh2	1.35	0.70	1.92	0.06
et	2.86	0.96	2.97	0.005
ybet	-0.13	0.09	-1.41	0.16

ARDL uzun dönem sonuçlarını yorumlanması, modelde yer alan değişkenlerin uzun dönem ilişkilerini ve ekonometrik olarak anlamlı olup olmadığını anlamamız açısından önemlidir. Modelde yer alan YBET hariç diğer değişkenler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. YBET değişkeninin ekonometrik anlamda anlamsız sonuç vermesi uzun dönemde YBET’te meydana gelebilecek değişimin FSTLCF üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığı yönündedir. YBET değişkeninin olumlu yönde bir etkiye sahip olduğu beklenmektedir. Ancak Türkiye için elde edilen bulgular, böyle bir ilişkinin bulunmadığını göstermekte ve bu nedenle beklentiler karşılanamamaktadır.

Anlamlı değişkenler için yorumlar; TOP değişkeni negatif ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlıdır ($P < 0.01$). TOP değişkeninde meydana gelebilecek %1’lik artış FSTLCF üzerinde %4.56 azalışa sebep olmaktadır. İS değişkeni pozitif ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur ($P < 0.01$). İS değişkeninde meydana gelebilecek %1’lik artış FSTLCF üzerinde %5.08 artışa sebep olmaktadır. GSYH negatif

ve anlamlı sonuç üretmektedir. GSYH değişkeninde meydana gelebilecek %1’lik artış FSTLCF üzerinde %27.45 azalışa sebep olmaktadır. GSYH2 değişkeni pozitif ve anlamlı sonuçlar üretmektedir. GSYH2 değişkeninde meydana gelebilecek %1’lik artış FSTLCF üzerinde %1.35 artışa sebep olmaktadır. ET değişkeni pozitif ve anlamlı sonuç üretmiştir. ET değişkeninde meydana gelebilecek %1’lik artış FSTLCF üzerinde %2.86 artışa sebep olmaktadır. Et değişkeni için beklenti karşılanmamaktadır. Modelde GSYH ve GSYH² değişkenlerinden birinin negatif diğerinin pozitif değer alması Türkiye de FSTLCF hipotezini doğrulamaktadır. Gelir ile orman sürdürülebilirliği arasında U şeklinde bir ilişki vardır yorumu yapılabilmektedir. (David I. Stern) Bu nedenle U şeklindeki ilişkinin dönüm noktasını hesabı için ARDL uzun dönem değişkenlerin gelir için dönüm noktasını hesaplanması;

$$\hat{t} = \exp(-\beta_1/2 * \beta_2)$$

$$\hat{t} = \exp\left(\frac{-27.45}{2 * 1.35}\right)$$

$$\hat{t} = 26.021$$

şeklinde. Hesaplama yapılabilmek için GSYH ve GSYH2 parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır (Song vd., 2007). Bu durumda model için dönüm noktası 26,021\$’dır.

3.6.6. ARDL Modeli Kısa Dönem Tahmini

Tablo 3.15: ARDL Modeli Kısa Dönem Tahmini

Değişkenler	Katsayı değerleri	Std. hata	t- stat.	Prob
EC _{t-1}	-0.47	0.08	-5.90	0.00
D(GSYH)	-6.07	5.92	-1.02	0.31
D(GSYH(-1))	10.81	5.54	1.95	0.06
D(GSYH2)	0.26	0.34	0.78	0.44
D(GSYH2(-1))	-0.57	0.31	-1.81	0.08
D(ET)	0.38	0.25	1.50	0.14
D(ET(-1))	-0.48	0.24	-2.00	0.05
C	89.22	15.39	5.79	0.00

ARDL kısa dönem tahmininde, geçmiş dönem verilerini ve gecikmeli değişkenleri kullanarak bağımlı değişkenlerin mevcut ve gelecekteki değerleri tahmin edilmektedir. ARDL kısa dönem hata düzeltme modeline ait sonuçlara bakıldığında,

EC_{t-1}= -0.47 olarak hesaplanmaktadır (COINTEQ*). EM_{t-1}= -0.47 değeri negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğundan, hata düzeltme mekanizmasının çalıştığını söylemek mümkündür. Bu durumda, kısa dönemde oluşacak sapmalar $1/0.47 \approx 2.12$ yıl sonra uzun dönem dengesine ulaşabilecektir.

3.6.7. Nedensellik Testi Sonuçları

Değişkenlerimiz arasındaki nedensellik ilişkisini görüntülemek amacıyla Granger nedensellik testi sonuçları Tablo 3.16’da verilmektedir.

Tablo 3.16: Granger Nedensellik Testi Sonuçları

H₀: Granger nedeni değildir. H₁: Granger nedendir.	F istatistiği	Prob.	Sonuç	N=52 G=2
TOP >> D(FSTLCF)	0.450	0.640		
D(FSTLCF) >> TOP	2.221	0.120		
IS >> D(FSTLCF)	5.115	0.010		
D(FSTLCF) >> IS	0.220	0.803		
D(GSYH) >> D(FSTLCF)	0.236	0.791		
D(FSTLCF) >> D(GSYH)	1.076	0.349		
D(GSYH2) >> D(FSTLCF)	0.204	0.817		
D(FSTLCF) >> D(GSYH2)	1.015	0.370		
D(ET) >> D(FSTLCF)	0.000	1.000		
D(FSTLCF) >> D(ET)	0.528	0.593		
D(YBET) >> D(FSTLCF)	0.358	0.701		
D(FSTLCF) >> D(YBET)	0.232	0.794		
IS >> TOP	5.957	0.005	var	
TOP >> IS	5.030	0.010	var	
D(GSYH) >> TOP	0.408	0.668		
TOP >> D(GSYH)	0.495	0.613		
D(GSYH2) >> TOP	0.434	0.651		
TOP >> D(GSYH2)	0.667	0.518		
D(ET) >> TOP	0.355	0.703		
TOP >> D(ET)	2.236	0.118		
D(YBET) >> TOP	0.327	0.722		
TOP >> D(YBET)	0.339	0.714		
D(GSYH) >> IS	1.708	0.192		
IS >> D(GSYH)	0.490	0.616		
D(GSYH2) >> IS	1.548	0.223		
IS >> D(GSYH2)	0.653	0.525		
D(ET) >> IS	2.637	0.082		
IS >> D(ET)	2.457	0.097		
D(YBET) >> IS	1.141	0.328		
IS >> D(YBET)	1.008	0.373		
D(GSYH2) >> D(GSYH)	0.050	0.951		
D(GSYH) >> D(GSYH2)	0.104	0.902		
D(ET) >> D(GSYH)	0.029	0.971		
D(GSYH) >> D(ET)	0.059	0.942		
D(YBET) >> D(GSYH)	1.092	0.344		
D(GSYH) >> D(YBET)	0.262	0.770		
D(ET) >> D(GSYH2)	0.061	0.941		
D(GSYH2) >> D(ET)	0.038	0.963		
D(YBET) >> D(GSYH2)	1.118	0.335		
D(GSYH2) >> D(YBET)	0.303	0.740		
D(YBET) >> D(ET)	0.022	0.978		
D(ET) >> D(YBET)	0.519	0.598		

Not: AIC bilgi kriterine göre hesaplanmıştır.

Nedensellik testi için kurulacak hipotez "Granger nedeni değildir" şeklindedir. Modelde, $IS \gg TOP$ ($0.005 < 0.01$), $D(ET) \gg IS$, $IS \gg D(ET)$ hariç diğer değişken kombinasyonları için nedensel bir ilişki bulunmadığını söylemek mümkündür. Yani, "Granger nedeni değildir" hipotezi reddedilememektedir.





DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, Türkiye'de orman sürdürülebilirliğini LCC hipotezini kullanarak orman ayak izi göstergesi ile analiz edilmiştir. LCC hipotezi ekonomik büyüme ile LCF arasında U şeklinde bir ilişki olduğunu öne sürmekte. Bu çalışmada U şeklindeki ilişkinin yanı sıra LCC hipotezi de Türkiye için doğrulanmıştır. Çalışmada, 1965-2019 yıllarını kapsayan veriler kullanılarak ARDL sınır testi uygulanmış ve geleneksel, kırılmalı birim kök testleri ile birlikte Fourier birim kök testleri de birlikte değerlendirilmiştir. Analizler sonucunda, modele eklenen değişkenlerin aralarındaki nedensel ilişkiyi test etmek için Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Sosyoekonomik değişkenleri modele dahil edebilmek adına STIRPAT modeli kullanılmıştır.

Birim Kök Testleri modelin durağanlığını test etmek adına kullanılmaktadır. Geleneksel ve kırılmalı birim kök testleri ile Fourier birim kök testleri, verilerin durağan olup olmadığını belirlemek için kullanılmıştır. Sonuçlar, veri setinde yapısal kırılmaların ve periyodik bileşenlerin varlığını göstermiştir. Bu bulgular, orman ayak izi göstergesinin zaman içerisinde değişim gösterdiğini ve analizlerin bu değişkenliği dikkate alması gerektiğini vurgulamaktadır. ARDL Sınır Testi Sonuçları; ARDL sınır testi sonuçları, orman sürdürülebilirliği ve orman ayak izi göstergesi arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, orman sürdürülebilirliğinin, orman ayak izi göstergesi ile yakından ilişkili olduğunu ve uzun dönemde birbirlerini etkilediklerini ortaya koymaktadır. YBET değişkeni uzun vadede orman ekosistemi üzerinde bir etkiye sahip olmadığı yönünde bilgi vermektedir. Granger Nedensellik Testi Sonuçları; Granger nedensellik testi, değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri belirlemek için kullanılmıştır. IS ve TOP arasında anlamlı bir nedensel ilişki bulunmuştur ($0.005 < 0.01$). Bu bulgu, IS değişkeninin TOP değişkeninin gelecekteki değerlerini tahmin etmek için kullanılabileceğini göstermektedir. Diğer değişken kombinasyonları için ise nedensel bir ilişki bulunamamıştır. Bu, orman sürdürülebilirliği ile diğer değişkenler arasında doğrudan bir nedensel ilişki olmadığını göstermektedir. STRPAT Modeli Sonuçları; Sosyoekonomik değişkenleri analize dahil edilerek, orman sürdürülebilirliğinin sosyoekonomik faktörler üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlamıştır. STRPAT modeli bize çevresel gösterge, nüfus, refah ve teknolojiyi birlikte test etmemize olanak sağlamaktadır. STIRPAT sayesinde Sonuçlar; sosyoekonomik faktörlerin orman sürdürülebilirliği üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, orman politikalarının oluşturulmasında sosyoekonomik faktörlerin dikkate alınması

gerektiğini vurgulamaktadır. Modelde gelirin dönüm noktası için hesaplanan rakam 26.021\$'dır.

Genel Değerlendirme Çalışmamızın genel sonuçları, Türkiye'de orman sürdürülebilirliğinin orman ayak izi göstergesi ile yakından ilişkili olduğunu ve sosyoekonomik faktörlerin bu ilişkiyi önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. ARDL sınır testi, birim kök testleri ve Granger nedensellik testi sonuçları, orman politikalarının uzun dönemli etkilerini değerlendirmek için kapsamlı bir analiz sağlamaktadır. STIRPAT modelinin kullanılması, sosyoekonomik değişkenlerin orman sürdürülebilirliği üzerindeki etkilerini daha iyi anlamamıza olanak tanımıştır.

Sonuç olarak, bu çalışmanın bulguları, orman sürdürülebilirliğini artırmak için daha entegre ve kapsamlı politikalar geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Orman ayak izi göstergesi ve sosyoekonomik değişkenler arasındaki ilişkiler dikkate alınarak, Türkiye'de orman yönetimi ve politika yapıcıların daha bilinçli ve etkili kararlar alması sağlanabilir.



EKLER

Ek 1: Veriler

<i>yl</i>	<i>fstlcf</i>	<i>qsyh</i>	<i>qsyh2</i>	<i>top</i>	<i>is</i>	<i>et</i>	<i>ybet</i>
1965	1.789	7.929	62.862	17.262	0.252	7.977	5.373
1966	1.770	8.010	64.156	17.287	0.256	8.090	5.425
1967	1.741	8.030	64.477	17.313	0.260	8.098	5.438
1968	1.653	8.070	65.120	17.338	0.264	8.224	5.683
1969	1.554	8.085	65.372	17.363	0.267	8.288	5.736
1970	1.584	8.094	65.509	17.386	0.271	8.325	5.588
1971	1.587	8.125	66.019	17.409	0.278	8.404	5.423
1972	1.522	8.174	66.819	17.431	0.285	8.493	5.598
1973	1.529	8.184	66.979	17.454	0.293	8.595	5.389
1974	1.464	8.217	67.515	17.476	0.300	8.593	5.607
1975	1.485	8.265	68.317	17.496	0.307	8.681	6.126
1976	1.349	8.344	69.627	17.517	0.322	8.779	6.436
1977	1.339	8.356	69.825	17.538	0.338	8.848	6.445
1978	1.334	8.349	69.713	17.560	0.354	8.882	6.497
1979	1.308	8.322	69.259	17.581	0.369	8.803	6.573
1980	1.323	8.277	68.505	17.602	0.385	8.820	6.648
1981	1.341	8.304	68.959	17.622	0.414	8.809	6.730
1982	1.336	8.318	69.187	17.643	0.443	8.875	6.815
1983	1.412	8.343	69.609	17.666	0.473	8.885	6.570
1984	1.435	8.385	70.316	17.689	0.502	8.914	6.717
1985	1.577	8.405	70.645	17.711	0.532	8.968	6.586
1986	1.449	8.452	71.431	17.732	0.544	9.033	6.553
1987	1.450	8.522	72.626	17.752	0.555	9.144	6.982
1988	1.449	8.525	72.680	17.772	0.567	9.219	7.403
1989	1.532	8.509	72.397	17.792	0.578	9.181	6.906
1990	1.482	8.578	73.587	17.810	0.589	9.244	7.142
1991	1.515	8.567	73.399	17.829	0.595	9.247	7.106
1992	1.317	8.599	73.940	17.846	0.600	9.279	7.245
1993	1.055	8.655	74.910	17.864	0.606	9.345	7.473
1994	1.295	8.590	73.783	17.881	0.612	9.296	7.351
1995	1.170	8.649	74.799	17.898	0.617	9.391	7.489
1996	1.092	8.703	75.748	17.915	0.632	9.462	7.600
1997	1.122	8.760	76.741	17.931	0.647	9.490	7.571
1998	1.110	8.768	76.883	17.947	0.662	9.500	7.612
1999	1.115	8.720	76.040	17.962	0.677	9.458	7.399
2000	1.059	8.773	76.958	17.976	0.691	9.509	7.271
2001	1.264	8.698	75.664	17.991	0.702	9.399	7.003
2002	1.113	8.747	76.510	18.005	0.712	9.475	7.315
2003	1.124	8.790	77.260	18.018	0.723	9.519	7.341
2004	1.045	8.870	78.670	18.032	0.733	9.574	7.585
2005	0.837	8.942	79.964	18.045	0.744	9.582	7.413
2006	0.799	8.996	80.936	18.058	0.754	9.673	7.509
2007	0.721	9.038	81.680	18.066	0.764	9.721	7.290
2008	0.754	9.033	81.598	18.079	0.774	9.712	7.215
2009	0.800	8.970	80.459	18.093	0.785	9.713	7.297
2010	0.674	9.036	81.642	18.108	0.795	9.753	7.657
2011	0.645	9.127	83.304	18.123	0.809	9.806	7.680
2012	0.587	9.161	83.926	18.135	0.823	9.852	7.779
2013	0.628	9.230	85.188	18.148	0.837	9.827	7.834
2014	0.581	9.264	85.830	18.162	0.851	9.837	7.522
2015	0.567	9.310	86.680	18.175	0.866	9.912	7.954
2016	0.544	9.329	87.038	18.188	0.880	9.944	8.016
2017	0.610	9.389	88.149	18.201	0.894	9.988	7.967
2018	0.560	9.405	88.453	18.215	0.908	9.969	8.068
2019	0.601	9.399	88.337	18.229	0.922	9.998	8.355

KAYNAKÇA

- Alsaleh, M., & Yang, Z. (2023, 12 Eylül). *Balıkçılık endüstrisinde bilgi ve iletişim teknolojisinin evrimi: Deniz sürdürülebilirliğine giden yol*. Erişim Adresi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X23006641?via%3Dihub>.
- Alvi, F. N., & Cheema, A. M. (2023). Recent rise of climate change and Islamic perspectives: A research review. *MEI*, 22(2), 1-17.
- Ayad, H. (2023, 10 Ekim). *G7 ülkelerinde balıkçılık alanlarının yük kapasitesi eğrisinin araştırılması: İnsan sermayesinin ve yenilenebilir enerji kullanımının etkisinin değerlendirilmesi*. Erişim Adresi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X23008470?via%3Dihub>.
- Ayad, H., Lefilef, A., & Ben-Salha, O. (2023). A revisit of the EKC hypothesis in top polluted African countries via combining the ARMEY curve into the Kuznets curve: A fourier ARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(33), 81151-81163.
- BP Enerji Görünümü. (2023, 5 Şubat). Erişim Adresi: https://www.bp.com/tr_tr/turkey/home/basin-merkezi/basin-bultenleri/bp-enerji-gorunumu-2023-enerji-donusumunu-cevreleyen-temel-egilimleri-ve-belirsizlikleri-inceliyor.html.
- Çağlar, A. E., Destek, M. A. ve Manga, M. (2024). Türkiye için yük kapasitesi eğrisi hipotezinin analizi. Sürdürülebilir çevre için bir bakış açısı. *Temiz Üretim Dergisi*, 444, 132-141.
- Dietz, T., & Rosa, E. A. (1997). Effects of population and affluence on CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(1), 175-179.
- Du, Q., vd. (2022). Impact of financial inclusion and human capital on environmental quality: Evidence from emerging economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(22), 33033-33045.
- Duman, E. ve Keser, A. (2018). Palm yağı ve sağlık üzerine etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 9(3), 54-58.
- Dünya Enerji Görünümü. (2023, 15 Kasım). Erişim Adresi: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023/executive-summary>.

- Enders, W., & Lee, J. (2012). Esnek Fourier formu ve Dickey-Fuller tipi birim kök testleri. *Economics Letters*, 117(1), 196-199.
- Granger, C. W. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica. Journal of the Econometric Society*, 37(3), 424-438.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991, 3 April). *Environmental impacts of a North American free trade agreement*. Retrieved from: <https://www.nber.org/papers/w3914>.
- Gujarati, D. N. (2016). *Örneklerle ekonometri* (Bolatoğlu, N. Çev.). Ankara: BB101 Yayınları.
- Güloğlu, B., Çağlar, A. E. ve Pata, U. K. (2023). OECD ülkelerinde yük kapasitesi faktörünün belirleyicilerinin analizi: Gelişmiş kantil panel veri yöntemlerinden elde edilen kanıtlar. *Gondwana Research*, 118, 92-104.
- Kartal, M. T. (2023). Yenilenebilir enerjinin, ticaret küreselleşmesinin ve teknolojik yeniliğin Çin'deki çevresel kalkınma üzerindeki etkileri: Çeşitli çevresel göstergelerden ve yeni kantil yöntemlerinden elde edilen kanıtlar. *Çevresel Kalkınma*, 48, 100-123.
- Khan, I., Hou, F. & Le, H. P. (2021, 18 May). *The impact of natural resources, energy consumption and population growth on environmental quality: Fresh evidence from the United States of America*. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896972035751X?via%3Dihub>.
- Kwiatkowski, D., vd. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159-178.
- Martin, F. M., Ciovea, L. & Cristescu, M. P. (2013). Implication of human capital in the development of SMEs through the ICT adoption. *Procedia Economics and Finance*, 6, 748-753.
- Mehrara, M., Rezaei, S. & Razi, D. H. (2015). Determinants of renewable energy consumption among ECO countries; based on Bayesian model averaging and weighted-average least square. *International Letters of Social and Humanistic Sciences*, 54, 96-109.

- Mert, M. ve Çağlar, A. E. (2019). *Eviews ve gauss uygulamalı zaman serileri analizi kitabı* (1. Basım). Ankara: Detay Yayıncılık.
- Narayan, P. K. (2005). The saving and investment nexus for China: Evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979-1990.
- Nathaniel, S. P. (2021). Biocapacity, human capital, and ecological footprint in G7 countries: The moderating role of urbanization and necessary lessons for emerging economies. *Energy, Ecology and Environment*, 6(5), 435-450.
- Özcan, M. (2022, 17 Ekim). *Soya*. Erişim Adresi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/2022%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/Soya%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporu%202022-366%20TEPGE.pdf>.
- Pata, U. K., & Kartal, M. T. (2023). Impact of nuclear and renewable energy sources on environment quality: Testing the EKC and LCC hypotheses for South Korea. *Nuclear Engineering and Technology*, 55(2), 587-594.
- Pesaran, M. H., Shin, Y. & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Sevüktekin, M. ve Nargeleçekenler, M. (2010). *Eviews uygulamalı ekonometrik zaman serileri kitabı* (1. Basım). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Schneider, M., vd. (2021, 20 August). *The commodity report: Soy production's impact on forests in South America*. Retrieved From <https://www.globalforestwatch.org/blog/forest-insights/soy-production-forests-south-america/>.
- Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32(8), 1419-1439.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023, 5 Eylül). *Orman yangınları*. Erişim Adresi: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/orman-yanginlari-i-85850>.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024, 8 Ekim). *Yutaklar*. Erişim Adresi: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/yutak-alanlar-ve-karbon-tutumları-i-85723>
- T.C. Dış İşleri Bakanlığı. (2022, 11 Mart). *Paris anlaşması*. Erişim Adresi: <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>.

- T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Türkiye Sanayi Sevk ve İdare Enstitüsü. (2018, 26 Şubat) Erişim Adresi: https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Belgeler/k%C4%B1rm%C4%B1z%C4%B1%20et/_K%C4%B1rm%C4%B1z%C4%B1_Et_Rapor_Bas%C4%B1lan_PDF.pdf.
- T.C. Orman Genel Müdürlüğü. (2021, 4 Ekim). Erişim Adresi: <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz-sitesi/TurkiyeOrmanVarligi/Yayinlar/2020%20T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf>
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (2024, 16 Ekim). *Ormansızlaşmanın önlenmesi*. Erişim Adresi: <https://ticaret.gov.tr/dis-iliskiler/yesil-mutabakat/ab-dongusel-ve-surdurulebilir-sanayi-politikalari/ab-ormansizlasmanin-onlenmesi-mevzuati>.
- Tao, S., Zheng, T., & Lianjun, T. O. N. G. (2008). An empirical test of the environmental Kuznets curve in China: A panel cointegration approach. *China Economic Review*, 19(3), 381-392.
- Tarı, R. (2015). *Ekonometri* (1. Basım). Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Türkiye Ormancılar Derneği. (2022, 22 Mart). *Türkiye’de ormansızlaşma ve orman bozulması*. Erişim Adresi: <https://www.ormancilardernegi.org/Documents/c30ecb50-46f6-4c6e-b3a1-bf9ece098466.pdf>.
- United Nations Security Council. (2017, 5 May). Retrieved from: <https://www.un.org/esa/forests/news/2017/03/idf2017-un-press-release/index.html>.
- World Wide Fund for Nature. (2024, 22 June). *Unsustainable cattle ranching*. Retrieved from: https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/where_we_work/amazon/amazon_threats/unsustainable_cattle_ranching/.

DİZİN

-A-

ACF, xiii, 20
 ADF Testi, 22, 23, 24, 50, 51, 54
 Ağaç Ürünleri, 8, 9
 ARDL, v, vi, xiii, 3, 33, 39, 40, 41, 42, 43, 58, 59, 60, 61, 65, 66
 ARDL Modeli, 60, 61

-Ç-

Çevresel Ayak İzi, v, 39
 Çevresel Kuznets Eğrisi, xiii, 2, 9, 11

-D-

Doğal Gaz, 14, 15
 Durağanlık, 20

-E-

EKC, xiii, 2, 9, 11, 40, 71
 Ekolojik Ayak İzi, v, 11

-F-

Fosil Yakıtlar, 14, 15, 16, 49
 Fourier, vi, xiii, 3, 20, 21, 26, 27, 40, 42, 53, 54, 65, 70
 FSTLCC, v, 3, 10

-G-

Granger, v, vi, 3, 32, 36, 43, 62, 65, 66, 70

-İ-

İnsan Sermayesi, v, 2, 11, 12, 39, 44
 İS, xiii, 12, 44, 51, 54, 55, 56, 57

-K-

Kakao, 8, 9

Kırılmalı Birim Kök Testleri, 3, 20, 28, 65

Kömür, 15

-L-

LCC, v, vi, xiii, 2, 3, 9, 10, 11, 39, 40, 41, 42, 65, 71
 LCC Hipotezi, v, 2, 3, 9, 10, 39, 40, 41, 42, 65
 LCF, xiii, 1, 2, 9, 39, 41, 42, 65

-N-

Nedensellik, 36, 62, 65

-O-

Orman, v, vii, xiii, 10, 11, 12, 13, 42, 43, 44, 66, 71, 72
 Orman Ayak İzi, v, 66
 Otokolerasyon, xiii, 20

-P-

PACF, xiii, 20
 Palm Yağı, 8, 9
 Petrol, 14

-S-

Sığır Eti, 8
 Soya, 8, 71
 Sürdürülebilirlik, 17

-Y-

Yenilenebilir Enerji, v, 12, 14, 15, 16, 17, 39, 41, 44, 69
 Yenilenemeyen Enerji, v, 5, 13, 14, 39
 Yenilenemeyen Enerji Kaynakları, 14
 Yük Kapasitesi Eğrisi, v, 2, 39, 42