

**T.C.  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOMANYETİK AKTİF DURUMLAR İÇİN MANYETİK EŞLENİK  
NOKTALARINDAKİ İYONOSFERİK TOPLAM ELEKTRON  
İÇERİĞİNDEKİ (TEİ) DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Serhat KORLAELÇİ**

**FİZİK Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. İbrahim ÜNAL**

**EYLÜL 2020**

**T.C.  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOMANYETİK AKTİF DURUMLAR İÇİN MANYETİK EŞLENİK  
NOKTALARINDAKİ İYONOSFERİK TOPLAM ELEKTRON  
İÇERİĞİNDEKİ (TEİ) DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Serhat KORLAELÇİ  
(23614120101)**

**FİZİK Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. İbrahim ÜNAL**

**EYLÜL 2020**

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının her aőamasında yardımlarını benden esirgemeyen, rehberlik eden öneri, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan ve her konuda yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Sayın İbrahim ÜNAL'a, tezin başından sonuna kadar her aőamasında bana yol gösteren ve dostluğunu esirgemeyen Doç. Dr. Selçuk SAĞIR'a, sevgili hocam Doç. Dr. Ramazan ATICI'ya, ayrıca bugünlere gelmemde arkadaőlığını ve dostluğunu her yönden hissettiren Dr. Öğr. Üyesi Turan GÜLER'e,

Sonsuz sabırları, sevgileri, hoşgörülerini ve özverileriyle beni hayata hazırlayan ve her koşulda yanımda olan canım aileme,

Tüm kalbimle teşekkür ederim.

**Serhat KORLAELÇİ**

## ONUR SÖZÜ

Doktora tezi olarak sunduğum “Jeomanyetik Aktif Durumlar İçin Manyetik Eşlenik Noktalarındaki İyonosferik Toplam Elektron İçeriğindeki (TEİ) Değişimlerin İncelenmesi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı dűşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bűtűn kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yűntemine uygun biçimde gűsterilenlerden olduğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

**Serhat KORLAELÇİ**



# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>i</b>
<b>ONUR SÖZÜ</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KURAMSAL BİLGİLER</b> .....	<b>5</b>
2.1. Yer'in İyonosferi .....	5
2.2. Yer'in Jeomanyetik Alanı .....	7
2.3. Yer'in Manyetosferi .....	12
2.4. Manyetik Eşlenik Olgusu .....	15
2.5. Manyetik İndisler .....	17
2.5.1. K indisi .....	17
2.5.2. $K_p$ ve $a_p$ indisi .....	18
2.5.3. Auroral elektrojet indisi (AE) .....	18
2.5.4. Dst (Disturbance Storm Time) indisi .....	19
2.6. Gezegenlerarası Manyetik Alan (IMF) .....	20
2.7. Toplam Elektron İçeriği (TEİ) .....	21
<b>3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ YÖNTEMLERİ</b> .....	<b>23</b>
3.1. Serpilme Diyagramı .....	25
3.2. Zaman Serilerinde Durağanlık Analizi .....	27
3.3. Üst Üste Binmiş Dönem Analizi (SEA) .....	28
3.4. Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli .....	29
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>32</b>
<b>5. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>41</b>
5.1. Düşük Enlem Bölgesi İçin Yapılan Analizler .....	41
5.1.1. Birinci dönem analizleri .....	41
5.1.2. İkinci dönem analizleri .....	44
5.1.3. Üçüncü dönem analizleri .....	48
5.1.4. Dördüncü dönem analizleri .....	51
5.2. Orta Enlem Bölgesi İçin Yapılan Analizler .....	54
5.2.1. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik noktalarının analizi .....	54
5.2.1.1. Birinci dönem analizleri .....	54
5.2.1.2. İkinci dönem analizleri .....	58
5.2.1.3. Üçüncü dönem analizleri .....	61
5.2.1.4. Dördüncü dönem analizleri .....	64
5.2.2. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik noktalarının analizi .....	67
5.2.2.1. Birinci dönem analizleri .....	67
5.2.2.2. İkinci dönem analizleri .....	71
5.2.2.3. Üçüncü dönem analizleri .....	74

5.2.2.4. Dördüncü dönem analizleri .....	77
5.2.3. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik noktalarının analizi .....	81
5.2.3.1. Birinci dönem analizleri .....	81
5.2.3.2. İkinci dönem analizleri .....	84
5.2.3.3. Üçüncü dönem analizleri .....	87
5.2.3.4. Dördüncü dönem analizleri .....	91
5.3. Yüksek Enlem Bölgesi İçin Yapılan Analizler .....	94
5.3.1. Birinci dönem analizleri .....	94
5.3.2. İkinci dönem analizleri .....	97
5.3.3. Üçüncü dönem analizleri .....	101
5.3.4. Dördüncü dönem analizleri .....	104
<b>6. SONUÇ .....</b>	<b>108</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>110</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>118</b>



## TABLolar LİSTESİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Tablo 2.1. $K_p$ indisine karşılık gelen $a_p$ değerleri .....	18
Tablo 2.2. Dst değerlerine göre manyetik fırtınaların değişimi .....	19
Tablo 3.1. McKinnon (1996) kritik değerleri ve anlamlılık düzeyleri .....	28
Tablo 4.1. TEİ değerlerinin elde edildiği istasyonların coğrafik ve manyetik koordinatları .....	32
Tablo 4.2. İncelenen dönemler ve bu dönemlerde gözlenen $K_p$ 'nin maksimum değerleri .....	34
Tablo 5.1. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem durağanlık değerleri .....	42
Tablo 5.2. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem regresyon analiz sonuçları .....	44
Tablo 5.3. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem durağanlık değerleri .....	45
Tablo 5.4. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem regresyon analiz sonuçları .....	47
Tablo 5.5. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem durağanlık değerleri .....	48
Tablo 5.6. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem regresyon analiz sonuçları .....	50
Tablo 5.7. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem durağanlık değerleri .....	52
Tablo 5.8. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem regresyon analiz sonuçları .....	53
Tablo 5.9. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem durağanlık değerleri	55
Tablo 5.10. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem regresyon analiz sonuçları .....	57
Tablo 5.11. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem durağanlık değerleri .....	58
Tablo 5.12. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem regresyon analiz sonuçları .....	60
Tablo 5.13. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem durağanlık değerleri .....	62
Tablo 5.14. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem regresyon analiz sonuçları .....	63
Tablo 5.15. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem durağanlık değerleri .....	65
Tablo 5.16. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem regresyon analiz sonuçları .....	67

Tablo 5.17. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem durağanlık değerleri .....	68
Tablo 5.18. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem regresyon analiz sonuçları .....	70
Tablo 5.19. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem durağanlık değerleri .....	72
Tablo 5.20. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem regresyon analiz sonuçları .....	74
Tablo 5.21. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem durağanlık değerleri .....	75
Tablo 5.22. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem regresyon analiz sonuçları .....	77
Tablo 5.23. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem durağanlık değerleri .....	78
Tablo 5.24. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem regresyon analiz sonuçları .....	80
Tablo 5.25. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem durağanlık değerleri .....	81
Tablo 5.26. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem regresyon analiz sonuçları .....	83
Tablo 5.27. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem durağanlık değerleri .....	85
Tablo 5.28. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem regresyon analiz sonuçları .....	87
Tablo 5.29. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem durağanlık değerleri .....	88
Tablo 5.30. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem regresyon analiz sonuçları .....	90
Tablo 5.31. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem durağanlık değerleri .....	91
Tablo 5.32. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem regresyon analiz sonuçları .....	93
Tablo 5.33. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem durağanlık değerleri .....	95
Tablo 5.34. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem regresyon analiz sonuçları .....	97
Tablo 5.35. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem durağanlık değerleri .....	98
Tablo 5.36. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem regresyon analiz sonuçları .....	100
Tablo 5.37. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem durağanlık değerleri .....	101
Tablo 5.38. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem regresyon analiz sonuçları .....	103



Tablo 5.39. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem durağanlık değerleri .....	105
Tablo 5.40. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem regresyon analiz sonuçları .....	106



## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. İyonosferik elektron yoğunluğunun yüksekliğe bağlı değişimi .....	7
Şekil 2.2. Yer'in manyetik alanının elemanlarının gösterimi .....	9
Şekil 2.3. Yer'in manyetik alanı ve Manyetik dipol örneği .....	9
Şekil 2.4. Yer'in manyetosferi ve karakteristik bölgeleri .....	13
Şekil 2.5. 1972-2010 periyodu için aylık K-indisinin $\geq 7$ olduğu süreler toplamı .....	14
Şekil 2.6. Küresel koordinat sistemine göre manyetik eşlenik noktaların gösterimi .....	16
Şekil 2.7. TEİ ölçüm sistemi .....	21
Şekil 3.1. 2015 yılında Nakatane istasyonundan 12:00 UT'de alınan TEİ verilerinin zamanla değişimi .....	23
Şekil 3.2. 2015 yılında Learmonth istasyonu için TEİ değerlerinin trend eğrisi .....	24
Şekil 3.3. 2015 yılının Şubat-Nisan aylarına ait Nakatane-Katherine istasyonlarından alınan saatlik TEİ verilerinin 90 günlük serpilme diyagramı .....	25
Şekil 3.4. Serpilme diyagramı için olabilecek korelasyon durumları .....	26
Şekil 4.1. TEİ değerlerinin elde edildiği 5 farklı manyetik eşlenik çifti istasyonlarının Yer'in coğrafik ve manyetik koordinatları üzerindeki gösterimi .....	33
Şekil 4.2. 2015 yılı 1. dönem için IMF ve jeomanyetik indislerin zamanla değişimi ....	35
Şekil 4.3. 2015 yılı 2. dönem için IMF ve jeomanyetik indislerin zamanla değişimi ....	36
Şekil 4.4. 2015 yılı 3. dönem için IMF ve jeomanyetik indislerin zamanla değişimi ....	37
Şekil 4.5. 2015 yılı 4. dönem için IMF ve jeomanyetik indislerin zamanla değişimi ....	38
Şekil 5.1. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için 1. dönem serpilme diyagramı .....	41
Şekil 5.2. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem $\delta$ TEİ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	42
Şekil 5.3. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için 2. dönem serpilme diyagramı .....	45
Şekil 5.4. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem $\delta$ TEİ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	46
Şekil 5.5. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için 3. dönem serpilme diyagramı .....	48
Şekil 5.6. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem $\delta$ TEİ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	49
Şekil 5.7. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için 4. dönem serpilme diyagramı .....	51
Şekil 5.8. Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem $\delta$ TEİ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	52
Şekil 5.9. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için 1. dönem serpilme diyagramı	55
Şekil 5.10. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem $\delta$ TEİ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	56

Şekil 5.11. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için 2. dönem serpilme diyagramı .....	58
Şekil 5.12. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	59
Şekil 5.13. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için 3. dönem serpilme diyagramı .....	61
Şekil 5.14. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	62
Şekil 5.15. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için 4. dönem serpilme diyagramı .....	64
Şekil 5.16. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	65
Şekil 5.17. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için 1. dönem serpilme diyagramı .....	68
Şekil 5.18. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	69
Şekil 5.19. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için 2. dönem serpilme diyagramı .....	71
Şekil 5.20. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	72
Şekil 5.21. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için 3. dönem serpilme diyagramı .....	74
Şekil 5.22. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	75
Şekil 5.23. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için 4. dönem serpilme diyagramı .....	78
Şekil 5.24. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	79
Şekil 5.25. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için 1. dönem serpilme diyagramı .....	81
Şekil 5.26. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	82
Şekil 5.27. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için 2. dönem serpilme diyagramı .....	84
Şekil 5.28. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	85
Şekil 5.29. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için 3. dönem serpilme diyagramı .....	88
Şekil 5.30. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	89
Şekil 5.31. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için 4. dönem serpilme diyagramı .....	91
Şekil 5.32. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	92

Şekil 5.33. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için 1. dönem serpilme diyagramı .....	94
Şekil 5.34. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	95
Şekil 5.35. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için 2. dönem serpilme diyagramı .....	98
Şekil 5.36. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	99
Şekil 5.37. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için 3. dönem serpilme diyagramı .....	101
Şekil 5.38. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	102
Şekil 5.39. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için 4. dönem serpilme diyagramı .....	104
Şekil 5.40. Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem $\delta TEI$ değerlerinin zamana göre değişimleri .....	105

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

<b>K</b>	: Manyetik etkinlik indisi
<b>K<sub>p</sub></b>	: Gezegenel K indisi
<b>a<sub>p</sub></b>	: Lineer yapıya dönüştürülmüş K <sub>p</sub> indisi
<b>D<sub>st</sub></b>	: Ekvatorial jeomanyetik indis
<b>A<sub>p</sub></b>	: Sekiz a <sub>p</sub> indisinin aritmetik ortalaması
<b>AE</b>	: Auroral elektrojet indisi
<b>AU</b>	: <b>H</b> bileşenin maksimum pozitif kararsızlık değeri
<b>AL</b>	: <b>H</b> bileşenin maksimum negatif kararsızlık değeri
<b>N<sub>e</sub></b>	: Elektron yoğunluğu
<b>N<sub>m</sub></b>	: Molekül yoğunluğu
<b>E<sub>s</sub></b>	: Sporadik E tabakası
<b>D</b>	: Manyetik alanın yatay bileşenin coğrafik kuzey ile yaptığı açı
<b>I</b>	: Manyetik alanın yatayla yaptığı açı
<b>H</b>	: Yer'in manyetik alanının yatay bileşeni
<b>F</b>	: Yer'in manyetik alan kuvveti
<b>X</b>	: Yer'in manyetik alan kuvvetinin kuzey yönündeki bileşeni
<b>Y</b>	: Yer'in manyetik alan kuvvetinin doğu yönündeki bileşeni
<b>Z</b>	: Yer'in manyetik alan kuvvetinin dikey bileşeni
<b>R<sub>E</sub></b>	: Yer yarıçapı
<b>θ'</b>	: Küresel koordinat sistemine göre manyetik eşlenik noktanın enlemi
<b>φ</b>	: Küresel koordinat sistemine göre manyetik eşlenik noktanın boylamı
<b>ℓ</b>	: Alınan yol
<b>S<sub>q</sub></b>	: Güneş'in sakin olduğu günler
<b>B<sub>x</sub></b>	: Gezegenler arası manyetik alan vektörünün x bileşeni
<b>B<sub>y</sub></b>	: Gezegenler arası manyetik alan vektörünün y bileşeni
<b>B<sub>z</sub></b>	: Gezegenler arası manyetik alan vektörünün z bileşeni
<b>Δ</b>	: Fark operatörü
<b>h<sub>t</sub></b>	: Varyans
<b>t</b>	: Zaman

$\varepsilon$	: Hata terimi
k	: Gecikme uzunluğu
foF2	: İyonosferik F2 tabakasının kritik frekansı
foE	: E tabakası kritik frekansı
foE <sub>s</sub>	: Sporadic E tabakası kritik frekansı
F10.7	: Güneş akısı
$\Delta N_m F2$	: F2 tabakası elektron yoğunluğu farkı
N <sub>nD</sub>	: D tabakası nötr yoğunluğu
IMF	: Interplanetary Magnetic Field (Gezegenler Arası Manyetik Alan)
TEİ	: Toplam Elektron İçeriği
TECU	: Toplam Elektron İçeriği Birimi
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)
SEA	: Superposed Epoch Analysis (Üst Üste Binmiş Dönem Analizi)
GNSS	: Global Navigation Satellite System (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi)
ADF	: Genişletilmiş Dickey-Fuller Testi
PP	: Phillips-Perron Testi
KPSS	: Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, Shin Testi
SEKK	: Sıradan En Küçük Kareler
ARCH	: Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
AR	: Otoregresif Model
MA	: Hareketli Ortalamalar Modeli
UT	: Evrensel zaman
STEC	: Slant Total Electron Constant
QBO	: Quasi Biennial Oscillation (İki Yılda Bir Meydana Gelen Salınımlar)
IRI	: International Reference Ionosphere
EUV	: Ekstra Ultra Violet

# ÖZET

Doktora Tezi

## JEOMANYETİK AKTİF DURUMLAR İÇİN MANYETİK EŞLENİK NOKTALARINDAKİ İYONOSFERİK TOPLAM ELEKTRON İÇERİĞİNDEKİ (TEİ) DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ

Serhat KORLAELÇİ

İnönü Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Fizik Anabilim Dalı

120+XVI sayfa

2020

Danışman: Prof. Dr. İbrahim ÜNAL

Bu tez çalışmasında manyetik eşlenik noktalarında elde edilen ölçülmüş toplam elektron içeriği (TEİ) değerlerinin jeomanyetik aktif durumda verdikleri tepkiler incelenmiştir. İnceleme düşük enlem bölgesinden Nakatane-Katherine (22,16° K, 202,3° D ile 24,16° G, 202,3° D), orta enlem bölgesinden Beijing-Learmonth (30,63° K, 187,96° D ile 31,86° G, 187,35° D), Petropavlovsk-Canberra (46,28° K, 227,29° D ile 46,90° G, 228,33°D), Bar Harbor-Palmer Station (50,82° K, 9,26° D ile 51,31° G, 7,67° D) ve yüksek enlem bölgesinden Ny Alesund-Davis (76,36° K, 129,44° D ile 76,52° G, 131,76° D) olmak üzere beş manyetik eşlenik istasyon çifti için yapılmıştır.

Yapılan analizde serpilme diyagramı, üst üste binmiş dönem analizi (SEA) ve çoklu doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır. Bu analizler, Güneş lekesi sayısının maksimum olduğu 2015 yılında manyetik fırtınaların yaşandığı 4 farklı mevsimsel dönem için yapılmıştır. Her mevsimsel dönem için  $K_p$  değerinin maksimum olduğu gün referans alınarak, bu tarihten  $\pm 45$  gün öncesi ve sonrası incelenmiştir. SEA ile  $K_p > 2^+$  değerleri olay anı olarak belirlenmiş ve jeomanyetik aktivite durumu analize dahil edilmiştir. Regresyon modelinde ise  $K_p$  değeri bağımsız değişken olarak göz önüne alınmıştır. Ayrıca manyetik eşlenik çiftlerinde taşınma süreci iki yönlü olacağı düşüncesi ile her bir manyetik eşlenik noktasındaki TEİ değeri bağımlı değişken olarak göz önüne alınırken diğer noktadaki TEİ değeri bağımsız değişken olarak kabul edilmiştir.

Serpilme diyagramlarında düşük ve orta enlem bölgelerinden seçilen manyetik eşlenik çiftleri için tüm dönemlerde güçlü ve pozitif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Yüksek enlem bölgesinden seçilen manyetik eşlenik çiftinde ise oldukça zayıf bir ilişki gözlenmiştir. SEA analizlerinde ise tüm manyetik eşlenik çiftlerinden elde edilen TEİ değerleri jeomanyetik aktiviteye olay anı civarında tepki vermiştir. Çoklu doğrusal regresyon analiz sonuçlarında Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 2. dönemi ve Bar Harbor-Palmer Station eşleniğinin 4. dönemi hariç tüm dönemlerde TEİ katsayıları pozitifdir. Ekvatordan kutuplara gidildikçe bu katsayıların azaldığı görülmektedir. Modele dâhil edilen jeomanyetik indis ( $K_p$ ) değerinin ise manyetik eşlenik noktasındaki TEİ

değerlerinden oldukça düşük değerler aldıkları görülmektedir. Yani bir manyetik eşlenik çiftinin birindeki TEİ değeri, karşı uçtaki TEİ değerini  $K_p$  indisinden çok daha fazla etkilediği görülmüştür.

Sonuç olarak, jeomanyetik aktif durumda manyetik eşlenik noktalarındaki TEİ değerlerinin karşılıklı olarak birbirini önemli ölçüde etkiledikleri göz önünde bulundurularak, özellikle iyonosferik veya iyonosfer kaynaklı çalışmalarda herhangi bir eşlenik noktasındaki değişim incelenirken karşı eşlenik noktasındaki değişimlerin de göz önüne alınması gerektiği önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** İyonosfer, jeomanyetik aktiflik, manyetik eşlenik noktaları, toplam elektron içeriği (TEİ), üst üste binmiş dönem analizi (SEA), çoklu doğrusal regresyon analizi.





## ABSTRACT

Phd. Thesis

### THE INVESTIGATION OF CHANGES IN THE IONOSPHERIC TOTAL ELECTRON CONTENT (TEC) AT MAGNETIC CONJUGACY POINTS FOR GEOMAGNETIC ACTIVE CONDITIONS

Serhat KORLAELÇİ

İnönü University  
Graduate School of Nature and Applied Sciences  
Department of Physics

120+XVI pages

2020

Supervisor: Prof. Dr. İbrahim ÜNAL

In this thesis, the responses of the measured total electron content (TEC) values obtained at magnetic conjugate points in the geomagnetic active state were examined. The investigation dose for five magnetic conjugate stations, Nakatane-Katherine (22,16° N, 202,3° E and 24,16° S, 202,3° E) from the low latitude region, the mid-latitude (Beijing-Learmonth (30,63° N, 187,96° E and 31,86° S, 187,35° E), Petropavlovsk-Canberra (46,28° N, 227,29° D to 46,90° S, 228,33°D), Bar Harbor-Palmer Station (50,82° N, 9,26° D to 51,31° S, 7,67° E)) and Ny Alesund-Davis (76,36° N, 129,44° E and 76,52° S, 131,76° E) from the high latitude region.

The scattering diagram, superposed epoch analysis (SEA) and multiple linear regression analysis were used in the analysis. These analyzes were conducted for 4 different seasonal periods when magnetic storms occurred in 2015, when the sunspots number was maximum. For each seasonal period, the day when the  $K_p$  value was the maximum was taken as a reference,  $\pm 45$  days before and after this date were examined. In the SEA method,  $K_p > 2^+$  values were determined as the moment of the event and the geomagnetic activity state was included in the analysis. In the regression model, the value of  $K_p$  is considered as an independent variable. In addition, with the idea that the transport process will be two-way in magnetic conjugate points, the TEC value at each magnetic conjugate point was considered as the dependent variable, while the TEC value at the other point was accepted as the independent variable.

It is determined that there is a strong and positive relationship in all periods for magnetic conjugate points selected from low and middle latitude regions in scattering diagrams. A very weak relationship is observed in the magnetic conjugate points selected from the high latitude region. In SEA analyzes, TEC values obtained from all magnetic conjugate points reacted around the event moment of the geomagnetic activity. In the results of multiple linear regression analysis, TEC coefficients is positive in all periods except the 2<sup>nd</sup> period of the Petropavlovsk-Canberra and the 4<sup>th</sup> period of the Bar Harbor-Palmer Station conjugate stations points. It is seen that these coefficients decrease as we go

to the poles at the equator. It is seen that the geomagnetic index ( $K_p$ ) value included in the model has quite low values in TEC values at the magnetic conjugate point. In other words, it has been observed that the TEC value in one of a magnetic conjugate points affects the TEC value at the opposite end much more than the  $K_p$  index.

As a result, it is seen that TEC values at magnetic conjugate points in the geomagnetic active state affect each other significantly. For this reason, especially in ionospheric derived or ionospheric studies, it is recommended to consider the changes in the opposite conjugate point when examining the change in any conjugate point.

**Keywords:** Ionosphere, geomagnetic activity, magnetic conjugacy points, total electron content (TEC), superposed epoch analysis (SEA), multiple linear regression analysis.



## 1. GİRİŞ

Özellikle son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte insanların yaşam kalitesini artırmak için bilime olan gereksinim her geçen gün artmaktadır. Bu ihtiyaçları karşılamak için birçok bilim dalında; hayatı kolaylaştırmak, haberleşmeyi hızlandırmak ve bulunduğu bölgeyi daha güvenilir hale getirmek için çalışmalar devam etmektedir. Geline uzay çağı ile birlikte haberleşme ve güvenlik sistemleri uydu teknolojisiyle yapılmaktadır. Bu sistemlerin uygulanmasında, uzay ile Yeryüzü arasında bulunan atmosfer tabakası önemli bir yere sahiptir. Bu tabakanın oldukça karmaşık bir yapısı vardır. Bu yapı sıcaklık, fiziksel ve kimyasal olmak üzere farklı bölgelere ayrılmıştır (Rishbeth ve Garriott, 1969; Ünal, 1997). Birçok farklı disiplin açısından önemli bir yere sahip olan bu bölgelerden biri de iyonosferdir ve uzay ile Yeryüzü arasında yapılan araştırmaların önemli bir bölümü bu tabaka ile ilgilidir (Timoçin, 2016).

İyonosfer, Yer'in üst atmosferinin bir parçasıdır ve yaklaşık 50 km'den başlayıp 1000 km ye kadar uzanan bir yüksekliğe sahiptir. Bu bölgede serbest elektron ve pozitif iyonların sayısı neredeyse eşit olduğundan dolayı elektriksel olarak nötr kabul edilir. Bu yüzden doğal bir plazmadır. İyonosferik plazma ve Yer'e yakın atmosferin temel parametresi olan elektron yoğunluğu, Güneş'ten gelen ışınımlar, 11 yıllık Güneş döngüsü, jeomanyetik indisler, gece-gündüz döngüsü, mevsimsel dönemler, coğrafik konum, volkanik patlamalar, tayfunlar, yıldırımlar, güçlü elektromanyetik radyasyon kaynakları ve daha birçok aktiviteye bağlıdır. Bu olaylar oldukça karmaşık kimyasal, elektrofiziksel, hidrodinamik ve elektromanyetik süreçleri içerir. İyonosferin oluşumunda en büyük etki Güneş tarafından oluşturulmakla birlikte, her bölgenin kimyasal yapısı ve bileşenlerinin farklı olmasından dolayı, Güneş'ten gelen farklı dalga boyuna sahip ışınlar, farklı yapıda bölgelerin oluşmasını sağlamaktadır. Bu bölgeler, elektron yoğunluklarına göre D, E ve F bölgeleri olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Karmaşık bir yapıya sahip olduğundan iyonosferi bu katmanlara ayırmak, yapısını ve özelliklerini daha iyi anlamamız açısından önemlidir. Bu bölgelerden en fazla elektron yoğunluğuna F bölgesi sahiptir. Özellikle Güneş'in aktif olduğu dönemlerde, Güneş rüzgârlarıyla manyetosfere giren enerjinin artması sonucu meydana gelen jeomanyetik aktivitedeki değişim, iyonosferdeki elektron

yoğunluğu, sıcaklık, elektrik alan ve nötr bileşenler gibi parametreleri değiştirerek özellikle askeri ve sivil haberleşmelerde, uydu haberleşmesi ve konum belirleme teknolojilerinde büyük öneme sahiptir (Rishbeth ve Garriott, 1969; Banks ve Kockarts, 1973; Schunk ve Nagy, 2000; Prölss, 2004; Kelley, 2009).

İyonosferik araştırmalarda daha iyi sonuç elde etmek için kullanılan en önemli parametrelerden biri de Toplam Elektron İçeriği (TEİ) dir. TEİ'nin büyük bir bölümünü iyonosferin elektron yoğunluğu oluşturmaktadır. TEİ verileri, zaman aralığına (günlük, mevsimsel), verilerin alındığı istasyonların konumlarına (enlem, boylam) ve iyonosferik değişkenliğe neden olan faktörlere (Güneş aktivitesi, iyonosferik fırtınalar, hareketli iyonosferik bozulmalar) göre değişkenlik gösterir ve iyonosferin karakteristik özellikleri hakkında önemli bilgiler verir. Bu değişkenliği istatistiksel yöntemlerle gözlemlemek bize değişkenliğin karakteri hakkında bilgi verir (Rishbeth ve Garriott, 1969; Ünal, 1997; Schunk ve Nagy, 2000; Türel, Aktaş ve Arıkan, 2007; Kelley, 2009). TEİ, bir uydu ve alıcısı arasında sinyal yolu boyunca metrekaire başına düşen elektron sayısıdır. Birimi TECU'dur. 1 TECU'da metrekaire başına  $10^{16}$  adet elektron bulunur. TEİ hesaplamaları GPS sistemi teknolojisiyle de yapılmaktadır. GPS sistemi elektron yoğunluğunun hesaplanmasına göre hem daha basit hem de maddi açıdan daha düşük maliyete sahip olduğundan birçok iyonosferik araştırma bu teknoloji ile yapılmaktadır (Coker, Hunsucker ve Lott, 1995; Ho, Mannucci, Lindqwister, Pi ve Tsurutani, 1996; Calais ve Minster, 1996; Houminer ve Soicher, 1996; Gümrükcü, 2009). TEİ hesaplamalarında iyonosferde ilerleyen elektromanyetik dalgalar ortamın kırılma indisinden etkilenir. Kırılma indisi ve diğer iyonosferik parametrelerin değişiminde ve belirlenmesinde Yer'in manyetik alanının etkisi oldukça önemlidir (Ünal, Özcan ve Canılmaz, 2004).

Yer'in manyetik alanı çeşitli kaynaklardan gelen akımların birleşimi ile oluşmuştur. Jeomanyetik alanın oluşumunda ana akım kaynağı olan Yer'in çekirdeğindeki elektrik akımlarının en az 3,5 milyar yıl önce oluştuğu tahmin edilmektedir. Bu elektrik akımlarının oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğu on binlerce nT büyüklüğündedir. Yer'in çekirdeğindeki akımların dışında kalan akımlar Jeomanyetik alanın oluşumunda çok küçük bir yere sahiptir (Van Sabben, 1966; Yamazaki ve Maute, 2017).

Yer ve onun manyetik alanı, Güneş'ten yayılan ve Güneş rüzgârı olarak bilinen bir parçacık yağışı içine gömülmüştür. Ayrıca, Yer'in manyetik alanı gezegenlerarası ortamın manyetik alanı (Interplanetary Magnetic Field-IMF) ile etkileşim içindedir. Bunların her ikisi, özellikle Güneş rüzgârları, jeomanyetik alanın değişiminin temel sebebidir ve

manyetosfer olarak adlandırılan sınırlı bir hacme hapsolmuştur (Kivelson ve Russell, 1995; Schunk ve Nagy, 2000; Prölss, 2004). Yer'in manyetik alanı Yer küreye bir manyetik kalkan oluşturmakla beraber manyetik ekvatora eşit uzaklıkta bulunan iyonosferik noktalar arasındaki bağlantıyı da sağlar. Bu noktalara manyetik eşlenik noktası denir. Bir eşlenik noktasında bulunan elektronlar Yer'in manyetik alanı boyunca karşı manyetik eşlenik noktasına taşınır (Yamazaki ve Maute, 2017; Sergeenko, 2018). Bu nedenle iyonosferde bir noktada gerçekleşecek bir değişimin etkisi, fotoiyonların manyetik alan ile taşınması sonucunda eşlenik noktasında da bir değişim meydana getirmektedir (Sergeenko, 2018).

Bu çalışmanın amacı, jeomanyetik aktif durumlarda manyetik eşlenik noktalarındaki iyonosferik TEİ değişimlerini incelemektir. Diğer bir deyişle, jeomanyetik fırtınalı günler temel alınarak manyetik eşlenik noktalarındaki TEİ'nin jeomanyetik aktivite değişimlerine verdiği tepkiyi belirlemektir. Güneş rüzgârlarının sonucunda manyetosfere giren Güneş plazması, Yer'in manyetik alanı tarafından tuzaklanmakta ve manyetik alan çizgileri boyunca hem güney hem de kuzey tarafına sürüklenmektedir. Böylece, TEİ verilerinin manyetik alan kuvvet çizgileri boyunca iyonosferin hareketinden dolayı eşlenik noktalarında aynı tepkiyi vermesi beklenmektedir.

Bu amaç doğrultusunda manyetik eşlenik noktalarındaki TEİ değişimleri, serpilme diyagramı, üst üste binmiş dönem analizi (Superposed Epoch Analysis-SEA) ve çoklu doğrusal regresyon analizi ile incelenmiştir. Bu analiz düşük, orta ve yüksek enlemlerde bulunan 5 farklı eşlenik noktasındaki 10 farklı istasyon için uygulanmıştır. Bu sayede enleme bağlı olarak manyetik eşlenik çiftinin jeomanyetik duruma verdiği tepkiler değerlendirilmiştir. Ayrıca incelenen 2015 yılı, 11 yıllık Güneş döngüsünde Güneş lekesi sayılarının maksimum olduğu zaman dilimidir. Jeomanyetik indisler (AE,  $a_p$ ,  $K_p$  ve Dst) ve IMF parametrelerinin maksimum olduğu dönemler belirlenerek dört farklı mevsime ayrılıp manyetik eşlenik çiftlerinin jeomanyetik durumlara verdiği tepkiler mevsimsel olarak da analiz edilmiştir. İyonosferik bir noktadan Yer'in manyetik alanı ile taşınan yüklü parçacıkların manyetik eşleniği olan noktada TEİ değişimi üzerinde meydana getireceği değişimlerin iki yönlü olacağı göz önünde bulundurularak bir eşlenik çifti için iki farklı regresyon analizi yapılmıştır. Ayrıca manyetik eşlenik noktalarındaki TEİ değerlerinin üst üste binmiş dönem analizinde aynı olay anları seçilerek eşlenik noktalarındaki TEİ değerlerinin aynı olaya verdiği tepkiler de analiz edilmiştir. Bu kapsamda ikinci bölümde manyetik eşlenik noktaları arasındaki bağlantıyı sağlayan bölge hakkındaki kuramsal bilgiler, üçüncü bölümde çalışmada kullanılan istatistik yöntemler, dördüncü bölümde

analizlerin yapıldığı yöntemlere yer veren materyal ve metot, beşinci bölümde analizler ile elde edilen bulgular ve literatür tartışması, altıncı bölüm de ise analiz sonuçlarına yer verilmiştir.



## 2. KURAMSAL BİLGİLER

### 2.1. Yer'in İyonosferi

Atmosfer içinde iletken bir tabakanın varlığının anlaşılması yaklaşık bir asır öncesine dayanır. Atmosfer içinde manyetik alan değişimlerinden etkilenen bir iletken tabaka olduğu fikri 1839'da Gauss, 1860'da Kelvin tarafından ileri sürülmüştür. Marconi'nin 1901'de Cornwall'den yayımlanmış olduğu radyo sinyalinin Newfoundland'dan alması, Yer iyonosferinin deneysel olarak saptanmasını sağlamıştır. 1902'de Kennelly ve Heaviside, 80 km yükseklikte, yansıtıcı bir iletken katmanın varlığını ileri sürmüşlerdir. 1903 yılında Taylor ve 1906 yılında Fleming, bu tabakaların Güneş ışınlarıyla şekillendiğini söylemişlerdir. 1925'e doğru Appleton ve Hartree, atmosferde radyo dalgalarının yayılması kuralını ortaya atmış, 1931'de Chapman, Güneş ışınımının etkisi altında iyon ve elektronların oluşumunu nicel olarak formüleştirmiştir (Timoçin, 2016).

İyonosferin uzun mesafeli elektromanyetik dalga yayılımı için kullanılması fikri, teorik ve uygulamalı olarak yirminci yüzyılın ortalarından itibaren geliştirilmiştir (Maeda, 1952; Martyn, 1953; Baker ve Martyn, 1953; Yonezawa, 1956; Ratcliffe, 1956, 1960; Kaiser, 1962; King ve Kohl, 1965; Tinsley, Brown ve Scherrer, 1989; Volland, 1984). İyonosferik ortam "yansıtıcı ekran" olarak tanımlanmış ve son yıllarda uzun menzilli kara-kara radyo iletişimi için kullanıldığı gibi uydu-kara ve uydu-uydu bağlantıları için de pratik uygulamalar geliştirilmiştir. Manyeto-iyonik teoriler olarak bilinen iyonosfer yoluyla radyo dalgası yayılım teorileri de yirminci yüzyılın ortalarında ortaya atılmıştır. Böylece iyonosfer bölgesinden yansıma ve saçılma ile radyo iletişiminin sağlanabilme olasılığı fikri büyük önem kazanmıştır (Blaunstein ve Plohotniuc, 2008).

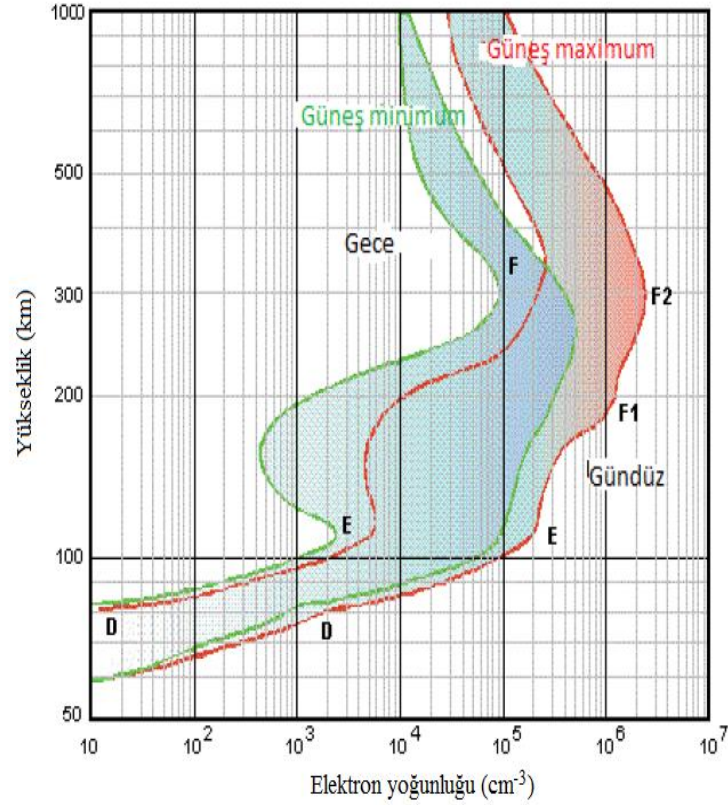
İyonosfer, Güneş'ten dolayı iyonize olan ve Yer atmosferindeki farklı gazların yüksek enerjili parçacıklar ile etkileşiminden oluşur (Plendl, 1932; Ratcliffe, 1960). İyonosferin yapısı ve özellikleri; ana etken olarak Güneş'te meydana gelen süreçlere, Yer'in manyetik alanındaki değişime (Chapman ve Ferraro, 1930), Yer'in dönüşü nedeniyle üst atmosferdeki nötr rüzgar hareketlerine, elektrik akımı ve ortam elektrik alanlarının etkilerine (Maeda, 1952; Martyn, 1953; Baker ve Martyn 1953; King ve Kohl

1965) ve yoğunluk, farklı yükseklikler ve coğrafi enlemlerdeki atmosferin içeriği ile ilgili süreçlere (Ratcliffe, 1956; Yonezawa, 1956) bağlıdır.

İyonosfer, Yer'in üst atmosferinin 50 km yüksekliklerden 1000 km'lik yüksekliklere ulaşan bir parçası olarak tanımlanmıştır ve biçimsel olarak alt iyonosfer (50-100 km), orta iyonosfer (100-400 km) ve üst iyonosfer (400-1000 km) olarak üç kısma ayrılır. Bu bölge kısmen iyonize olmuş gaz ile doludur ve plazma adını alır. Özellikle iyonosferin dış bölgesi (400-1000 km), elektronların ve iyonların yoğunluğunun ( $N_e$ ), nötr molekül ve atomların yoğunluğunu ( $N_m$ ) aştığı yükseklik bölgesi olarak belirlenir. Nötr parçacıkların, moleküllerin ve atomların konsantrasyonu; yaklaşık olarak 60 km'de  $10^{21} \text{ m}^{-3}$ , 100 km'de  $10^{19} \text{ m}^{-3}$ , 400 km'de  $10^{14} \text{ m}^{-3}$  ve 1000 km'de  $10^9 \text{ m}^{-3}$  olarak belirlenmiştir. Böylece nötr parçacıkların, moleküllerin ve atomların konsantrasyonu yükseklik ile keskin bir şekilde azalma göstermektedir (Blaunstein ve Plohotniuc, 2008). Aynı zamanda, plazma hemen hemen nötr olduğu için elektronların veya iyonların konsantrasyonu da yaklaşık olarak 60 km'de  $10^7-10^8 \text{ m}^{-3}$ , 100 km'de  $10^{11}-10^{12} \text{ m}^{-3}$ , 400 km'de  $10^{12} \text{ m}^{-3}$  ve 1000 km'de  $5 \times 10^{10} \text{ m}^{-3}$  şeklinde çok yavaş değişir. Sonuç olarak, iyonosferdeki plazma iyonizasyon derecesi yükseklik ile keskin bir şekilde artarken, alt iyonosferde zayıf ( $N_e/N_m \sim 10^{-14}-10^{-10}$ ) ve orta iyonosferde kısmen ( $N_e/N_m \sim 10^{-8}-10^{-3}$ ), dış iyonosferde ise büyük oranda iyonize olur ( $N_e/N_m \sim 10^1-10^2$ ). İyonosferik yüksekliklerdeki yoğunluklar bu şekilde tanımlanırken, ortalama plazma sıcaklığı ise yaklaşık olarak iyonosferin alt kısımlarında 210-240 K, orta kısımlarında 1500-2400 K ve üst kısımlarında 3000-3500 K şeklinde yükseklikle artmaktadır (Chernogor ve Blaunstein, 2016).

İyonosfer, genel olarak beş bağımsız bölgeye ayrılır (Ratcliffe, 1956; Yonezawa, 1956; Belikovich, Benediktov, Tolmacheva ve Bakhmetieva 2002; Blaunstein ve Plohotniuc, 2008). Yer'in yüzeyinden, 50 ile 85-90 km arasına D-bölgesi, 90 ile 130 km'lik kısma E-bölgesi ve 150 km'den fazla olan kısma F-bölgesi denir. F-bölgesinin genellikle 130 ile 200-250 km arasına F1 bölgesi ve 250 km'nin üzerindeki kısmı F2 bölgesi olarak adlandırılır. Bu bölgelerin dışında, 90-120 km yükseklikte, sporadik tabakanın ( $E_s$ ) dikey düzlemde yükseklik boyunca küçük bir kalınlığa sahip olduğu görülmektedir (Ratcliffe, 1956). İyonosferik bölgelerin genel gösterimi Şekil 2.1'de gösterildiği gibidir.





**Şekil 2.1:** İyonosferik elektron yoğunluğunun yüksekliğe bağlı değişimi (Yıldırım, 2020).

## 2.2. Yer'in Jeomanyetik Alanı

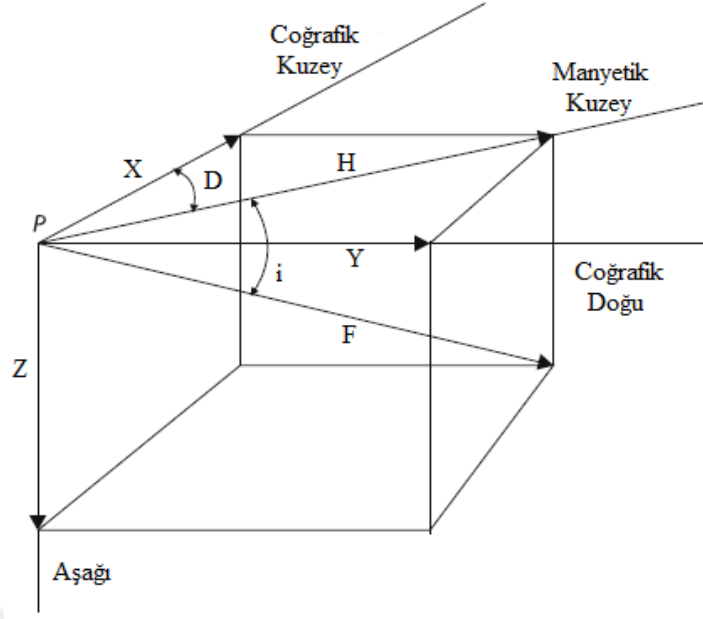
Yer'in manyetik alanı, Güneş'ten gelen zararlı radyasyon ve yüksek enerjili parçacıkları engellediği için bu alan olmadan yaşam sürdürülemez. Yer'in manyetik alanı, gezegenin ilk oluşumundan itibaren yani Yer'deki yaşam başlamadan çok önce oluşmuştur. Bu alan için en önemli katkı, on binlerce nT'lık manyetik alan üreten elektrik alandan kaynaklanır. Bu alanın ancak yüzde birkaçı iyonosferik elektrik akımlarından etkilenir (Yamazaki ve Maute, 2017). Aynı zamanda plazma ve Güneş radyasyonu manyetik alanı etkileyerek manyetik tedirginliklere yol açmaktadır. İnsanların uzaya olan ilgisi başlamadan ve elektrik günlük yaşamın temel ihtiyacı haline gelmeden önce, manyetik tedirginliklerin insanların yaşantısı üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Modern çağ ile birlikte teknolojinin ilerlemesi, Yer'in manyetik alanının hareketini, oluşumunu ve değişimlerini incelemeyi kaçınılmaz kılmıştır. Manyetik alanın davranışını daha önceden kestirim yapabilmek için hem Yer etrafındaki alanın hem de Güneş-Yer arasındaki alanın davranışı bilim insanları tarafından yoğun bir şekilde araştırılmıştır (Gunnarsdóttir, 2014).

Yer'in iç kısmındaki dinamo teorisinden önce, Yer'in manyetik alanının merkezinde bulunan güçlü bir mıknatıs tarafından üretildiği yönünde öneriler olmuştur. Ancak, bir ferromanyetik madde Curie sıcaklığının (demir için 1043 K) üzerinde mıknatıslık özelliğini kaybeder ve ferromanyetik bir madde olan Yer'in çekirdeğindeki demirin sıcaklığı Curie sıcaklığından çok daha fazladır (Jankowski ve Sucksdorff, 1996). Buna göre Yer'in iç kısmında alanı üreten elektrik akımları olmalıdır. Günümüzde dinamo teorisi oldukça ilerletilmiştir. Yer'in çekirdeğindeki dinamo süreçlerini takip edebilen bilgisayar modelleri geliştirilmiş, kuzey ve güney manyetik kutuplarının değiştiği tespit edilmiş, kutupların ters çevrilmesi ve ana alandaki yavaş değişimlerin simüle edilebildiği duruma gelmiştir (Gunnarsdóttir, 2014).

Jeomanyetik alan, farklı kaynakların ürettiği manyetik alanların üst üste binmesi ile oluşur. Bu alan çekirdek içinde yavaş hareket eden sıvı demirdeki elektrik akımlarının oluşturduğu ve kendini uyararak bir dinamo işlemi ile üretilir. Yer'in manyetik alanının oluşumunda çekirdekteki temel kaynağın yanı sıra iyonosferik ve manyetosferik kaynakların da katkısı bulunmaktadır ancak bu katkı tüm alanın sadece yüzde birkaçını oluşturmaktadır (Lanza ve Meloni, 2006; Merrill ve McElhinny, 1988). Özellikle Güneş'in sakin olduğu dönemlerde manyetik alandaki değişimlerden iyonosferik akımlar sorumludur (Yamazaki ve Maute, 2017). Elektrik akımlarının homojen olmayışı, Yer yüzeyinde bölgesel manyetik anormalliklere neden olur ve temel kaynaktaki değişimler, sıvı hızındaki değişimlere bağlıdır (Lanza ve Meloni, 2006).

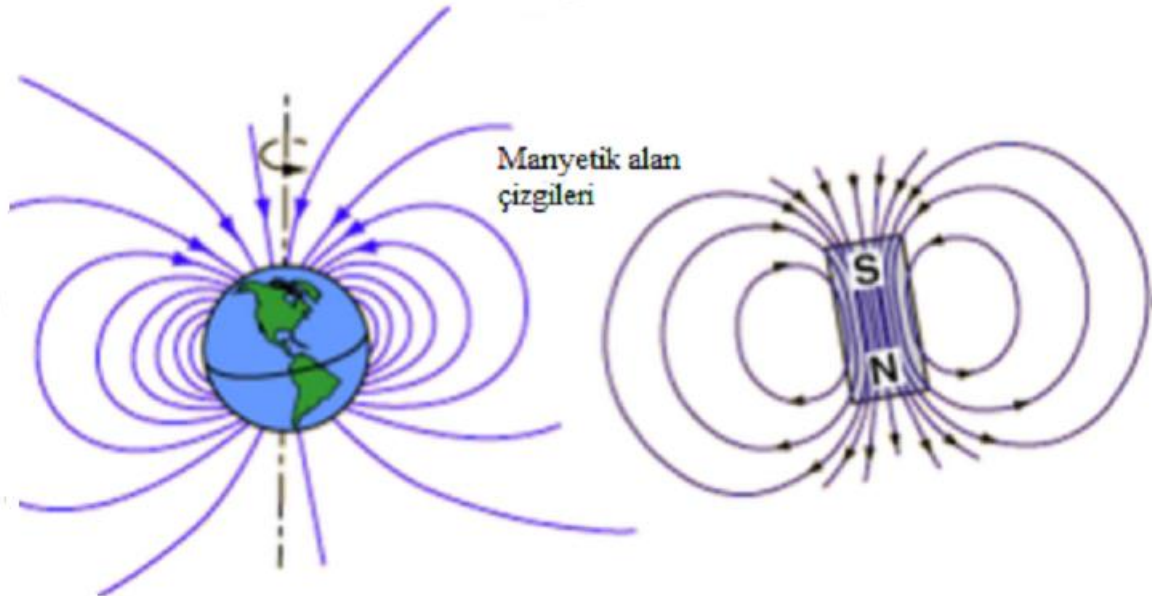
Yer'in manyetik alanının herhangi bir yerde belirlenebilmesi için, alanın yönü ve yoğunluğu ölçülmelidir. Yer'in manyetik alanı yedi parametre ile tanımlanır. Bunlar deklinasyon (**D**), inklinasyon (**i**), yatay yoğunluk (**H**), yatay şiddetin kuzey (**X**) ve doğu (**Y**) bileşenleri, dikey yoğunluk (**Z**) ve toplam yoğunluk (**F**)'tur. Bu yedi nicelik (**F**, **Z**, **H**, **i**, **D**, **X** ve **Y**) manyetik elemanlar olarak adlandırılırlar ve her hangi üç bağımsız eleman seti **F**'yi belirlemeye yarar. Bu manyetik bileşenler Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Bu bileşenler Gauss birimleri cinsinden ölçülebilir ve genellikle nT olarak ifade edilirler (Lanza ve Meloni, 2006).

Yer'in manyetik alanı 0.23-0.62 gauss arasında değişim göstermektedir (Matzka, Chulliat, Manda, Finlay ve Qamili, 2010). Alan, kutup noktaları yakınında çok güçlü ve ekvator civarında çok zayıftır. Manyetik alan konumla ve zamanla değişmekte olup, kutup bölgelerinde daha dikey bir bileşenden oluşurken, alan çizgileri ekvatorda yatay düzlemde yer almaktadır.



**Şekil 2.2:** Yer'in manyetik alanının elemanlarının gösterimi (Lanza ve Meloni, 2006).

Manyetik alanın Yer'e dik olduğu noktalara güney manyetik ve kuzey manyetik kutup denir. Bunlar Yer'in dönme eksenine işaretlenen coğrafi kutuplarla aynı olmayıp, Yer'in dönme ekseninden 11,5 derece eğik dev bir çubuk mıknatıs varmış gibi davranır. Bu durum Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



**Şekil 2.3:** Yer'in manyetik alanı ve manyetik dipol örneği ("Georgia State University", t.y.).

Yapılan jeomanyetik ve jeolojik çalışmalarda Yer'in manyetik alanının zamanla değiştiği de tespit edilmiştir. Bu değişimler milisaniyeden milyarlarca yıla uzanabilir, periyodik veya gelişigüzel olabilir. Alanın toplam gücü birkaç nT'dan binlerce nT'ya kadar farklılık gösterebilir. Zamandaki bu değişimler, uzun ve kısa süreli değişimler olmak üzere iki temel gruba ayrılır. Bunları zamanın dışında ayıran özellik, uzun süreli değişimlerin Yer'in iç dinamiklerinden gelmesidir, oysa kısa süreli değişimlerin dışsal kökenleri vardır. Genellikle uzun süreli değişimler beş yıldan fazla devam eden değişimlerdir (Lanza ve Meloni, 2006; Gunnarsdóttir, 2014). Ana manyetik alan değişimleri olarak görünürler. Kısa süreli değişimler saniye veya daha fazla ölçekte olabilir, ancak süreleri bir yılı neredeyse aşmaz ve yoğun değişimlere sebep olurlar. Bu değişimler yalnızca iyonosfer ve manyetosfer kaynaklı değil ayrıca Yer kabuğundaki ve okyanusların oluşturduğu uyarılmış akımlar tarafından da üretilirler. Manyetik ölçümlerle bu değişimlerin hızlılığı ve yoğunluğu net bir şekilde gözlemlenir. Bir jeomanyetik alanın manyetik olarak aktif olabilmesi için vektör yönünün ve yoğunluğunun sürekli değişmesi gerekir. Yer, Güneş ve Ay'ın yörünge ve dönme hareketi manyetik alanda kısa süreli değişimler meydana getirir.

Güneş rüzgârının manyetik alanı ile manyetosfer arasındaki etkileşim sonucu jeomanyetik alanda düzensiz değişiklikler meydana gelir. Plazma ve enerjinin transferini içeren etkileşim, manyetosfer ve iyonosferde zamanla değişen akımlara yol açar, bu da kabuk ve okyanuslarda uyarılmış akımlara neden olur. Manyetosferde meydana gelen ani ve tekrarlanan değişimlere jeomanyetik fırtına denir. Bu fırtınalar 1-1000 nT değişimlere neden olabilir ve jeomanyetik alanın tüm elemanlarını etkiler. Manyetik fırtınada en yaygın değişimler, birkaç yüz nT'lık sıçramalardır. Jeomanyetik fırtına, Güneş rüzgârındaki plazma ve enerjinin manyetosfere aktarılmasıyla oluşur. Çoğu manyetik fırtına, özellikle büyük fırtınalar, aniden ve neredeyse aynı anda bir dakika içinde tüm manyetosfer üzerinde etkili olur. Güneş akısının çoğu Yer'den döndürüldüğü halde, bir kısmı alan tarafından tuzaklanmıştır ve tuzaklanmış parçacıklar kuzey ve güney yarımküre arasındaki kuvvet çizgileri etrafında sarmal hareket yapar. Bu parçacıklar aynı zamanda manyetik alanın etkisi altında Yer'in etrafında sürüklenir (Gunnarsdóttir, 2014).

Jeomanyetik fırtınanın yoğunluğu, düşük manyetik enlemlerden itibaren yaklaşık 65°'ye kadar yüksek enlemlere doğru arttığı bulunmuştur. Bu bölge içinde yoğunluk, önemli olmasına rağmen, manyetik kutuplara doğru yavaşça azalır. Yoğun jeomanyetik fırtınalar, her bir fırtınanın büyüklüğü kendi aralarında farklı olmasına rağmen, tüm Yer üzerinde neredeyse aynı anda aniden başlar. Orta ve düşük enlemlerde H yatay yoğunluk

başlangıçtan bir veya iki saat içinde maksimuma ulaşır ve 2-6 saatlik bir dönem için başlangıç değerinin yukarısında kalır. Buna başlangıç fazı denir. Daha sonra H azalır, birkaç saat sonra başlangıçtaki bozulmamış değer maksimuma ulaştığı değer çok altında bir minimum elde edilir. Bu ana faz olarak isimlendirilir ve ana fazda birkaç gün devam edebilen aşamalı bir geri dönüş izlenir. Bu faz 12-14 saatte son bulur. Yaklaşık yarım saatlik dönemler ve yüzlerce gammalık genlikler ile büyük pozitif ve negatif sapmalar sıklıkla meydana gelir. Daha büyük fırtınalarda bu fazların gelişimi daha hızlı olur (Jacobs, 1970).

Jeomanyetik bir fırtınanın etkisi bütün enlemlerde ölçülebilir. Ani bir artışla başlar ve manyetosferde bir basınç değişikliği oluşturur. Bu basınç değişikliği, manyetik alanda meydana gelen ani bir artış ve azalışın kaynağıdır (Jankowski ve Sucksdorff, 1996). Bir jeomanyetik fırtına birkaç saat veya birkaç gün devam edebilir. Genliklerine bağlı olarak ölçeklendirilebilir (Love, 2008).

Jeomanyetik fırtınalar aslında, genellikle yüksek enlemlerde belirgin olan, alanı küçük, bölgesel tedirginlikleri olan çeşitli alt merkezlerin toplamıdır (Lanza ve Meloni, 2006). Alt fırtınalar ayrı ayrı meydana gelebilir ve manyetik kuyrukta enerji biriktiğinde manyetik bir yeniden bağlanmaya neden olduğu düşünülmektedir (Love, 2008). Manyetik yeniden bağlanma süreci, zıt yönde yönlendirilmiş iki manyetik alan çizgisinin bir araya getirilmesi ve manyetik enerjinin plazma kinetik enerjisine dönüştürülmesi ve plazmanın alan çizgileri boyunca akmasını mümkün kılmasıdır (Mullan, 2010; Zhao ve Zong, 2012). Bu olay manyetosferin kuyruğunda gerçekleşirse parçacıklar Yer'in manyetik alanı boyunca kuzey veya güney kutbuna doğru hızlanırlar. Kutuplara doğru hızlanmış parçacıklar üst atmosferdeki atomlar ile çarpışması halinde auroralara yol açarlar. Bu sebepten dolayı kutuplarda, manyetik tedirginlikler ile auralar birbiri ile ilişkilidir. Manyetik alandaki küçük tedirginlikler sırasında, yüksek enlemlerde auralar görülebilir, daha düşük enlemlerde ancak sadece yoğun manyetik fırtınalar sırasında görülebilir.

Güneş'ten sürekli olarak Yer'e doğru Güneş rüzgârı akışı vardır. Ancak bunların bütünü kendi başına, küçük tedirginliklere yol açabilmesine rağmen, alanda büyük değişikliklere neden olmak için yeterli değildir. Ani ve şiddetli tedirginlikler, Güneş'ten beklenmedik büyüklükte plazma ve radyasyon patlaması meydana geldiğinde gerçekleşir. Daha sonra manyetosfer büyük ölçüde deforme olarak Yer üzerinde ölçülen manyetik tedirginliklere yol açar. 11 yıllık Güneş döngüsünün Güneş maksimumuna ulaştığı zamanda yüzeyinde ve koronasında sıklıkla Yer'e doğru patlamalara benzeyen

püskürmeler gerçekleşir. Bunlar radyasyon patlamalarıdır. Güneş plazmasından fırlatılan bu radyasyonlar Yer'in manyetik kalkanını kırıp kıramayacağı, hızına, plazma hareket miktarına ve IMF'nin Yer'in manyetik alanına göre büyüklüğüne ve yönüne bağlıdır (Merrill ve McElhinny, 1988).

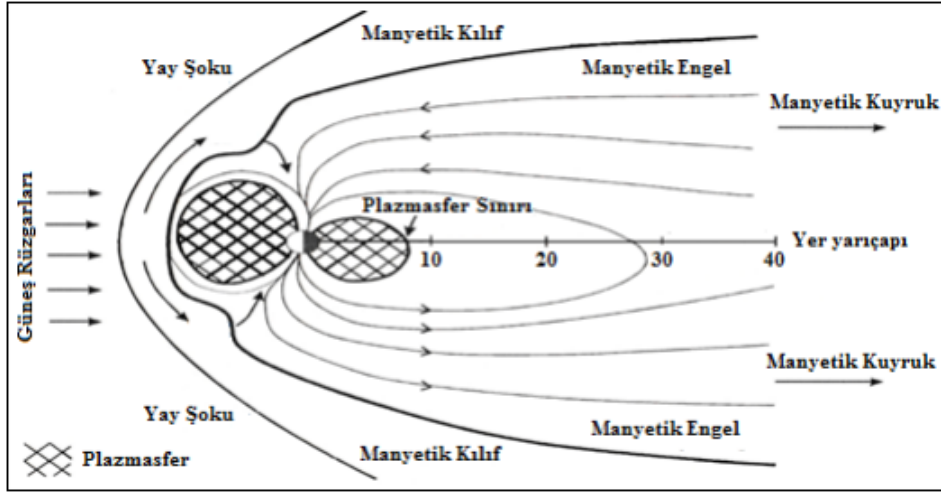
Yer'in üst atmosferindeki elektrik akımından dolayı, herhangi bir noktadaki manyetik alan günlük, mevsimlik ve Güneş aktivitesi ile değişir. Üst atmosferdeki net değişim kısmen dış akımlar ve kısmen yer akımlarının etkisinden kaynaklanır. Geçici manyetik değişimlerin düzgün ve devamlı olduğu günler, manyetik olarak sakin olan (quite-q) günleri olarak isimlendirilirler. Diğer günler, manyetik olarak tedirgin (disturbance-d) olarak söylenen günlerdir. Sq akımları, gündüz geceden, yazın kıştan ve Güneş lekesi maksimumunda Güneş lekesi minimumundan yüzde 50 daha güçlüdür. Sq akımları iyonkürede "ekvatoral elektrojet" olarak bilinen manyetik ekvator boyunca dar bir banttaki artan akımın yoğunlaşmasıdır (Davies, 1989).

Jeomanyetik alandaki diğer düzenli değişimler Güneş'in yaklaşık 27 günlük kendi eksenini etrafındaki döngüsü, Ay'ın çekim kuvvetinin neden olduğu atmosferik gelgitler ve Yer'in Güneş etrafındaki yörüngesel hareketinden kaynaklanan değişimlerdir (Jankowski ve Sucksdorff, 1996). Yer'in hareketinden dolayı meydana gelen günlük değişimler, düzenli değişimlerin en göze çarpanlarıdır. Güneş rüzgârı iyonosferin E-katmanında oluşan elektrik akımlarında meydana gelen günlük değişimlerin ana nedeni olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, elektromanyetik indüksiyonla üretilen Yer kabuğundaki elektrik akımları da bu değişikliklere katkıda bulunur (Lanza ve Meloni, 2006). Gündüz saatlerinde, Güneş radyasyonu üst atmosferi iyonlaştırarak iyonosferik akımları oluşturan iyonların yoğunluğunu artırır. İyonosferdeki günlük değişimlere neden olan mevcut sistem, gündüz-gece sıcaklık farkından oluşan rüzgârlar ile Ay ve Güneş'in yerçekimi kuvvetlerinin neden olduğu elektriksel olarak gelgit rüzgârları tarafından yönlendirilir (Love, 2008). Gece tarafında, iyonosferdeki akımlar ihmal edilebilir. Alanın bu yavaş modülasyonlarının genliği 10-100 nT düzeyindedir (Jankowski ve Sucksdorff, 1996).

### **2.3. Yer'in Manyetosferi**

Uydular, Yer'in yakınındaki gezegenler arası ortamın sadece boş uzay olmadığını, Güneş'ten dışa doğru radyal olarak ortalama 250-2000 km/s'lik hızlarda akan seyrek bir plazma ile dolu olduğunu göstermiştir. Bu seyrek plazma Güneş rüzgârı olarak

isimlendirilmektedir. Bu ortamdaki plazma iyon yoğunluğu  $7 \text{ iyon/cm}^3$  mertebesindedir. Güneşin manyetik alanı olarak ta ifade edilen IMF, gezegenler arası ortamı kaplar ve bunun Yer'e ulaşması Güneş rüzgârları aracılığı ile sağlanır. Güneş'ten salınan düşük yoğunluklu plazma ile IMF, Yer'in manyetik alanını şekillendirir. Bu durum Şekil 2.4'te gösterilmiştir. Şekillenen bu alanın baskın olduğu bölgeye manyetosfer denir. Manyetosferdeki parçacıkların hareketi manyetik alanın kontrolü altındadır (Gunnarsdóttir, 2014).

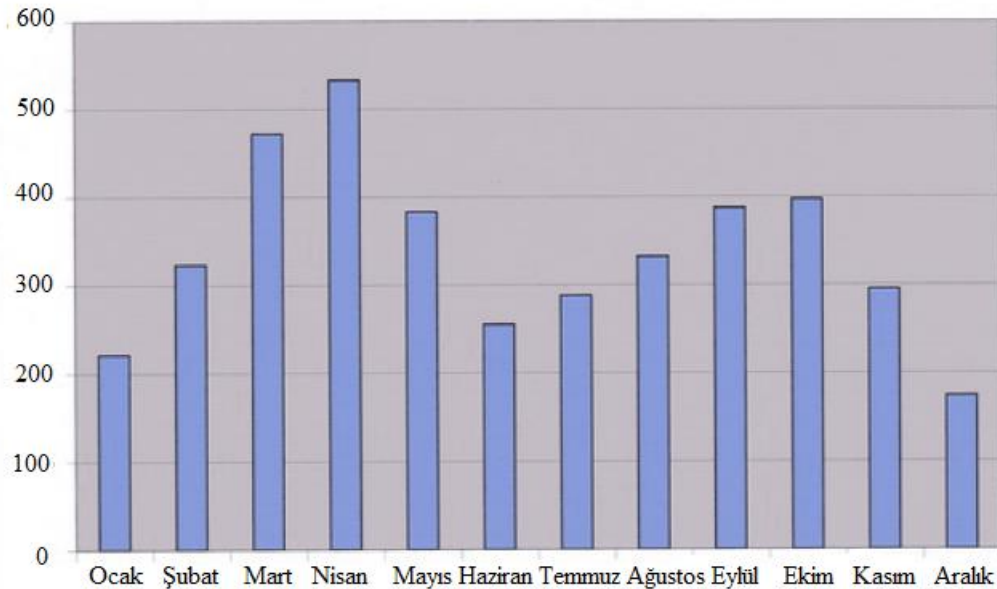


Şekil 2.4: Yer'in manyetosferi ve karakteristik bölgeleri (Aksaç, 2017).

Yer'in Güneş tarafındaki manyetosferi, Güneş rüzgârı nedeniyle sıkıştırılır ve manyetopause adı verilen paraboloidal bir yüzeye sahiptir. Manyetopause, manyetosferin dış sınırıdır ve  $10 R_E$  (Yer yarıçapı) civarındadır (Love, 2008). Bu sınır noktasında Güneş'ten gelen parçacıkların basıncı ile Yer'in manyetik alanının oluşturduğu basınç denge halindedir (Lanza ve Meloni, 2006). Yer'e göre ortalama  $400 \text{ km/s}$  hızla hareket eden süpersonik Güneş rüzgârı, manyetosferle çarpıştığında bir yay şoku oluşur. Bu  $13 R_E$  civarında bir mesafede olur. Yer'in karanlık tarafında, manyetosfer uzaya doğru uzanır,  $100 R_E$ 'den fazla olan manyetik kuyruğu oluşturur. Kuyrukta, bölgedeki zayıf manyetik alan nedeniyle genellikle nötr tabaka olarak adlandırılan bir plazma tabakası vardır. Bu plazma tabakasındaki manyetik kuyruğun geometrisini elektrik akımları etkilemektedir.

Yer'i çevreleyen Manyetosfer tabakasını aşır, kalkanın içerisine girebilen ve böylece manyetosferin bir parçası haline gelen yüklü parçacıklar vardır. Bu yüklü parçacıklar manyetik alan çizgileri etrafında spiral bir Şekilde kutuplar arasında ileri geri hareket eder. Bu hareketi Lorentz kuvveti sağlar. Bu kuvvetin etkisi altında yüklü parçacıklar, kutup bölgesine yönlendirilir. Bu bölgede manyetik alan çizgileri daha yoğun ve manyetik alan daha güçlü olduğu için parçacıklar zıt yönde itilerek yavaşlar ve diğer yarıküreye doğru yönlendirilir. Diğer yarıküreye ulaştıklarında süreç tekrarlanır ve bu böyle devam eder. Yer'i çevreleyen ve yarıkreler arasında gidip gelen bu parçacıklar, Yer'in radyasyon kuşaklarını oluşturur. Bu kuşaklara Van Allen radyasyon kuşakları denir Prlls, 2004).

Gözlemevi verileri yardımıyla yıllık değişimleri incelendiğinde jeomanyetik alandaki tedirginlikler mevsimlere göre farklılıklar göstermektedir. Manyetik alan, sonbahar ve ilkbaharda (ekinokslara yakın) yılın diğer zamanlarından daha sık tedirgin olur. Şekil 2.5, 1972-2010 yılları arasında yılın her ayı için K indisinin 7'den büyük veya 7'ye (yüksek manyetik aktiviteyi gösterir) eşit olan 3 saatlik zaman aralıklarının toplam sayısını göstermektedir. Bunun sebebi Güneş rüzgârının Yer'e geliş açısıdır. Ekinoks tarihleri civarında Güneş'in merkezi ile Yer ekvatoru arasındaki açı minimum değerdedir. Bu aylarda, Güneş plazmasının Yer'e çarpması daha olasıdır. Manyetosferdeki değişimler, Güneş devirlerine de bağlı olduğundan dolayr 11 yıllık süreyle minimum veya maksimum değerlere ulaşmaktadır.



**Şekil 2.5:** 1972-2010 periyodu için aylık K-indisinin  $\geq 7$  olduğu süreler toplamı (Gunnarsdttir, 2014).



## 2.4. Manyetik Eşlenik Olgusu

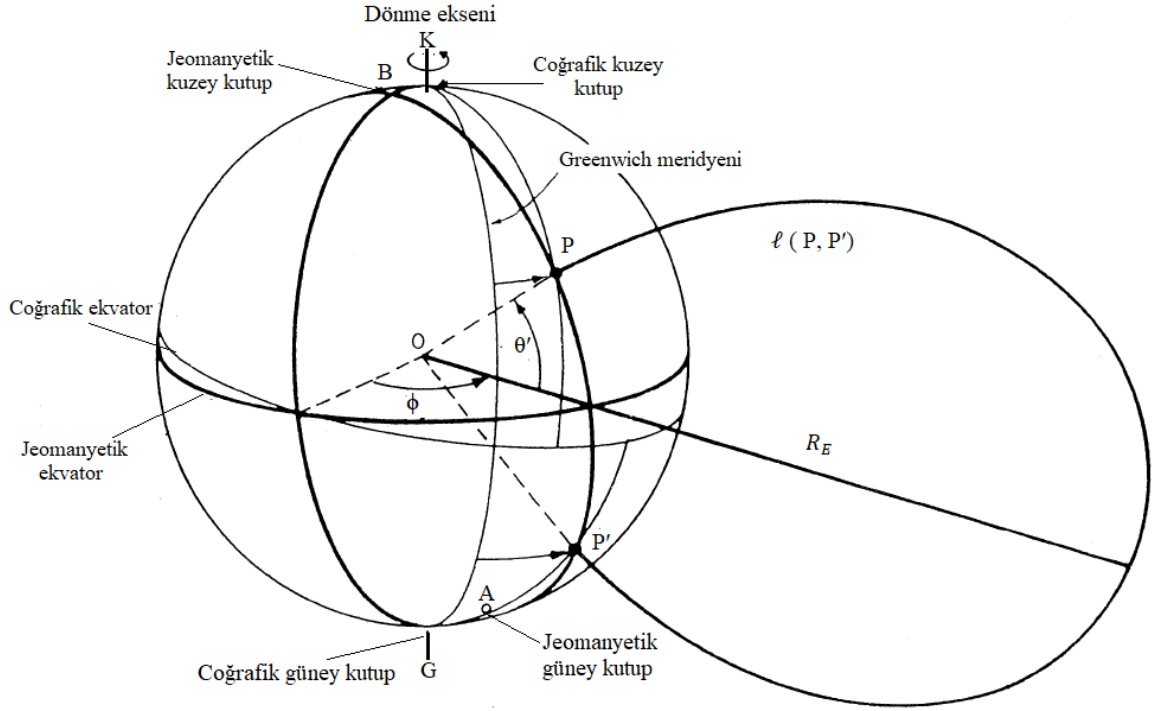
Yer yüzeyi üzerinde iki nokta bir jeomanyetik alan çizgisi tarafından bağlanmış ise bu iki nokta eşlenik noktalar olarak isimlendirilirler. Belli manyetosferik süreçler hakkındaki bilgi akışı alan çizgileri boyunca yayılabilir. Bilgi, alt iyonosferde veya Yeryüzündeki alan çizgisinin kesiştiği noktada veya noktanın yakınında tespit edilebilir. Bu bilgi enerjili elektronlar veya protonlar, düşük enerjili foto-elektronlar veya plazma gibi yüklü parçacıklar tarafından taşınabilir. Bunun yanı sıra bilgi, alan çizgileri boyunca manyetosferik plazma kanalıyla çok düşük frekanslı elektromanyetik dalgalar tarafından da taşınabilir (Campbell, 2003).

Yüksek enlemlerdeki eşlenik noktaların belirlenmesi sadece Yer'in çekirdeğinin oluşturduğu iç manyetik alan tarafından sağlanmayıp, özellikle manyetosferik süreçler bu noktaları belirleme açısından oldukça önemlidir. Bu süreçler halka akımları, manyetosferik sınır akımları ve manyetosferin manyetik kuyruğunun nötr tabakasındaki akımlar şeklinde sıralanabilir. Yer'in manyetik alanını etkileyen bu süreçler 60° manyetik enlemden daha büyük enlemlerde yani etkinin artan enlem ile çok keskin bir şekilde arttığı noktaların eşleniğini önemli derecede değiştirir. Sadece Yer'in çekirdeğinin oluşturduğu alan kullanılarak hesaplanan eşlenik noktalar yaklaşık 65° manyetik enlemin yukarısında anlamsız olur (Jacobs, 1970). Dış kaynakları dikkate alan manyetosferik modeller genellikle kuzey-güney simetrisini kabul eder. Bu kabul, Güneş rüzgârının manyetik dipol eksenine dik olduğu durumdur. Bu varsayım altında, mevcut dış kaynak modellerinin hiçbiri herhangi bir enlemden eşleniği değiştiremez. Bu durumda manyetosferik etkileri belirlemek ve eşlenikte mevsimsel veya günlük değişiklikleri tahmin etmek için, kuzey-güney simetrisinin kaldırılması gerekmektedir.

Şekil 2.6'da gösterildiği gibi, Yer'in yüzeyindeki eşlenik noktalar tek bir dipol alan çizgisi tarafından bağlanabilen P ve P' konumlarındadır. Nispeten güçlü Yer'in alan çizgileri, manyetosferdeki yüklü parçacıklar için kılavuz izdüşümleri oluşturur. Böylece eşlenik noktalar, uzaydaki uzak konumlardaki olayların Yer'e varışının incelemelerinde kullanılabilir. Dipol alan çizgileri bir  $R_E$  uzaklığı kadar ekvatorial düzlem içerisine kadar uzatılırsa, yaklaşık 65° jeomanyetik enleme kadar bu alan çizgisinin uzunluğu  $\theta'$  (derece cinsinden) kullanılarak,

$$\text{Uzunluk} \approx 0,38 \theta' R_E \quad (2.1)$$

ilişkisi ile yaklaşık olarak hesaplanabilir. Yer'in dipol alanının en dıştaki alan çizgileri Güneş'ten gelen parçacıkların rüzgârı ve alanlar tarafından bozulur. Böyle bir değişim yaklaşık  $60^\circ$ 'nin yukarısında oldukça dikkate değer olur (Campbell, 2003).



**Şekil 2.6:** Küresel koordinat sistemine göre manyetik eşlenik noktaların gösterimi (Campbell, 2003).

Mead, 1967 yılında Güneş rüzgârı tarafından deforme edilmiş asimetric bir manyetosferde alan çizgisi hesaplamalarını yapmıştır. Yapılan bu hesaplamaların sonucunda kuzey kışında, güney eşlenik noktasının ekvatora doğru (öğlen ve gece yarısında) ve kuzey eşlenik noktasının kutuplara doğru hareket ettiğini bulmuştur. Bu etkinin büyüklüğü öğlen en büyük ve gece yarısı en küçüktür. Gün doğumu ve batımında boylamda da değişimler vardır (Kavanagh, 1967).

Eşlenik noktası olgusunun kaynağın ekvatorunda veya etrafında, alan çizgilerinin bitiş noktalarının birinde veya kenarında veya nötr tabaka ile birlikte yakına gelen açık alan çizgilerinin sonunda olup olmamasına bağlı olarak üç sınıfı vardır. Roederer bu sınıfların her birini kaynağın uzaydaki yeri iyi belirlendiğinde “nokta eşlenik”, kaynak bir manyetik kabuk ve alanın ekvatorial bölge civarında toplandığında “kabuk eşlenik” veya kaynak manyetosferde geniş fakat sonlu bir bölgeyi işgal ederse “bütün eşlenik” olmak üzere üç sınıfa ayırmıştır (Jacobs, 1970).

Eşlenik noktalarını bağlayan alan çizgisi ortak olsa da, fiziksel açıdan birçok farklılık göstermektedir. Örneğin her iki noktadaki manyetik alan değeri, parçacıkların eşlenik nokta yüksekliklerinde farklılıklara sebep olduğundan dolayı iki nokta için farklı olacaktır. Benzer şekilde her iki eşlenik noktasında yerel zaman ve mevsim farklı olacaktır. Sonuç olarak, birçok eşlenik noktasındaki bilgi alan çizgileri boyunca tam olarak taşınmaz. Yüklü parçacıklar belirgin bir şekilde sürüklenebilir ve ışın yolları bir alan çizgisinden önemli derecede ayrılabilir (Jacobs, 1970).

## **2.5. Manyetik İndisler**

Günlük düzenli manyetik alan değişimi, Güneş radyasyonu değişikliklerinin neden olduğu akım sistemlerinden kaynaklanır. Diğer düzensiz akım sistemleri; Güneş rüzgârının manyetosfer ile etkileşimi, manyetosferin kendisi, manyetosfer ve iyonosfer arasındaki etkileşimler ve iyonosferin kendisinin neden olduğu manyetik alan değişiklikleri tarafından üretilir. Dünya üzerinde değişik enlemlerde yer alan manyetometre istasyonları, elektrik akımlarının etkisiyle Yer'in manyetik alanında meydana gelen bu değişimleri saptamaktadır. Manyetik aktivite indisleri, bu manyetometre istasyonlarında belirlenen Yer'in manyetik alanının bileşenlerinin karmaşık yapısından kurtulmak ve bu düzensiz akım sistemlerinin neden olduğu jeomanyetik alandaki değişimin belirlenmesi için tanımlanmıştır (Kivelson ve Russell, 1995; Rangarajan, 1989; Sümer 2004).

### **2.5.1. K indisi**

Herhangi bir manyetik gözlemevinden gelen kayıtların bazı günlerde tüm bileşenlerinin (X, Y, Z veya H, D, Z) sakin ve düzenli değişimler diğer günlerde ise tedirgin ve düzensiz değişimler sergilediğini göstermiştir. Her bir gözlemevinde 0 ve 9 arasındaki bir K sayısı üç Greenwich saatlik 0-3, 3-6 ve bunun gibi her dönem için manyetik koşulları tanımlamak için belirlenmiştir. K indisleri 3 saatlik bir aralık için bir gözlemevinin manyetogramında gösterilen manyetik tedirginlik yoğunluğunun bir ölçüsüdür. Böylece K indisleri jeomanyetik aktivitedeki sistematik günlük değişimler gibi herhangi bir yerel etki ile de birleşirler. Bu yüzden, 3-saatlik bir periyotta jeomanyetik tedirginliklerin Yer çapındaki özelliklerini ifade etmek için her bir istasyondaki K indisine ihtiyaç vardır (Bartels, 1957; Menvielle ve Berthelier, 1991).

### 2.5.2. $K_p$ ve $a_p$ indisi

Tüm bireysel istasyonlardan ölçülen  $K$  indislerinin bir ortalaması manyetik gözlemlerinin yetersiz coğrafik dağılımından dolayı tatmin edici olmamıştır. Bu yüzden  $K_p$  indisi, yeryüzündeki 13 gözlemevinden elde edilen  $K$  değerlerinin ortalaması olarak tanımlanmaktadır. Yani, yeryüzünde bulunan gözlemlerinden elde edilen  $K$  değerlerinden, kullanışlı basit bir gezegensel indis elde etmek için türetilmiştir.  $K_p$  yerel özelliklerden mümkün olduğu kadar kurtarılmış “standardize” indislere dayanır. Bu indis, günlük, enlemsel ve mevsimsel özelliklere bağlı değildir.  $K_p$  değerleri,  $K$  değerlerinin 1/3'lük birimlere (0, 1/3, 2/3, ....., 9 veya 0°, 0+, 1-, 1°, 1+, ..., 8+, 9-, 9° şeklinde) bölünmüş 28 kesirli değerden meydana gelmektedir (Jacobs, 1970; Tulunay, 1973).

$K_p$ 'nin tanımı, en sakin koşullardan en yoğun fırtınaya kadar tüm jeomanyetik aktivite aralığının tek bir basamak ve bir ek ile ifade edilebileceği şekilde seçilmiştir. Bu, 3 saatlik aralığın tedirginliğinin genliği ve  $K_p$  arasında yarı-logaritmik bir ilişki ile elde edilmiştir. Lineer bir ölçek elde etmek için, Tablo 1'de gösterildiği gibi  $K_p$  değerleri 3 saatlik eşit gezegensel genliğe dönüştürülerek  $a_p$  değerleri elde edilmiştir. Bir gün için sekiz  $a_p$  değerinin ortalaması ise  $A_p$  olarak isimlendirilir (Jacobs, 1970).

**Tablo 2.1:**  $K_p$  indisine karşılık gelen  $a_p$  değerleri.

$K_p$	0 <sup>0</sup>	0 <sup>+</sup>	1 <sup>-</sup>	1 <sup>0</sup>	1 <sup>+</sup>	2 <sup>-</sup>	2 <sup>0</sup>	2 <sup>+</sup>	3 <sup>-</sup>	3 <sup>0</sup>	3 <sup>+</sup>	4 <sup>-</sup>	4 <sup>0</sup>	4 <sup>+</sup>
$a_p$	0	2	3	4	5	6	7	9	12	15	16	22	27	32
$K_p$	5 <sup>-</sup>	5 <sup>0</sup>	5 <sup>+</sup>	6 <sup>-</sup>	6 <sup>0</sup>	6 <sup>+</sup>	7 <sup>-</sup>	7 <sup>0</sup>	7 <sup>+</sup>	8 <sup>-</sup>	8 <sup>0</sup>	8 <sup>+</sup>	9 <sup>-</sup>	9 <sup>0</sup>
$a_p$	39	48	56	67	80	94	111	132	154	179	207	236	300	400

### 2.5.3. Auroral elektrojet indisi (AE)

AE indisi, kuzey yarımküredeki auroral bölge boyunca farklı enlemlerde seçilen (10-13) gözlemlerinde gözlemlenen jeomanyetik alanın yatay bileşenindeki değişimlerden hesaplanır. Davis ve Sugiura (1966) tarafından tanımlanan ve geliştirilen

AE, yüksek enlemlerdeki alt fırtınaların incelenmesinde, iletişim uydularının davranışı, radyo dalga yayılımı, IMF ve Yer'in manyetosferi arasındaki bağlantı çalışmalarında hem niteliksel hem de niceliksel olarak korelasyon indisi olarak kullanılmıştır. Aktif aurora, yaklaşık olarak bir daire şeklinde gözlemlenir. Jeomanyetik alan yoğunluğu arttığı sürece ekvatora doğru genişler. Aurora elektrojetini AE indisi temsil eder (DP akımlarına auroral elektrojet denir. D: karışıklık, P: kutup). AE, doğuya doğru ve batıya doğru elektrojetlerin uzunluğunun göstergesi olan, AU ve AL'nin farkından hesaplanır (Davis ve Sugiura 1966; Turan, 2006; Weimer, Maynard, Burke ve Liebrecht, 1990; "NCEI", t.y.).

#### 2.5.4. Dst (Disturbance Storm Time) indisi

Güneş rüzgârları Yer'in manyetosferi üzerinde büyük düzensizlikler yarattığı zaman manyetik fırtınalar gelişmekte ve bunun sonucunda da halka akımı olarak belirtilen manyetik ekvator bölgesinde bir enerji artışı meydana gelmektedir. Böylece Dst, manyetik ekvator bölgesinde manyetik fırtına seviyesini gösteren bir jeomanyetik indistir ve bu nedenle uzun süredir halka akımının dolaylı bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Bu saatlik indis, dört alt enlemden bulunan manyetik gözleminden (Honolulu, San Juan, Hermanus ve Kakioka) jeomanyetik alanın H bileşeni tedirginliklerinin ortalamasından elde edilir. Günümüzde, Dst indisinin gerçekten de simetrik halka akımı, kısmi (asimetrik) halka akımı, yakın kuyruk akımı, gündüz manyetopause akımları ve yüksek enlemlerli iyonosfer ve manyetopause akımlarına manyetosferi birleştiren alana göre hizalanmış akımlardan (FAC) etkilendiği bilinmektedir (Chiang ve Braatz, 2003; Mayaud, 1980; Sümer, 2004).

Dst değerlerinin negatif olması manyetik fırtınanın devam ettiği ve ne kadar yüksek ise o kadar yoğun olduğu sonucu elde edilir. Dst indisindeki negatif sapmalara, fırtına zamanı ekvatorial düzlemde Yer'e göre doğudan batıya doğru akan halka akımı neden olur. Dst indisine göre, jeomanyetik fırtınaları Tablo 2.2'deki gibi sınıflandırabiliriz ("Berkeley University", t.y.)

**Tablo 2.2:** Dst değerlerine göre manyetik fırtınaların değişimi.

<b>Süper fırtınalar</b>	<b>Dst &lt; -200 nT</b>
<b>Yoğun fırtınalar</b>	-200 nT < Dst < -100 nT
<b>Orta fırtınalar</b>	-100 nT < Dst < -50 nT
<b>Zayıf fırtınalar</b>	-50 nT < Dst < -30 nT

## 2.6. Gezegenlerarası Manyetik Alan (IMF)

Güneş büyük bir mıknatıs gibidir. Güneş minimumu boyunca Güneş'in manyetik alanı Yer'inkine benzer şekilde yani demir bir çubuk mıknatıs şeklindedir. Ekvator yakınında büyük kapalı halka şeklinde ve kutup civarında ise açık alan çizgileri şeklindedir. Bilimsel olarak bu alan, bir dipol alanı olarak adlandırılır. Güneş'in dipolar alanı yaklaşık 50 gauss'tur yani Yer'in manyetik alanı Güneş'in manyetik alanından yüz kat daha zayıftır ("Space Weather", t.y.).

Güneş aktivitesinin maksimum olduğu yıllarda Güneş yüzeyi karabiber görünümündedir ve Güneş lekeleri yoğun manyetik döngülerin olduğu yerde bulunmaktadır. Bu döngülerin olduğu bir ortam, dipol alanından yaklaşık 100 kat daha güçlüdür ve Güneş lekesi manyetik alanı bu dipolü etkisi altına alır. Güneş'in manyetik alanının etkisi sadece Yer ile sınırlı değildir. IMF, Güneş rüzgârları tarafından Güneş Sistemi'ni içine alan ve gezegenlerarası uzaya taşınan, Güneş'in genişleyen manyetik alanıdır ("Space Weather", t.y.).

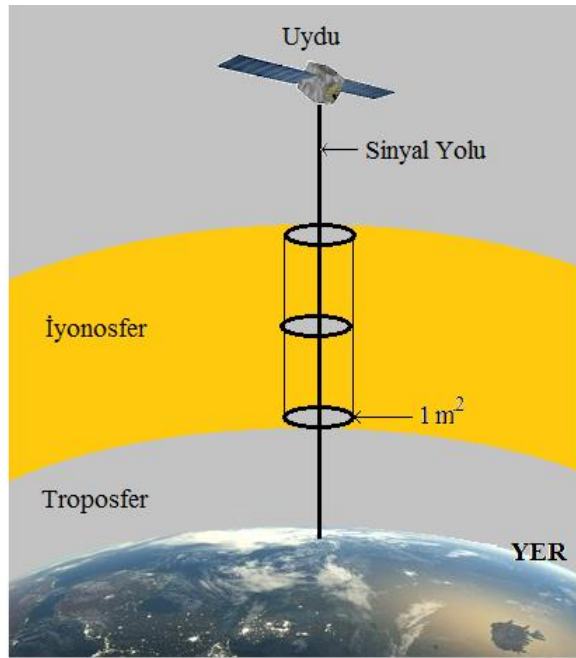
IMF, Güneş her 27 günde tam bir ekseni etrafında döndüğü için küre görünümündedir ve Güneş rüzgâr plazmalarının içinde bulunduğundan dolayı Güneş rüzgârları gibi sarmal bir yapıya sahip olarak gezegenlerarası ortamda yayılırlar (Kavanagh, 2002; Prölss, 2004; Schunk ve Nagy, 2000).

Gezegenlerarası manyetik alan, üç vektörel bileşene sahiptir. Bunlar,  $\mathbf{B}_x$ ,  $\mathbf{B}_y$  ve  $\mathbf{B}_z$ 'dir.  $\mathbf{B}_x$  bileşeni, ekliptik düzlem üzerinde Güneş-Yer doğrultusunda ve Güneş'e doğru pozitif yönlü,  $\mathbf{B}_y$  bileşeni, gündeğümü (06:00) ve günbatımı (18:00) doğrultusunda ve gündeğümü yönünde pozitif,  $\mathbf{B}_z$  bileşeni ise kuzey-güney bileşeni olup kuzey yönünde pozitif ve ekliptik düzleme diktir. Güneş rüzgârları ile taşınan bu manyetik alan, Yer'e ulaştığı zaman, Yer'in manyetik alanı ve iyonosferini önemli derecede etkileyerek düzensizlikler meydana getirmektedir (Gökçöl, 1991; Kivelson ve Russell, 1995; Prölss, 2004; Schunk ve Nagy, 2000). Yer'in manyetik alanı ile IMF etkileşime girdiği zaman, IMF'nin  $\mathbf{B}_z$  bileşeni güney yönünde olduğunda yani Yer'in manyetik alanına ters olduğunda, iki alan birbiri ile birleşir. Dolayısıyla  $\mathbf{B}_z$ 'nin Güney-yönlü Güneş rüzgârından gelen enerjinin Yer'in atmosferine ulaşabildiği bir kapı açılır. Böylece koronal kütle boşalmaları tarafından tetiklenen yaygın kutup ışıkları (aurora) oluşmaktadır ("Space Weather", t.y.).

## 2.7. Toplam Elektron İçeriği (TEİ)

İyonosferin toplam elektron içeriği (TEİ), Dünya'ya yakın plazma ortamı çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir parametredir. TEİ'nin bilimsel kullanımı yapay uydu çağının başlarında ortaya çıkmış ve birçok katkısının yanı sıra iyonosferin jeomanyetik fırtınalara nasıl karşılık verdiğiine dair temel bilgiler içermiştir (Mendillo, 2006). TEİ ve elektron yoğunluğu, iyonosferik parametrelerin büyük bir bölümünü belirlemek için kullanılan en temel parametrelerdir. Uydu iletişimde kullanılan dalgaların izlediği yol üzerindeki TEİ değerleri, bu dalğanın yansıma, kırılma, saçılma ve gecikme gibi özellikleri açısından oldukça önemlidir. Ayrıca yer yüzeyinden gönderilen radyo dalgaları için de benzer özellikler açısından oldukça önemlidir. Dalgaların bu özellikleri elektron yoğunluğundan etkilenir. Radyo dalgası yolunda elektron yoğunluğu ne kadar çok olursa, radyo sinyali o kadar çok etkilenmektedir. TEİ, uydu iletişimi ve uydu navigasyonunda olası uzay havası etkilerini izlemek için iyi bir parametredir ("SWPC", t.y.).

TEİ, bir yörünge boyunca elektron yoğunluğunun integrali olarak tanımlanır (Ciraolo, Azpilicueta, Brunini, Meza ve Radicella, 2007) ve genellikle Şekil 2.7'de gösterildiği gibi, Yer yüzeyinden iyonosferde belirli bir yüksekliğe kadar  $1 \text{ m}^2$ 'deki toplam elektron sayısını ( $N_e$ ) ifade etmektedir.



Şekil 2.7: TEİ ölçüm sistemi

Başka bir deyişle, dikey bir uydu (U) ve alıcı (A) arasındaki  $\ell$  yolu boyunca mevcut toplam elektron sayısını ( $N_e$ ) ifade eder. Uydu ve alıcı arasındaki yol boyunca hesaplanan TEİ en genel haliyle,

$$TEI = \int_A^U N_e d\ell \quad (2.2)$$

eşitliği ile ifade edilebilir. TEİ, metrekaare başına elektron cinsinden ölçülür. 1 TEİ birimi  $TECU=10^{16}$  elektron/m<sup>2</sup> dir (Karatay, 2010).

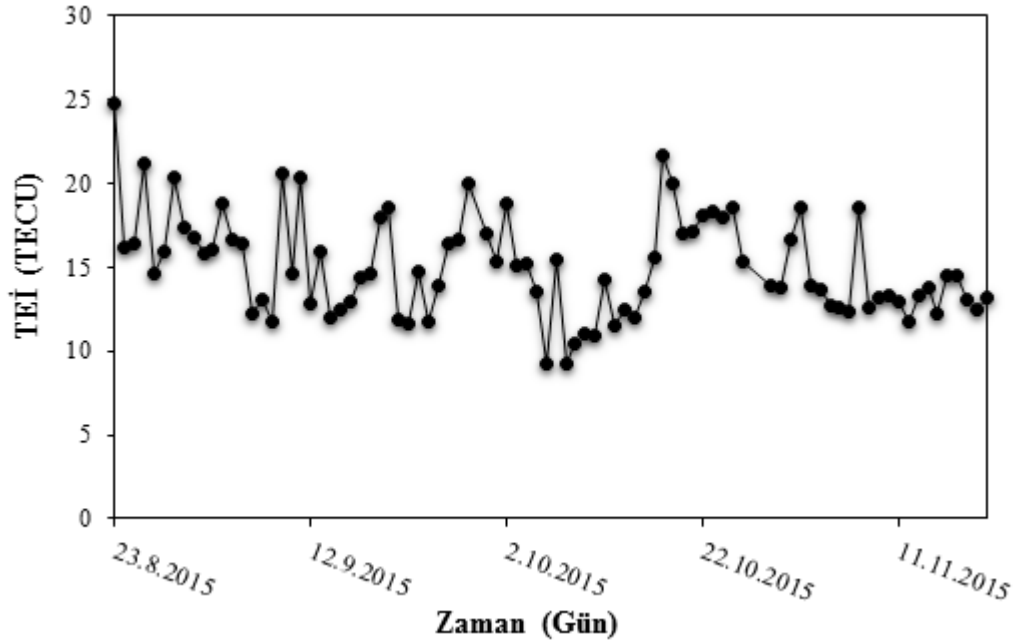
Yer iyonosferinde dikey TEİ değerleri birkaç TECU'dan birkaç yüz TECU'ya kadar değişebilir. İyonosferdeki TEİ, Güneş'ten gelen ultraviyole radyasyonun, jeomanyetik fırtınaların ve alt atmosferden yayılmış olan atmosferik dalgaların etkisi ile değişir. Bu nedenle, TEİ yerel saat, enlem, boylam, mevsim, jeomanyetik koşullar, Güneş döngüsü ve aktivitesi ve troposfer koşullarına bağlı olacaktır ("SWPC", t.y.). Gece TEİ değişimi elektron ve iyonların durumlarına göre yavaştır. En büyük TEİ değeri genellikle öğleden önce ve en küçük TEİ değeri gün doğumundan hemen önce ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber Güneş ışınları doğrudan ulaştığı için TEİ değişimi kuzeyden güneye doğru artmaktadır (Ulukavak ve Yalçinkaya, 2014).

Radyo dalgalarının yayılımı iyonosferden etkilenir. Sinyal, iyonosferdeki elektronları geçtiğinde radyo dalgasının hızı değişir. İyonosfer boyunca iletilen bir radyo dalgasının toplam gecikmesi hem radyo dalgasının frekansına hem de verici ile alıcı arasındaki TEİ'ye bağlıdır. Bazı frekanslardaki radyo dalgaları iyonosferden geçerken, diğer frekanslardaki dalgalar iyonosfer tarafından yansıtılır. İyonosferdeki radyo dalgalarının yol ve hızındaki değişim, GPS/GNSS (Global Navigation Satellite System) gibi uydu navigasyon sistemlerinin doğruluğu üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. İyonosferik TEİ'deki değişimler göz ardı edilerek yapılan konum ve koordinat hesaplamalarında onlarca metre hata ortaya çıkarabilir ("SWPC", t.y.).



### 3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ YÖNTEMLERİ

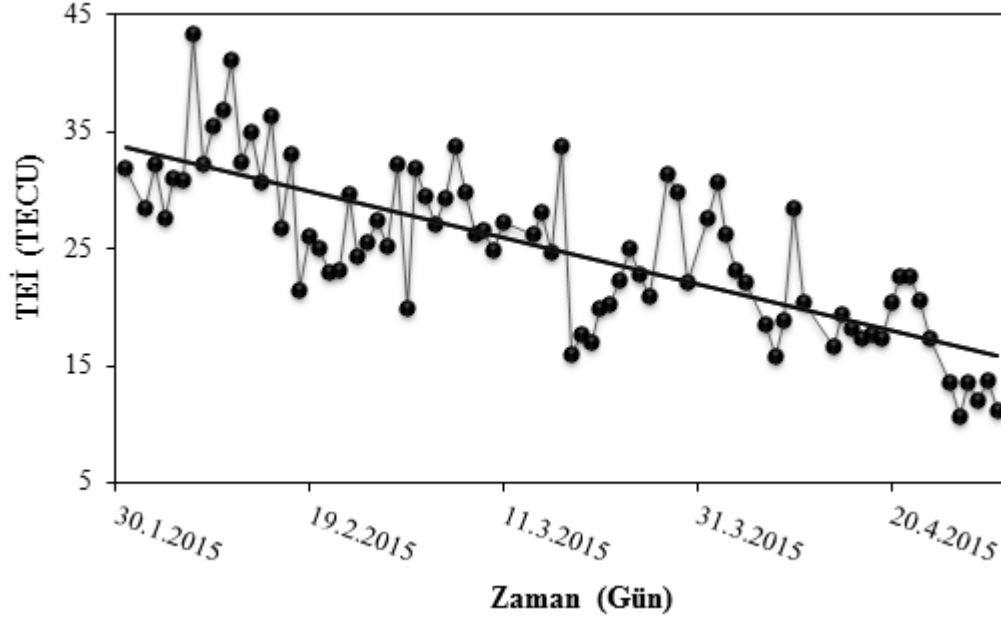
Zaman serisi, içinde bulunduğumuz durumdan geleceğe dair tahminde bulunmamız adına belirli bir dizilime sahip olan ve belirli aralıklarla (saniye, dakika, saat, gün, ay ve yıl gibi) değişen verilere sahip serilere denir. Zaman serileri günümüzde ekonometriden çevre bilimlerine, tıp alanından tarıma, eğitimden uzay hesaplamalarına kadar pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra iyonosferik çalışmalarda çok sık karşılaşılan bir durumdur (Artigas ve Elias, 2005; Chen, 1992; Çetin, Özcan, ve Korlaelçi, 2017; Echer, 2007; Enders, 1995; Tang, Xue, Lei, ve Dou, 2014). Örneğin, Nakatane istasyonundan alınan TEİ değerlerinin zamanla değişimi Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.1:** 2015 yılında Nakatane istasyonundan 12:00 UT’de alınan TEİ verilerinin zamanla değişimi.

Zaman serileri çeşitli durumların etkisi altında değişmektedir. Bunlar sırasıyla, eğilim (trend), mevsimsel bileşenler, konjonktür dalgalanmalar ve düzensiz bileşenler olmak üzere dört adettir. Bu bileşenlerin en önemlisi trend bileşenidir. Trend, incelenen değişkenin uzun zaman periyodlarında ortalamasının aşağı veya yukarı yönlü eğilimine

denir ve hemen hemen bütün zaman serilerinde görülür. Eğer ortalamasında böyle bir değişim yoksa, bu serinin bir trende sahip olmadığı söylenir (Duru, 2007; Tüzen, 2012; Yüksel, 2015). Bir trend eğrisi örneği olarak Learmonth istasyonundan alınan verilerin 90 günlük değişimi Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



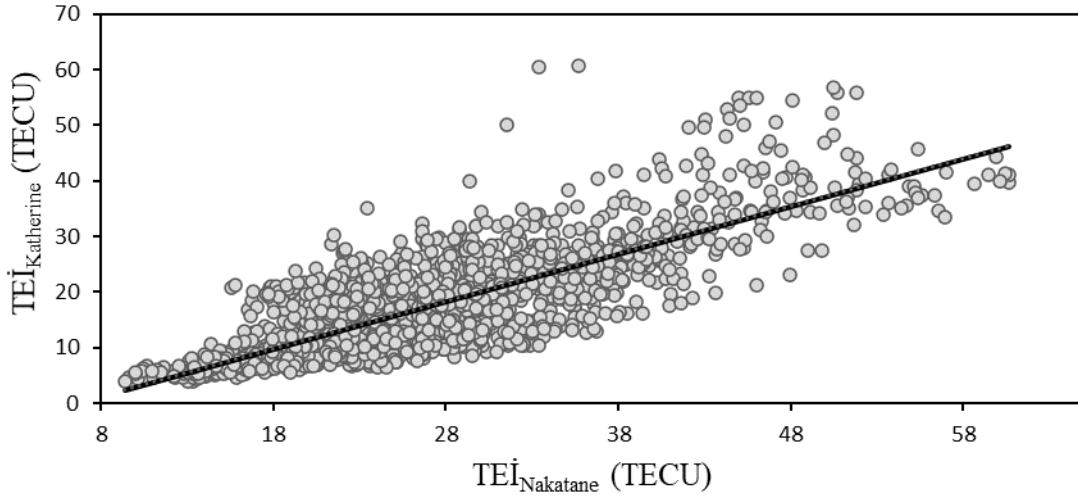
**Şekil 3.2:** 2015 yılında Learmonth istasyonu için TEİ değerlerinin trend eğrisi.

Bir zaman serisinin incelenebilmesi için öncelikle serilerin durumu ve dağılımı hakkında bilgi sahibi olmak gereklidir. Zaman serilerini diğer serilerden ayıran önemli bir özellik verilerin kendi içinde korelasyonunun olmasıdır. Serilerin dağılımı için farklı istatistiksel yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerin iyonosferik çalışmalarda kullanılanları, serpilme (dağılma) diyagramı, durağanlık analizi, korelasyon katsayısı, alt onda birlik ve üst onda birlik metodu, çarpıklık ölçüleri vb. şeklinde sıralanabilir (Sağır, 2013; Timoçin, 2016).

Bu çalışmada manyetik eşlenik noktalarındaki TEİ değişimlerinin arasındaki ilişkiyi incelemek için serpilme diyagramı analizi, SEA ve çoklu doğrusal regresyon modeli analizi ile bu analizlerde kullanılan verilerin uygunluğunu test eden durağanlık analizi yöntemleri kullanılmıştır.

### 3.1. Serpilme Diyagramı

Serpilme diyagramı herhangi bir ortamdaki iki değişken arasında ilişki olup olmadığı hakkında bilgi veren önemli bir analiz yöntemidir. Dağılım yardımıyla diyagramdaki değişkenlerden biri değiştirilerek, diğer değişken ile ne derecede ilişkili olduğu elde edilir. Bu iki değişken arasında bir sebep sonuç ilişkisi var ise ne kadar güçlü olup olmadığını yine bu diyagram yardımıyla bulunabilir. Eğer bu dağılım bir çizgi boyunca dağılmış ise aralarında güçlü bir ilişki (korelasyon) vardır denilebilir. Korelasyon, iki veya daha fazla değişkenin birbirleriyle olan ilişkilerini analiz sonucu bir sayı ile gösteren istatistiksel bir yöntemdir. Bu sayıyı belirlemek, değişkenler arasındaki matematiksel eşitliği belirlemektir. Matematiksel eşitlik belirlerken bağımsız değişkene bağlı kalarak, bağımlı değişkendeki ortalama değişim hesaplanır (Pearson, 1896). Bu ilişkinin şiddetini ve yönünü istatistiksel olarak korelasyon katsayısı açıklar (Sağır, 2013; Timoçin, 2016). 2015 yılının Şubat-Nisan ayları arasında Nakatane-Katherine istasyonlarından elde edilen veriler serpilme diyagramı Şekil 3.3'te verilmiştir.



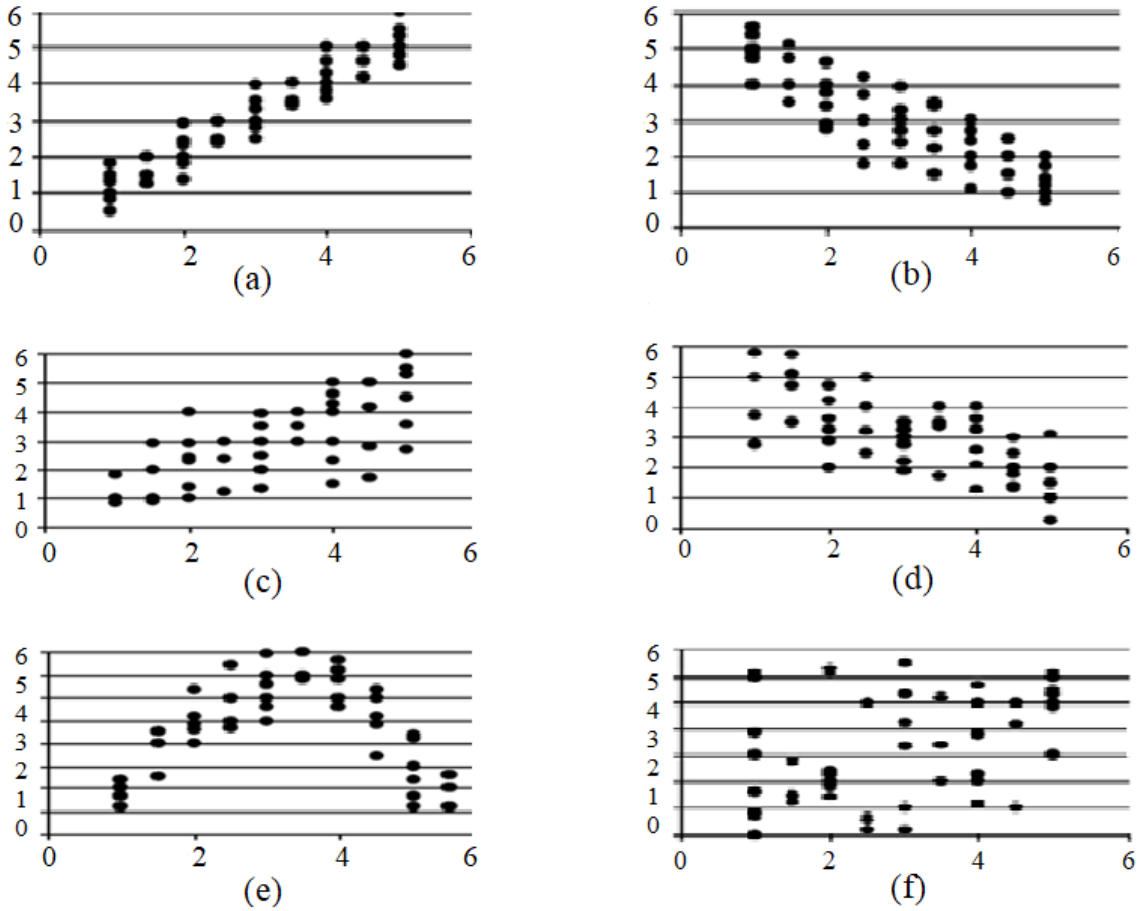
**Şekil 3.3:** 2015 yılının Şubat-Nisan aylarına ait Nakatane-Katherine istasyonlarından alınan saatlik TEİ verilerinin 90 günlük serpilme diyagramı.

Serpilme diyagramı çizilirken ölçek tercihi çok önemlidir; yanlış bir tercih iki değişken arasındaki ilişkinin görülmesini zorlaştırabilir. Ölçek değişimi aralarındaki korelasyon derecesini etkilemez (Gujarati, 2002; Oakland ve Followell, 1990).

Serpilme diyagramının çizilirken şu sıralama yapılmaz:

- Bağımlı ve bağımsız değişken seçimi yapılır.
- Veri uygun bir biçimde toplanıp kaydedilir.
- Çizim yapılacak grafikte ölçek aralığı değişimi gösterebilecek hassasiyette seçilir.
- Veriler, bağımlı değişken dikey ekseninde bağımsız değişkeni yatay ekseninde olacak şekilde yerleştirilir ve analiz yapılır.

Şekil 3.4’de gösterildiği gibi, analiz yapılırken farklı durumlarla karşılaşılabilir. (a)’da iki değişken arasında güçlü ve pozitif bir ilişkinin olduğu, (b)’de değişkenler arasında güçlü fakat negatif bir ilişki olduğu, (c)’de pozitif fakat zayıf bir ilişki olduğu, (d)’de negatif ancak zayıf bir ilişki olduğu görülmektedir. (e)’de iki değişken arasında bir ilişkinin var olduğu ancak hangi yönde olduğu net olarak bilinmediğinden dolayı aralarında karmaşık bir ilişki olduğu ve (f)’de ise aralarında bir ilişki olmadığı görülmektedir (Sağır, 2013).



Şekil 3.4: Serpilme diyagramı için olabilecek korelasyon durumları (Sağır, 2013).

### 3.2. Zaman Serilerinde Durağanlık Analizi

Zaman serisinde durağanlık basit anlatım ile geçmişte, şimdiki ve gelecek zaman içerisinde aynı benzerlikte davranış göstermesidir. Bir zaman serisinin durağan olup olmadığını başka bir anlatımla ortalamasında ve varyansında zaman içerisinde sistematik bir değişme yoksa ve değişkenlerin zaman periyodundaki ortak varyanslarının zamanla değişmeyip değişkenler arasında gerçekleşen gecikmeye bağlı ise seri durağan bir seridir. Eğer ortalaması ve varyansı zamanla değişiyorsa seri durağan değildir. Bir zaman serisinin durağanlığı üç yönden önemlidir (Çelik, 2013; Gujarati, 2002; Kozalı, 2007; Kutlar, 2002):

1. Bir modelde zaman serileri kullanılarak analiz yapıldığında değişkenler arasında istatistiksel olarak bir ilişki bulunabilir. Fakat bu seriler arasındaki ilişki ortak bir trendin varlığından dolayı çıkabilir. Böyle bir durumda sahte regresyon sorunu meydana gelebilir.
2. Regresyon modelleri genellikle kestirim yapmak için geliştirilmiştir. Bu modellerde durağan olmayan seriler kullanıldığında yapılacak kestirimler geçerlilik yönünden tartışmaya açıktır.
3. Durağan olan tüm serilerde yapılacak standart istatistiksel testler geçerlidir.

Bir zaman serisi durağan değilse iki metot ile durağan hale getirilebilir. Bunlardan birincisi trendden ayırma yöntemi diğeri fark alma yöntemidir. Fark alma yöntemi en sık kullanılan metottur. Durağan olmayan serilere, “birim kök içeren seriler” de denilmektedir. Bunlardan en yaygınları Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) Testi, Phillips-Perron (PP) Testi ve KPSS (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, Shin) Testi’dir (Dickey ve Fuller, 1979; Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin, 1992; Metin, 2013; Phillips ve Perron, 1988).

Dickey ve Fuller (1979) geliştirdikleri modelin denklemine, bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerini dâhil edip, zaman trendi ve sabit içerecek şekilde denklemi aşağıdaki gibi formüle etmişlerdir.

$$\Delta Y_t = \mu + \beta_t + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \alpha_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (3.1)$$

Burada;  $Y_t$ , durağanlık testi yapılan değişkeni,  $\Delta$  fark operatörünü,  $\mu$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  ve  $\alpha$  denklem katsayılarını,  $t$  bir zaman trendini,  $\varepsilon_t$  hata terimini ve  $k$  ise en uygun, gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testinde  $k$  parametresinin uygun belirlenmesi testin gücü ve parametrelerin anlamlılık düzeyleri açısından çok önemlidir. Bu testin anlamlılığı uygun gecikme uzunluğunun kestirimine bağlıdır. Buradan çıkacak sonuç istatistiksel anlamda sifıra eşdeğer değil ise incelenen

serinin durağan olduğu yani birim kök içermediği anlaşılır. Sıfır olması halinde ise seri durağan değildir (Dickey ve Fuller, 1979).

ADF birim kök testine benzeyen ve tamamlayan diğer bir birim kök testi, PP testidir. Bu test, Genişletilmiş Dickey-Fuller Testi'ndeki gibi hata terimlerini sınırlayan varsayımı bulunmamaktadır. Bunun yerine bağımsız ve sabit varyans içerebilme esnekliği getirmiştir. Bu testin diğer bir özelliği de yüksek dereceli korelasyonu test etmek için geliştirilmiştir. Ayrıca PP testi, oto korelasyonu düzeltmek için gerekli olan bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerini modelde kullanılmadığı için, bu teste başka bir tahminci olan Newey-West modeli ilave edilerek geliştirilmiştir (Enders 1995; Phillips ve Perron 1988; Sağır, 2013).

Durağanlığı belirleyen bir diğer test olan KPSS testi ile amaç, formüle ettiğimiz serideki her bir değişkenin durağanlığını tek tek kontrol etmektir. KPSS, diğer birim kök testlerinden farklı olarak boş hipotez altında zaman serisinin birim kök içermediğini açıklar (Kwiatkowski ve diğ, 1992).

Yukarıda ifade edilen ADF, PP ve KPSS testlerinden herhangi iki tanesinin mutlak değerinin, MacKinnon kritik değerlerinin mutlak değerlerinden büyük olması durumunda serinin durağan olduğu sonucuna ulaşılır (Enders, 1995; Sağır, 2013). MacKinnon kritik değerleri ve anlamlılık düzeyleri Tablo 3.1'de verildiği şekildedir.

**Tablo 3.1:** McKinnon (1996) kritik değerleri ve anlamlılık düzeyleri.

<b>McKinnon (1996) Kritik Değerleri</b>			
<b>ADF</b>	<b>PP</b>	<b>KPSS</b>	<b>Anlamlılık Düzeyi</b>
-4.09	-4.08	0.21	<b>1%</b>
-3.47	-3.47	0.15	<b>5%</b>
-3.16	-3.16	0.12	<b>10%</b>

### **3.3. Üst Üste Binmiş Dönem Analizi (SEA)**

Zaman serilerini analiz etmek için kullanılan güçlü yöntemlerden biri üst üste binmiş dönem analizidir. Bu analiz temelde incelenecek olan zamanla değişen değişkenlerin ortalamasını alma üzerine kurulu bir yöntemdir. Bir veya daha fazla olayın

etkisi altında kalmış bir sistemle ilgili ölçülmüş parametrenin değerlerini veren zaman serisinin ortalaması alındığında, olayların bu sistem üzerindeki etkisini ortalama değerlerden görmek çok zordur. Üst üste binmiş dönem analizi, zaman serisinin ölçüldüğü dönem boyunca meydana gelen olayların sistem üzerindeki etkisini tanımlamak ve bu sistemin olaya karşı verdiği tepkinin büyüklüğünü ölçmek için kullanılır.

Bu yöntemde en önemli aşama olay anını belirlemektir. Olay anı, bağımlı değişken üzerinde etkisi olduğu düşünülen bağımsız değişkenin sınır değerine göre belirlenir. Olay anı belirlendikten sonra, bağımlı değişkende bağımsız değişkenden dolayı meydana gelen tedirginliğin yok olacağı süre belirlenir. Bu süre olay anı öncesi ve sonrası için eşit olarak alınır. Bağımlı değişkenin etkisini de belirlemek için ortalama alınarak incelenen süre içinde, bağımlı değişkendeki çok büyük ve çok küçük değerlerin etkisi ortadan kaldırılmış olur. Ardından bağımsız değişkene bakılmaksızın tüm belirlenen zaman diliminde her bir olay anı için olay öncesi ve olay sonrası etki süreci boyunca ortalama alınır. Tüm olay anları için ve tüm incelenen zaman aralığında bağımsız değişkene bağlı olarak (bağımsız değişkeninin sınır değerinden küçük olduğu değerler için) dizilimler yapılır ve olay anından önceki ve sonraki her bir zaman dilimi için ortalamalar alınır. Elde edilen bu iki ortalama değer farkı alınarak, bağımsız değişkenin sınır değerinin üzerindeki değerlerini etkiler ve bu etkinin büyüklüğü belirlenmiş olur (Grocott, Wild, Milan ve Yeoman, 2009; Timoçin, 2016; Tulunay, 1994; Yapıcı 2007). Örneğin,  $K_p$  değerlerine (bağımsız değişken) bağlı olarak manyetik eşlenik noktalarındaki kritik frekansın ( $foF2$ ) nasıl tepki verdiği SEA metodu ile hesaplamak için,  $K_p$ 'nin tüm değerleri için ortalama  $foF2$  değerlerinden,  $K_p$ 'nin  $\leq 2^+$  olduğu değerlerdeki ortalama  $foF2$  değerlerinin farkı ( $\delta foF2$ ) alınır. Bu işlem denklem (3.2) ile verilmiştir (Timoçin, 2016).

$$\delta foF2 = \overline{foF2}_{(Tüm K_p)} - \overline{foF2}_{(K_p \leq 2^+)} \quad (3.2)$$

Eğer fiziksel süreç boyunca meydana gelen olaylar doğru bir şekilde tanımlanabilirse, üst üste binmiş dönem analizinden elde edilen sonuçlar, dinamik bileşenlerin sistem üzerindeki etkisini ortaya koyacaktır.

### 3.4. Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli

Regresyon genel tanımı, değişkenler arasındaki ilişkiyi araştırmak ve modellemek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Regresyon uygulamaları mühendislik, fen

bilimleri, ekonomi, yönetim, yaşam ve sosyal bilimler dâhil olmak üzere birçok alanda yaygın kullanılan istatistiksel bir tekniktir. Yapılan analiz sonucunda değişkenler arasında bir regresyon ilişkisinin olup olmadığı uygun bir matematiksel denklem yazılarak kanıtlanır. Değişkenlerin türlerine, sayılarına ve dağılımlarına göre farklı regresyon modelleri bulunmaktadır. Bunlar arasında en yaygın kullanılanı Sıradan En Küçük Kareler (SEKK) metodudur. Bu metot değişkenlerde durağanlık ve sabit varyans koşulları altında doğru sonuçlar verebilir. Ancak değişken varyans ve mevsimsellik gibi durumlarda SEKK metodu etkinliğini kaybetmekte ve metot kullanılarak elde edilen istatistiksel sonuçlar anlamsız hale gelmektedir. Bu tezde değişken sayısına, değişken varyansa ve mevsimsel olarak tekrar eden değişkenlere göre regresyon metotları değerlendirilmiş ve uygun model olarak Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity-ARCH) bir diğer yöntem olarak çalışılmıştır (Bursa, 2019; Engle, 1982; Montgomery, Peck ve Vining, 2012; Sağır, 2013; Songül, 2010).

Çoklu doğrusal regresyon modelinde denklemleri oluşturulurken kestirim hataları sabit varyans olduğu varsayılarak yazılır. Fakat çoğu zaman serilerinde değişen varyansa sahip olduğu görülmüştür. Bu durumda kurduğumuz denklemdeki katsayılar olduğundan çok daha büyük kestirim hatalarını içerecektir. Bu durumdan kurtulmak için bazı yöntemler uygulanmıştır. Mandelbort (1963) kestirim hatalarını zaman serisi içerisinde dönemlere ayırıp hareketli varyansını kullanarak çözüm bulmaya çalışmıştır. Daha sonra Klien (1977) de zaman serisindeki dönem sayısını yarıya düşürerek değişen varyansa çözüm bulmaya çalışmıştır. Bu uygulamalar geçici çözüm sağlamış olsa da devamlılık ve pratiklik bakımından zayıf kalmışlardır. Engle (1982) tarafından modellenen Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (ARCH) modeli ilk defa deneysel bulguları da modele ekleyerek sabit olmayan varyans sorununu çözmüştür. Bu model daha sonra birçok kişi tarafından geliştirilerek farklı modeller (GARCH (EGARCH) modeli, ARCHM modeli, eşiksel GARCH (TARCH), bileşke ARCH (C-ARCH) ve asimetrik bileşke ARCH (AC-ARCH), asimetrik PARARCH modeli, GRJGARCH) önerilmiştir (Aktaş ve Akkurt, 2006; Songül, 2010).

ARCH modeli koşulsuz varyansı sabit tutarak koşullu varyansın seri içerisindeki değişimlerine izin verir. Varyans denklemi:

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \varepsilon_{t-i}^2 \quad (3.3)$$



Ortalama denklemi:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + \varepsilon_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.4)$$

Burada  $p$ , ARCH derecesini ifade ediyor. Koşullu varyans  $\varepsilon_t$ 'nin hesaplanmış bütün değerleri sıfırdan büyük olmalıdır. Bunun içinde  $\alpha_0$  ve  $\alpha_i$  değerleri pozitif olmalıdır. Koşullu varyans sıfırdan küçük değerler alamayacağından dolayı negatif olmayacaktır. Bu yüzden varyansın sonsuz değerler almaması için denklemde  $\alpha_0$  dışında kalan tüm parametrelerin toplamı birden küçük olmalıdır. Ek olarak varyansın sıfırdan büyük olması için  $0 \leq \alpha_1 \leq 1$  şartının sağlanması gerekmektedir.

ARCH modeli daha önce yapılan iyonosferik çalışmalarda aşağıdaki gibi kullanılmıştır. Atıcı ve Sağır (2019)'da TEİ üzerinde Güneş ve jeomanyetik süreçlerin etkisini çalıştıkları makalede;

Güneş parametreleri için;

$$TEİ = \beta_0 + \beta_1 F10.7 + \beta_2 IMF + \varepsilon \quad (3.5)$$

Jeomanyetik parametreler için;

$$TEİ = \beta_0 + \beta_1 K_p + \beta_2 Dst + \varepsilon \quad (3.6)$$

Burada  $\beta_0$  regresyon sabitini,  $\beta_1$  ve  $\beta_2$  regresyon katsayılarını, F10,7 ve IMF Güneş parametrelerini,  $K_p$  ve Dst jeomanyetik indisler ve  $\varepsilon_0$  hata terimini ifade etmektedir. Regresyon denklemlerine ait katsayıları ARCH modeli ile elde etmişlerdir.

Bu modelle kurulan çoklu regresyon denklemlerinden elde edilen sonuçların istatistiksel olarak geçerli ve anlamlı olabilmesi için denklemdeki katsayıların olasılık değerlerinin, AR ve MA olasılık değerlerinin 0,05 değerinden küçük olması gerekmektedir. Ayrıca Durbin-Watson değerinin 1,5-2,5 aralığında ve ARCH-LM test sonucu değerinin 0,05 ten büyük olması gerekmektedir (Atıcı, Aytas ve Sağır, 2020; Atıcı ve Korlaelçi, 2017; Aktaş ve Akkurt, 2006; Gouriéroux, 1997; Sjölander, 2011).

#### 4. MATERYAL VE YÖNTEM

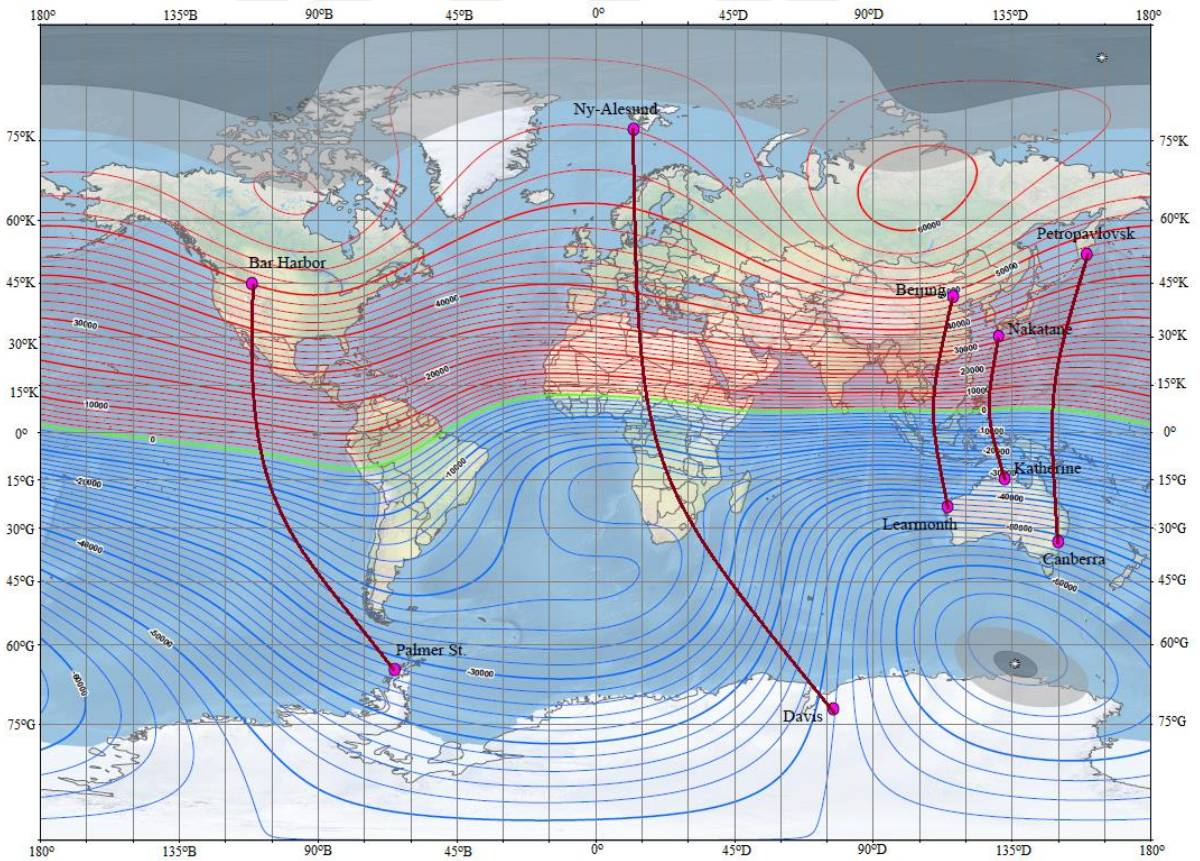
İyonosfer enlem, yerel zaman, mevsim, Güneş ve jeomanyetik parametrelere bağlı değişimler göstermektedir. Örneğin TEİ gibi iyonosferik parametrelerle ilgili yapılan çalışmalarda enleme bağlı değişimleri daha belirgin bir şekilde gözlemleyebilmek adına iyonosfer; düşük enlem ( $0^{\circ} - \pm 30^{\circ}$ ), orta enlem ( $\pm 30^{\circ} - \pm 60^{\circ}$ ) ve yüksek enlem ( $\pm 60^{\circ} - \pm 90^{\circ}$ ) olmak üzere üç farklı bölgeye ayrılarak incelenir (Atıcı ve Sağır, 2019; Rishbeth ve Garriott, 1969; Sağır ve Atıcı 2019; Yamazaki ve Maute, 2017). Bu bakımdan bu çalışmada manyetik eşlenik noktalarında ölçülen TEİ değerleri, Tablo 4.1’de gösterilen biri düşük enlem bölgesinden, üçü orta enlem bölgesinden ve biri de yüksek enlem bölgesinden olmak üzere coğrafik ve manyetik koordinatları verilen TEİ’nin ölçüldüğü manyetik eşlenik istasyon çiftleri seçilmiştir.

**Tablo 4.1:** TEİ değerlerinin elde edildiği istasyonların coğrafik ve manyetik koordinatları.

	İstasyon Adı	Coğrafik Enlem ( $^{\circ}$ )	Coğrafik Boylam ( $^{\circ}$ )	Manyetik Enlem ( $^{\circ}$ )	Manyetik Boylam ( $^{\circ}$ )
Düşük Enlem	Nakatane (Japonya)	30,55	131,01	22,16	202,13
	Katherine (Avustralya)	-14,37	132,15	-24,16	204,01
Orta Enlem	Beijing (Çin)	40,24	116,22	30,63	187,96
	Learmonth (Avustralya)	-22,23	114,08	-31,86	187,35
	Petropavlovsk (Rusya)	53,02	158,65	46,28	227,29
	Canberra (Avustralya)	-35,31	149,01	-46,90	228,33
	Bar Harbor (ABD)	44,39	291,8	50,82	9,26
	Palmer Station (Antartika)	-64,77	295,95	-51,31	7,67
Yüksek Enlem	Ny-Alesund (Norveç)	78,92	11,86	76,36	129,44
	Davis (Antartika)	-68,57	77,97	-76,52	131,76

Bu manyetik eşlenik çiftlerinin belirlenmesi için öncelikle GPS istasyonlarının bulunduğu noktaların coğrafik koordinatları ("IGS", t.y.) adresinden alınmış ve ("SPDF", t.y.-a) adresinden dönüşüm yapılarak bu noktaların manyetik eşlenik koordinatları elde edilmiştir.

Düşük enlem bölgesinden az sayıda istasyonun değerlendirmeye alınmasının nedeni, istasyonlar arası mesafenin kısa olmasından dolayı geçiş süresinin çok kısa olması ve manyetik eşlenik noktalarındaki karşılıklı etkileşimlerin görülememesidir (Sergeenko, 2018). Yüksek enlem bölgesinde az sayıda istasyonun değerlendirmeye alınmasının nedeni ise hem TEİ'nin ölçüldüğü manyetik eşlenik noktalarındaki istasyon sayısının az sayıda olması hem de Yer'in manyetik alanı boyunca bu bölgelere sürüklen parçacıkların dışında uzay ortamından atmosfere giren kozmik ışınlar ve yüklü parçacıkların bu süreci olumsuz etkilemesidir (Rishbeth ve Garriott, 1969; Sağır ve Atıcı,2019). Belirlenen bu beş farklı manyetik eşlenik istasyon çiftinin konumları Şekil 4.1'de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.1:** TEİ değerlerinin elde edildiği 5 farklı manyetik eşlenik çifti istasyonlarının Yer'in coğrafik ve manyetik koordinatları üzerindeki gösterimi.

Bu istasyon çiftlerinden ölçülen TEİ verileri (“NASA Open Data Portal”, t.y.) ve (“Australian Government Bureau of Meteorology”, t.y.) adreslerinden elde edilmiştir. Bu veriler Rinex dosyası şeklinde olduğundan, bu dosyalar (“IONOLAB”, t.y.) sitesindeki IONOLAB-TEC/STEC yazılımı ile kullanılabilir formata dönüştürülmüştür.

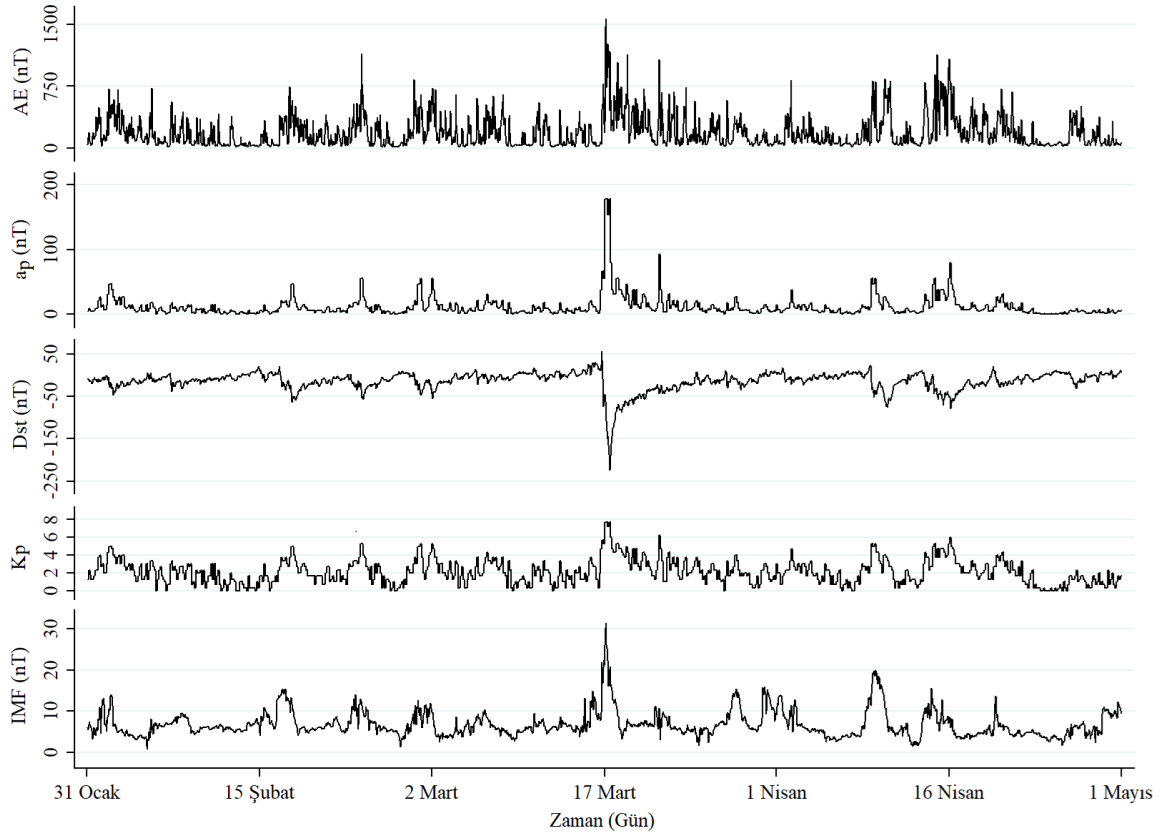
TEİ değerlerinin mevsime bağlı değişimlerini gözlemleyebilmek ve manyetik eşlenik çiftleri için elde edilen TEİ değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisini görebilmek için Güneş lekesi sayısının maksimum olduğu yıl olan 2015 yılının jeomanyetik indis değerleri incelenmiştir. Bu değerler ile yapılan inceleme sonucunda 2015 yılı fırtınalı zamanların ele alındığı 4 ayrı döneme ayrılmış ve bu dönemler Tablo 4.2’de verilmiştir.

**Tablo 4.2:** İncelenen dönemler ve bu dönemlerde gözlenen  $K_p$  ’nin maksimum değerleri.

Dönem	Dönem Başlangıcı	$K_p$ ’nin maksimum olduğu zaman	Maksimum $K_p$ Değeri	Dönem Bitişi
1. Dönem	31.01.2015	17.03.2015	7,7	01.05.2015
2. Dönem	08.05.2015	22.06.2015	8,3	06.08.2015
3. Dönem	23.08.2015	07.10.2015	7,3	21.11.2015
4. Dönem	06.11.2015	21.12.2015	6,7	04.02.2016

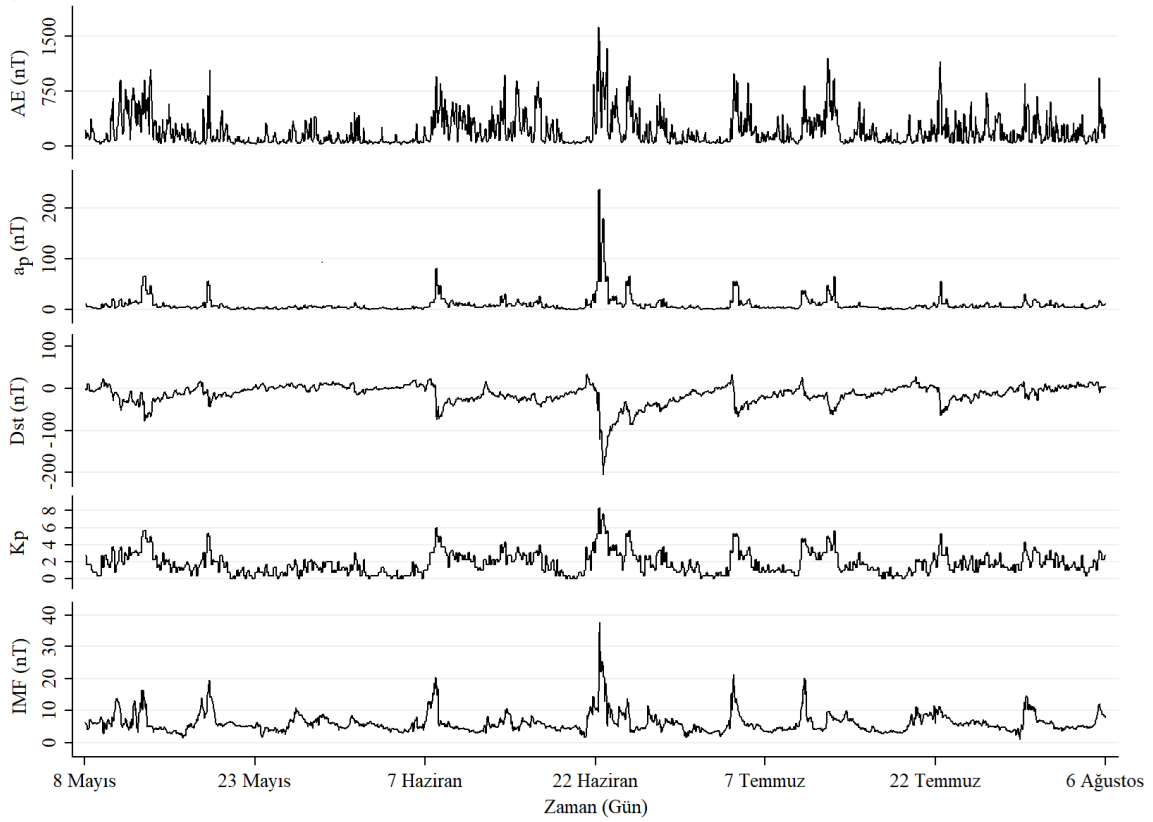
Burada her mevsimsel dönem için  $K_p$  değerinin maksimum olduğu gün referans alınarak bu tarihten  $\pm 45$  gün öncesi ve sonrası incelenmiştir. 3’er saatlik  $K_p$  değerleri NASA’s Space Physics Data Facility (SPDF) merkezinden alınmıştır (“SPDF”, t.y.-b). SEA yönteminde saatlik TEİ değerleri kullanılacağı için doğrusal ara değer bulma (linear interpolation) metodu kullanılarak 3’er saatlik  $K_p$  değerleri saatlik değerlere dönüştürülmüştür.

1. dönem olarak belirlenen ve aralıkları Tablo 4.2’de belirtilen zaman aralığında jeomanyetik alanın 4 farklı indisi ( $Dst$ ,  $K_p$ ,  $a_p$  ve  $AE$ ) ile IMF’nin değişimi Şekil 4.2’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi 16/03/2015 tarihinde 04:00 UT’de; IMF değeri aniden 9 nT’den 21 nT’ya,  $Dst$  değeri 25 nT’den 56 nT’ya,  $a_p$  değeri 39 nT’den 67 nT’ya ve  $AE$  değeri ise 50 nT’den 468 nT’ya artmıştır. Bu durum fırtınanın başlangıcını ifade etmektedir.  $Dst$  değeri 16/03/2015 tarihinde 22:00 UT’de maksimum değeri olan -223 nT’ya ulaşarak fırtınanın ana fazını oluşturmuştur. Bu saatten sonra azalarak geri dönüş fazı meydana gelmiştir. Tüm bu durumlar jeomanyetik fırtına sürecini ifade etmektedir.



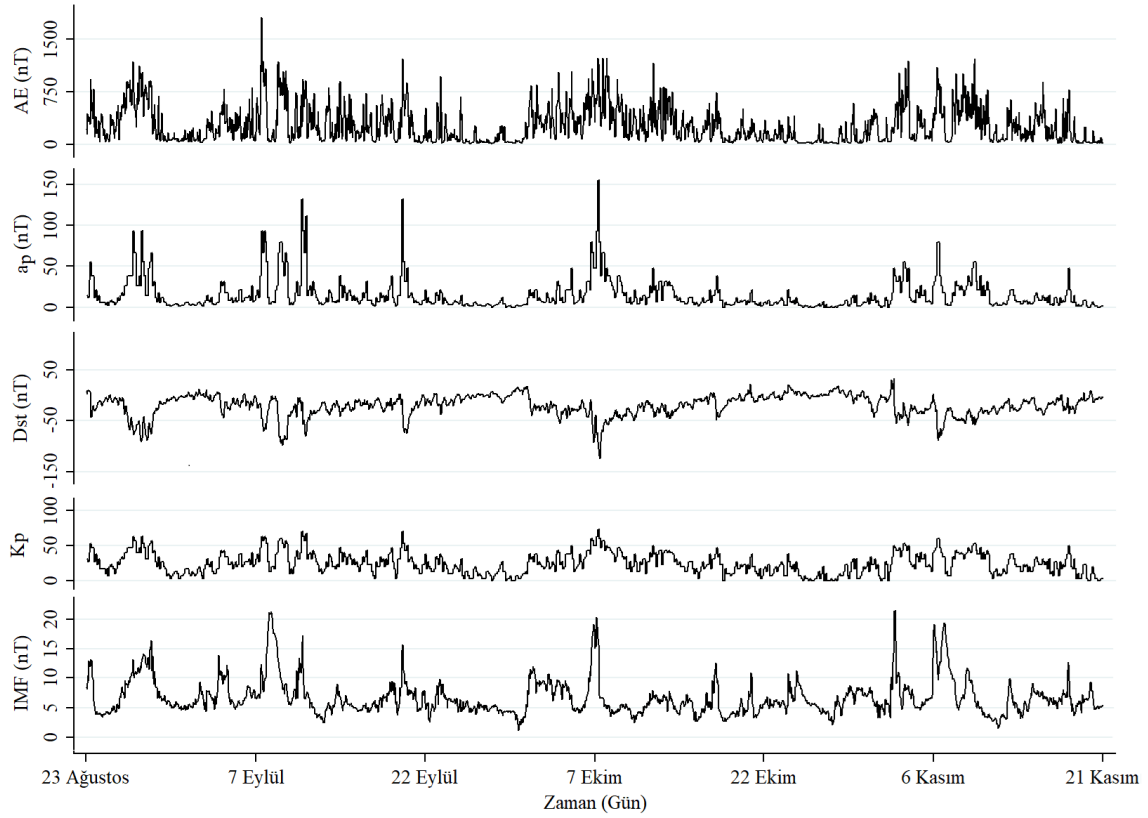
**Şekil 4.2:** 2015 yılı 1. dönem için IMF ve jeomanyetik indislerin zamanla değişimi.

2. dönem için jeomanyetik indisler ve IMF'in zamanla değişimi Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Jeomanyetik fırtınanın başlangıç fazını gösteren Dst'nin pozitif değerleri 20 Haziran günü saat 08:00 UT itibari ile başlamaktadır. Bu saat ile pozitif yöndeki maksimum değer arasına fırtınanın başlangıç fazı denir ve bu süre 21 Haziran saat 10:00 UT'ye kadar devam etmektedir. Bu faz süresince IMF değeri 1,8 nT'dan 4,4 nT'ya,  $K_p$  değeri 1,0'dan 3,7 nT'ya, Dst değeri 9 nT'dan 34 nT'ya,  $a_p$  değeri 22 nT'dan 9 nT'ya, AE değeri 66 nT'dan 115 nT'ya değişmiştir. Bu fazın ardından ana faz başlamaktadır. Dst değeri 22 Haziran saat 05:00 UT'de minimum değeri olan -204 nT'ya ulaşmıştır. Bu süreç fırtınanın ana fazını oluşturmaktadır. Bu ana faz süresi boyunca IMF değeri 10,3 nT'dan 24,5 nT'ya,  $K_p$  değeri 3'ten 8,3'e,  $a_p$  değeri 15 nT'dan 179 nT'ya, AE değeri 1411 nT'ya yükselmiştir. 24 Haziran saat 10:00 UT'de IMF,  $K_p$ , Dst,  $a_p$  ve AE indisleri sırasıyla 8 nT, 2,7, -32 nT, 7 nT ve 88 nT'lık değerlerini alarak fırtınanın geri dönüş fazının sonunu ifade etmektedir. Tüm durumlar yine bir jeomanyetik fırtına sürecini ifade etmektedir.



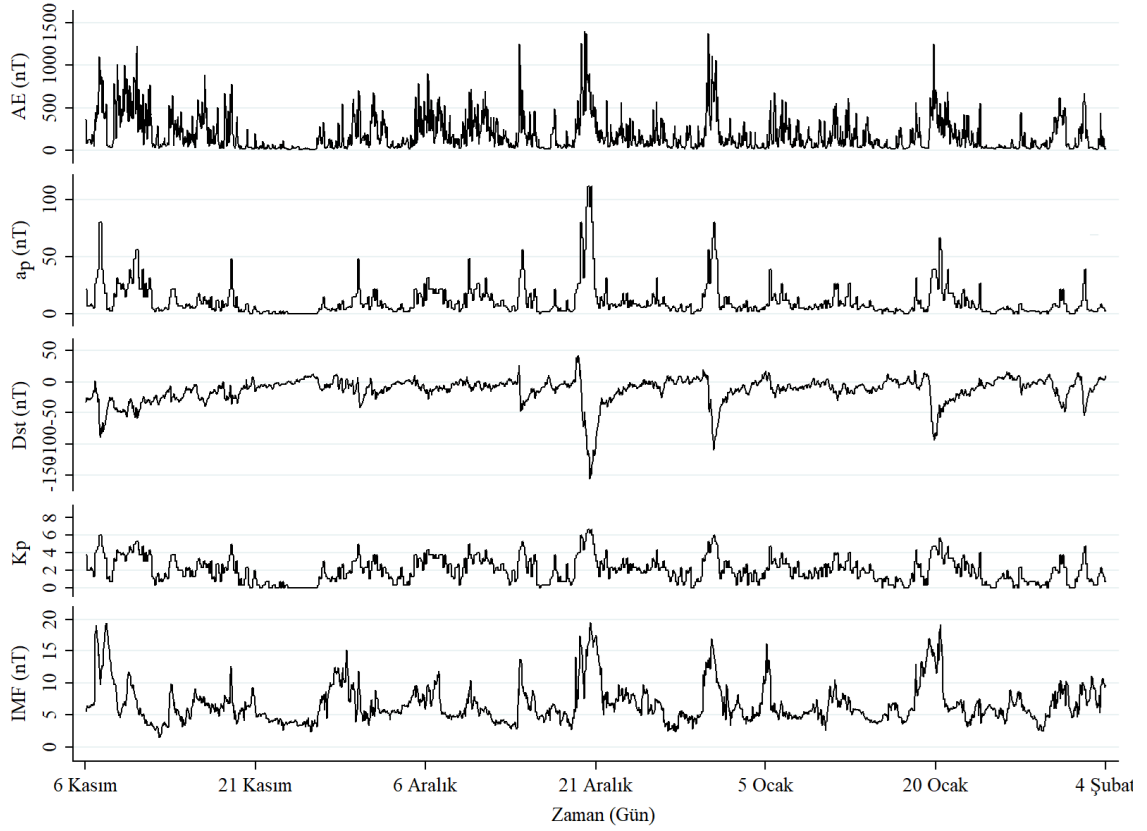
**Şekil 4.3:** 2015 yılı 2. dönem için IMF ve jeomanyetik indislerin zamanla değişimi.

3. dönem için jeomanyetik alanın 4 farklı indisi (Dst,  $K_p$ ,  $A_p$  ve AE) ile IMF'in değişimi Şekil 4.4'te verilmiştir. Fırtınanın başlangıç fazının Dst'nin pozitif yönde artışı ile başlayan saat olan 6 Ekim 20:00 UT'dir. Bu saat ile pozitif yöndeki maksimum değer arasına fırtınanın başlangıç fazı denir ve bu süre 7 Ekim 02:00 UT'ye kadar devam etmektedir. Bu faz süresince IMF değeri 7,7 nT'dan 10,4 nT'ya,  $K_p$  değeri 4,3'ten 3,7'ye, Dst değeri -42 nT'dan -9 nT'ye,  $a_p$  değeri 32 nT'dan 22 nT'ya, AE değeri 741 nT'dan 546 nT'ya değişmiştir. Bu fazın ardından ana faz başlamaktadır. Ana faz 7 Ekim saat 19:00 UT'de başlayıp 8 Ekim saat 19:00 UT'de bitmiştir. Ana faz süresince IMF değeri 15,8 nT'dan 5 nT'ya,  $K_p$  değeri 7,3'ten 4,7'ye, Dst değeri -124 nT'dan -47 nT'ya,  $a_p$  değeri 154 nT'dan 39 nT'ya, AE değeri 1153 nT'dan 337 nT'ya kadar azalmıştır. Bu saatten sonra azalarak geri dönüş fazı meydana gelmiştir. Tüm bu durumlar jeomanyetik fırtına sürecini ifade etmektedir.



**Şekil 4.4:** 2015 yılı 3. dönem için IMF ve jeomanyetik indislerin zamanla değişimi.

4.dönem için jeomanyetik Dst,  $K_p$ ,  $A_p$  ve AE indisleri ve IMF'in zamanla değişimi Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Bu dönem için fırtınanın başlangıcı Dst değerinin pozitif yöne yönelmeye başladığı an olan 20 Aralık saat 16:00 UT'dir. Başlangıç fazı Dst'nin yön değişme anı olan 20 Aralık saat 23:00 UT'de sona ermektedir. Bu andan itibaren fırtınanın ana fazı başlamaktadır. Başlangıç fazında IMF değeri 4,6 nT'dan 11,1 nT'ya,  $K_p$  değeri 0,7'den 0,4'e, Dst değeri 1 nT'dan 40 nT'ya,  $a_p$  değeri 3 nT'dan 27 nT'ya, AE değeri 119 nT'dan 262 nT'ya kadar değişmektedir. Fırtınanın ana fazı Dst'nin negatif yönde maksimum olduğu 21 Aralık saat 19:00 UT'ye kadar devam etmektedir. Ana faz boyunca IMF değeri 11,1 nT'dan 17.8 nT'ya,  $K_p$  değeri 0.4'ten 6,7'e, Dst değeri 40 nT'dan -155 nT'ya,  $a_p$  değeri 27 nT'dan 111 nT'ya, AE değeri 262 nT'dan 695 nT'ya kadar artmıştır. Fırtınanın geri dönüş fazı ise jeomanyetik indis değerleri ve IMF değerinin normal değerlerine ulaştığı an olan 22 Aralık saat 21:00 UT'ye kadar devam etmektedir.



**Şekil 4.5:** 2015 yılı 4. dönem için IMF ve jeomanyetik indislerin zamanla değişimi.

Manyetik eşlenik noktaları arasındaki bağlantı Yer'in manyetik alanı ile sağlandığından, bu çalışmada jeomanyetik alanın önemli bir göstergesi olan  $K_p$  indisi ilişkiye dâhil edilmiştir. İncelemeler; serpilme diyagramı, verilerin analizlere uygun olup olmadığını gösteren durağanlık analizi, SEA metodu ve çoklu doğrusal regresyon analizi ile yapılmıştır.

Zamanla değişim gösteren iki parametre arasındaki ilişkinin türünün belirlenmesinde serpilme diyagramı yaygın olarak kullanılmıştır. Sağır (2013), ekvator bölgesi iyonosferik F2 tabakası kritik frekansı ( $f_oF2$ ) ile stratosferik QBO (Quasi Biennial Oscillation) arasındaki ilişkinin analizinde; Kurt (2016), F2 tabakasında ölçülen elektron yoğunluğu ve IRI programından elde edilmiş elektron yoğunluğu farkı ( $\Delta N_m F2$ ) ile QBO arasındaki ilişkinin analizinde; Yüksel (2015), D tabakası nötr yoğunluğu ( $N_n D$ ) ile QBO arasındaki ilişkinin analizinde ve Timoçin (2011) ise  $f_oF2$  ile Güneş lekeleri sayısı arasındaki ilişkinin analizinde serpilme diyagramını kullanmışlardır.



Verilerin analizlere uygun olup olmadığını göstermek için, tüm istasyonlardan elde edilen TEİ ve  $K_p$  değerlerinin durağanlık analizleri (Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) ve KPSS (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, Shin) Testleri) yapılmıştır.

İki manyetik eşlenik istasyon çiftinden elde edilen TEİ değerlerinin  $K_p$  'ye verdiği tepkiyi analiz etmek için SEA metodu kullanılmıştır. Birçok atmosfer, uzay, sağlık ve çevre bilimi gibi iyonosfer ile yakından ilişkili olan süreçleri analiz etmede bu metod kullanılmıştır. Davis, Wild, Lockwood ve Tulunay (1997)'ın jeomanyetik indislerle ( $K_p$ , AE ve Dst) iyonosfer arasındaki ilişkiyi incelemelerinde; Zhang, Liemohn, Kozyra, Thomsen, Elliott ve Weygand (2006)'ın 549 ayrı fırtına sürecini 5 farklı Güneş döngüsü içerisinde yer alan Güneş minimumu ve maksimumu için ayrı ayrı olacak şekilde jeomanyetik parametrelere ( $K_p$ , Dst ve IMF) bağlı olarak incelemelerinde; Freeman ve Morley (2009)'ın jeomanyetik fırtına başlangıcı ve IMF'in kuzeye yönelimi arasındaki ilişkiyi incelemelerinde; Brad, Mann ve Ammann (2003)'ın El-Nino salınımları ve volkanik patlamalar arasındaki ilişkiyi incelemelerinde; Timoçin (2016)'ın Ariel 4 uydusundan elde edilmiş olan foF2 değerlerinin jeomanyetik fırtınalara verdiği tepkiyi araştırmasında ve Yapıcı (2007)'nin IMF'nin üç farklı bileşenine iyonosferik tepkiyi incelemesinde bu yöntem kullanılmıştır. Ayrıca, çevre biliminde Mass ve Portman (1989)'ın iklim ile volkanik patlamalar arasındaki ilişkiyi incelemelerinde ve sağlık biliminde Wanliss, Cornélissen, Halberg, Brown ve Washington (2018)'ın 3 ayrı kan basıncı değerinin Dst indisine verdiği tepkiyi araştırmalarında SEA metodunu kullanmışlardır. Analizlerimizde olay anı olarak,  $K_p > 2^+$  olduğu saatler alınmıştır. Bu saatler jeomanyetik aktif saatleri,  $K_p \leq 2^+$  olduğu saatler ise jeomanyetik sakin saatleri belirtmektedir. Olay anları referans alınarak, tüm TEİ değerleri ve  $K_p \leq 2^+$  saatlerindeki TEİ değerleri için SEA metodu uygulanmıştır. Bu iki durum için elde edilen sonuçlar denklem (3.2)'dekine benzer biçimde birbirinden çıkarılarak  $\delta TEİ$  değerleri elde edilmiştir.

Son olarak ise, bir manyetik eşlenik çiftinde herhangi bir eşlenik noktasının diğer eşlenik noktasından ve jeomanyetik alandan ne kadar etkilendiğini ortaya koymak için çoklu doğrusal regresyon modeli uygulanmıştır. Çoklu doğrusal regresyon modeli, iyonosferik araştırmalarda yaygın olarak kullanılmıştır. Tang, Xue, Lei ve Dou (2014)'un TEİ ile QBO arasındaki ilişkiyi incelemelerinde; Atıcı ve Sağır (2017)'ın E tabakası kritik frekansı (foE) üzerindeki QBO'nun etkisini incelemesinde; Çetin, Özcan ve Korlaelçi

(2017)'nin sporadic E tabakası kritik frekansı ( $f_oE_s$ ) ile aylık ortalama bölgesel rüzgâr arasındaki ilişkiyi incelemelerinde; Bhawre ve diğerleri (2015)'nin 23. Güneş döngüsü boyunca Güneş indisleri ile  $f_oF2$  arasındaki ilişkiyi incelemelerinde; Yadav, Dabas, Das, Upadhayaya, Sarkar ve Gwal (2011)'in Güneş lekesi sayısı ile  $f_oF2$  arasındaki ilişkiyi incelemelerinde; Kutiev ve diğerleri (2013)'nin Ekstra Ultra Violet (EUV)'in TEİ üzerindeki etkisini incelemelerinde çoklu doğrusal regresyon modelini kullanmışlardır. Bu çalışmada, durağanlık analizlerine bağlı olarak çoklu doğrusal regresyon modeli ile manyetik eşlenik çiftleri arasındaki regresyon denklemini oluşturmak için denklem (3.6) kullanılmıştır.



## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

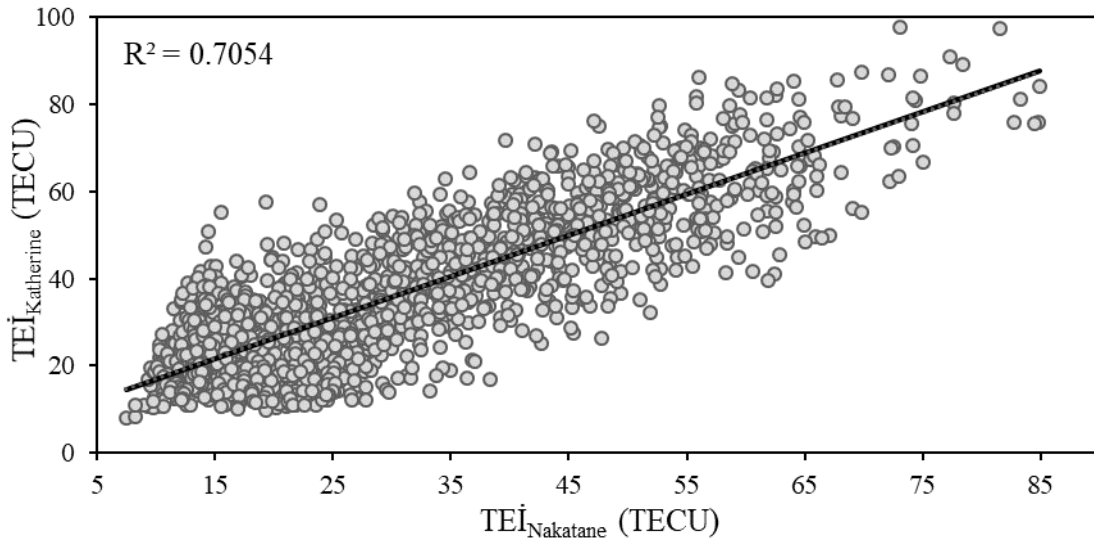
Bu bölümde, düşük, orta ve yüksek manyetik enlemler için aktif jeomanyetik dönemlerde manyetik eşlenik noktalarındaki TEİ'nin değişimi üç farklı analiz yöntemiyle incelenmiş ve bu sonuçların analizleri enleme ve mevsimsel dönemlere göre karşılaştırılmıştır.

### 5.1. Düşük Enlem Bölgesi İçin Yapılan Analizler

Manyetik ekvatora göre düşük ( $0^\circ \pm 30^\circ$ ) enlemlerde bulunan manyetik eşlenik noktalarındaki TEİ'nin değişimine ilişkin bulgular elde edilmiştir. Buna göre, manyetik koordinatları  $22,16^\circ$  K,  $202,3^\circ$  D ile  $24,16^\circ$  G,  $202,3^\circ$  D olan Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için dört farklı döneme ait yapılan mevsimsel inceleme sonuçları aşağıda verilmiştir.

#### 5.1.1. Birinci dönem analizleri

Şekil 5.1'de Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti 1.dönem serpilme diyagramı verilmektedir. Şekildeki eğilim çizgisinden de anlaşılacağı üzere bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında pozitif yönde çok güçlü bir ilişki görülmektedir.



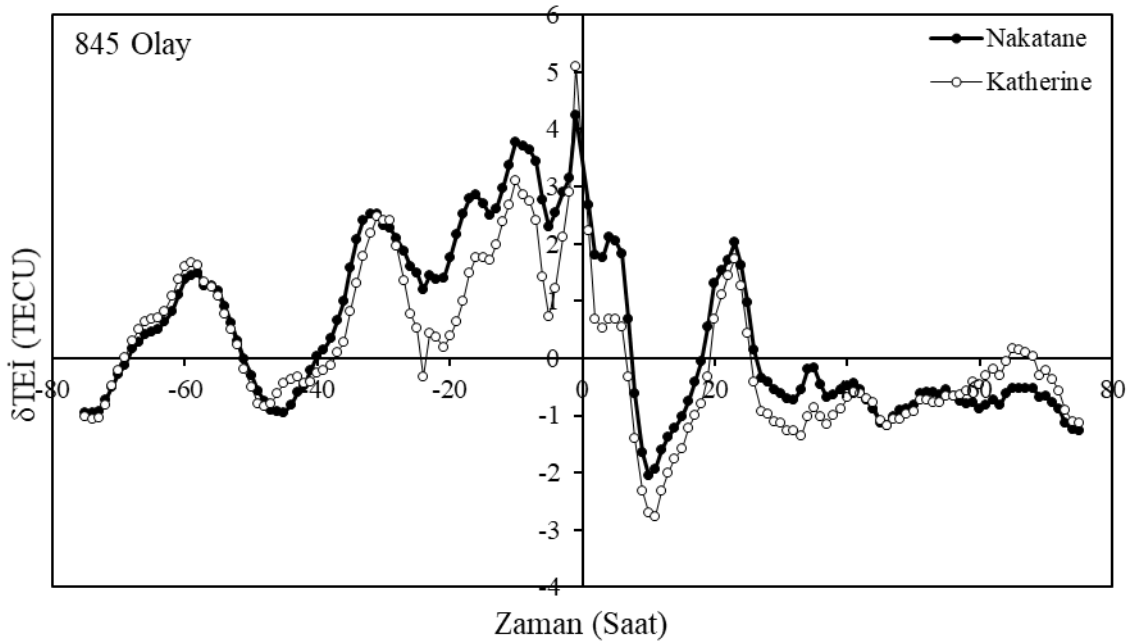
Şekil 5.1: Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için 1. dönem serpilme diyagramı.

Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.1’de verilmiştir.  $TEI_{Nakatane}$  değişkeni her üç teste göre %1 düzeyinde durağan iken,  $TEI_{Katherine}$  ve  $K_p$  bağımsız değişkeni ADF ve PP testlerine göre %1, KPSS testine göre ise %5 düzeyinde durağan olduğu görülmektedir.

**Tablo 5.1:** Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Nakatane}$	-4,39	-11,55	0,26
$TEI_{Katherine}$	-4,30	-11,55	0,20
$K_p$	-6,40	-5,37	0,18

Şekil 5.2’de Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir.



**Şekil 5.2:** Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 845 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi “0 olay anı” civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ 'deki maksimum değişim miktarı Nakatane istasyonunda 6,27 TECU iken Katherine istasyonunda 7,86 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 30 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerlerini tüm olay zamanı boyunca incelediğimizde, pozitif ve büyük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca her iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde pozitif bir etki oluşturmuştur.

Tablo 5.1'de verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, Nakatane istasyonu için denklem (3.6)'dan türetilen  $TEI_{Nakatane} = \alpha_0 + \alpha_1 TEI_{Katherine} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminde elde edilen 1. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.2'de verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde Nakatane istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinin, Katherine istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerleri ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği  $Adj.R^2 (0,97)$  katsayısından anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılar bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Katherine istasyonunda meydana gelen 1 TECU'luk artışın/azalışın Nakatane istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,63 TECU'luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın, Nakatane istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,02 TECU'luk azalışa/artışa sebep olacağı görülmektedir. Bu negatif ilişki durumu  $\alpha_2$  katsayısının önünde verilen “-” işareti ile gösterilmiştir. Bu sonuçlar Nakatane istasyonunun Katherine istasyonundaki  $TEI$  değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre otuz bir kat daha fazla etkilendiği anlamına gelmektedir.

Katherine istasyonu için kurulan  $TEI_{Katherine} = \beta_0 + \beta_1 TEI_{Nakatane} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.2)  $TEI$  değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü ( $Adj.R^2 (0,97)$ ), Nakatane istasyonundaki  $TEI$  değerleri ve

$K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Nakatane istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU'luk artış/azalış, Katherine istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,87 TECU'luk artışa/azalışa sebep olmaktadır.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Katherine istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,04 TECU'luk bir artışa/azalışa sebep olmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Katherine istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Nakatane istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yirmi iki kat daha fazla etkilendiği ifade edilebilir.

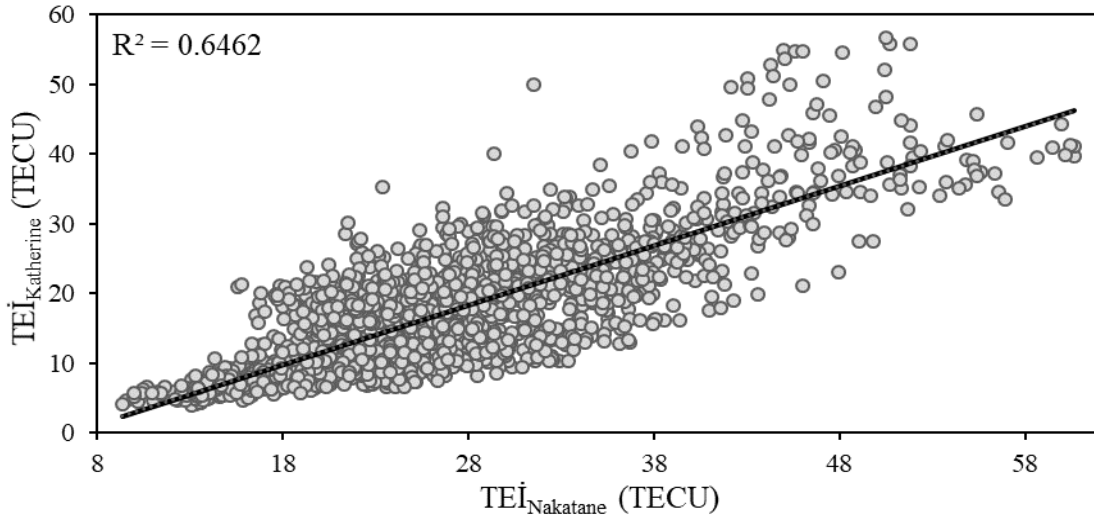
**Tablo 5.2:** Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem regresyon analiz sonuçları.

Değişken Katsayıları	Nakatane İstasyonu		Katherine İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	-3,00	(0,0020)*	7,70	(0,0000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,63	(0,0000)*	0,87	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	-0,02	(0,0389)**	0,04	(0,0389)**
AR(1)	0,86	(0,0000)*	0,91	(0,0000)*
MA(1)	0,36	(0,0000)*	0,36	(0,0000)*
$R^2$	0,97		0,97	
Adj. $R^2$	0,97		0,97	
Durbin-Watson	2,04		2,10	
ARCH LM	0,97		0,96	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

### 5.1.2. İkinci dönem analizleri

Şekil 5.3'te Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti 2.dönem serpilme diyagramı verilmektedir. Şekildeki eğilim çizgisinden de anlaşılacağı üzere bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında pozitif yönde çok güçlü bir ilişki görülmektedir.



**Şekil 5.3:** Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için 2. dönem serpilme diyagramı.

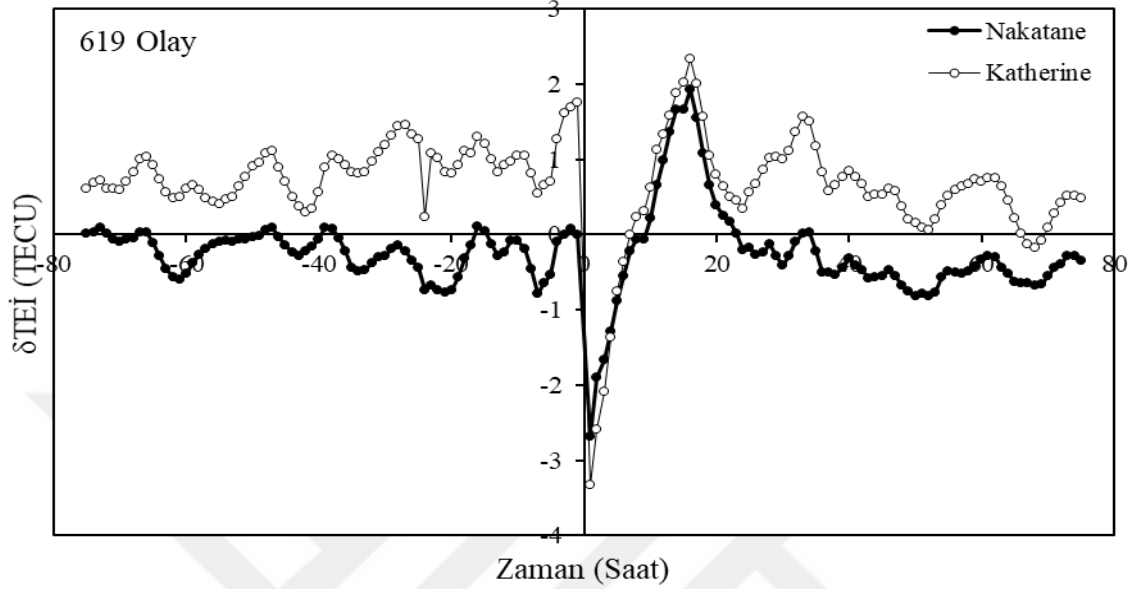
Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 2.dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.3'te verilmiştir.  $TEI_{Nakatane}$  değişkeni ADF testine göre durağan olmayıp, PP ve KPSS testlerine göre %1 durağandır.  $TEI_{Katherine}$  değişkeni ise her üç teste göre %1 düzeyinde durağan iken,  $K_p$  bağımsız değişkeni ADF ve PP testlerine göre %1 durağan olup, KPSS testine göre ise durağan olmadığı görülmektedir.

**Tablo 5.3:** Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 2.dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Nakatane}$	-2,98	-10,08	0,33
$TEI_{Katherine}$	-3,27	-12,14	0,58
$K_p$	-6,14	-5,63	0,10

Şekil 5.4'te Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 619 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisinin 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ 'deki olay anı civarındaki maksimum değişim miktarı Nakatane istasyonunda 3,76 TECU iken Katherine istasyonunda 5,08 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 30 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Bu dönem için hesaplanan  $\delta TEI$  değerlerini tüm olay zamanı boyunca incelediğimizde, pozitif ve büyük değerli

korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, iyonosferik manyetik eşlenik noktalarında olay anı civarında negatif bir etki oluşturmuştur.



**Şekil 5.4:** Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Tablo 5.3'te verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, Nakatane istasyonu için denklem (3.6)'dan türetilen  $TEI_{Nakatane} = \alpha_0 + \alpha_1 TEI_{Katherine} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminde elde edilen 2. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.4'te verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde Nakatane istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinin, Katherine istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerleri ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği  $Adj.R^2$  (0,95) katsayısından anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Katherine istasyonunda meydana gelen 1 TECU'luk artışın/azalışın Nakatane istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,46 TECU'luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın, Nakatane istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,05 TECU'luk azalışa/artışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar Nakatane istasyonunun Katherine



istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık dokuz daha fazla etkilendiği anlamına gelmektedir.

**Tablo 5.4:** Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem regresyon analiz sonuçları.

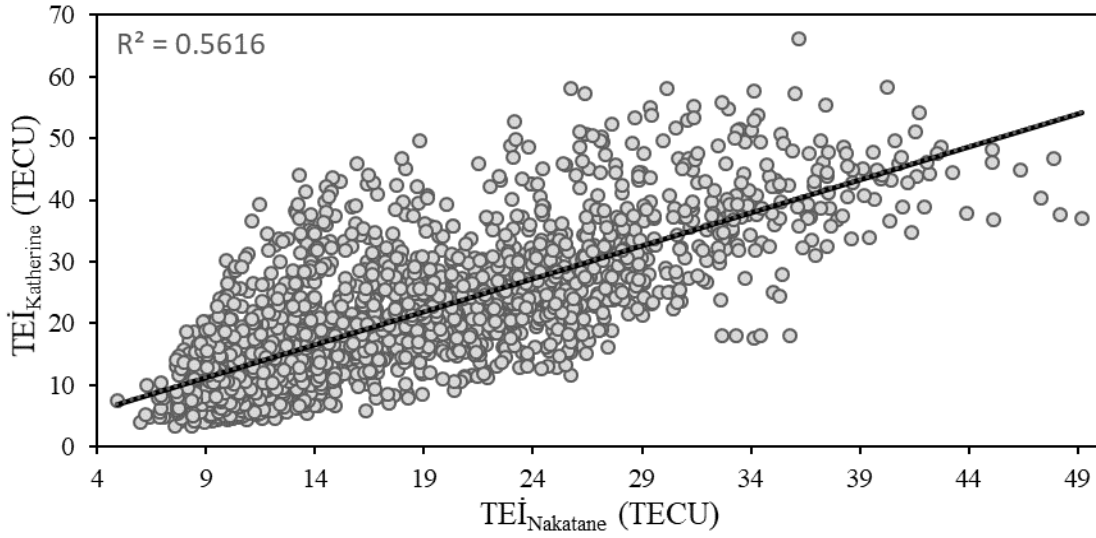
Değişken Katsayıları	Nakatane İstasyonu		Katherine İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	18,86	(0,0000)*	1,74	(0,0190)**
$\alpha_1/\beta_1$	0,46	(0,0000)*	0,51	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	-0,05	(0,0001)*	0,03	(0,0414)**
AR(1)	0,88	(0,0000)*	0,85	(0,0000)*
MA(1)	0,42	(0,0000)*	0,48	(0,0000)*
$R^2$	0,95		0,95	
Adj. $R^2$	0,95		0,95	
Durbin-Watson	2,06		1,83	
ARCH LM	0,66		0,35	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Katherine istasyonu için kurulan  $TEİ_{Katherine} = \beta_0 + \beta_1 TEİ_{Nakatane} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.4) TEİ değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü (Adj. $R^2$  (0,95)), Nakatane istasyonundaki TEİ değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Nakatane istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU'luk artış/azalış, Katherine istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,51 TECU'luk artışa/azalışa sebep olmaktadır.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Katherine istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,03 TECU'luk bir artışa/azalışa sebep olmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Katherine istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Nakatane istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre on yedi kat daha fazla etkilendiği ifade edilebilir.

### 5.1.3. Üçüncü dönem analizleri

Şekil 5.5'te Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti 3. dönem serpilme diyagramı verilmektedir. Şekilde bu iki istasyonda belirtilen dönem için ölçülen TEİ değerlerinin aralarındaki ilişkiyi veren eğilim yine pozitif yönde ve çok güçlü bir ilişki içinde olduklarını göstermektedir.



Şekil 5.5: Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için 3.dönem serpilme diyagramı.

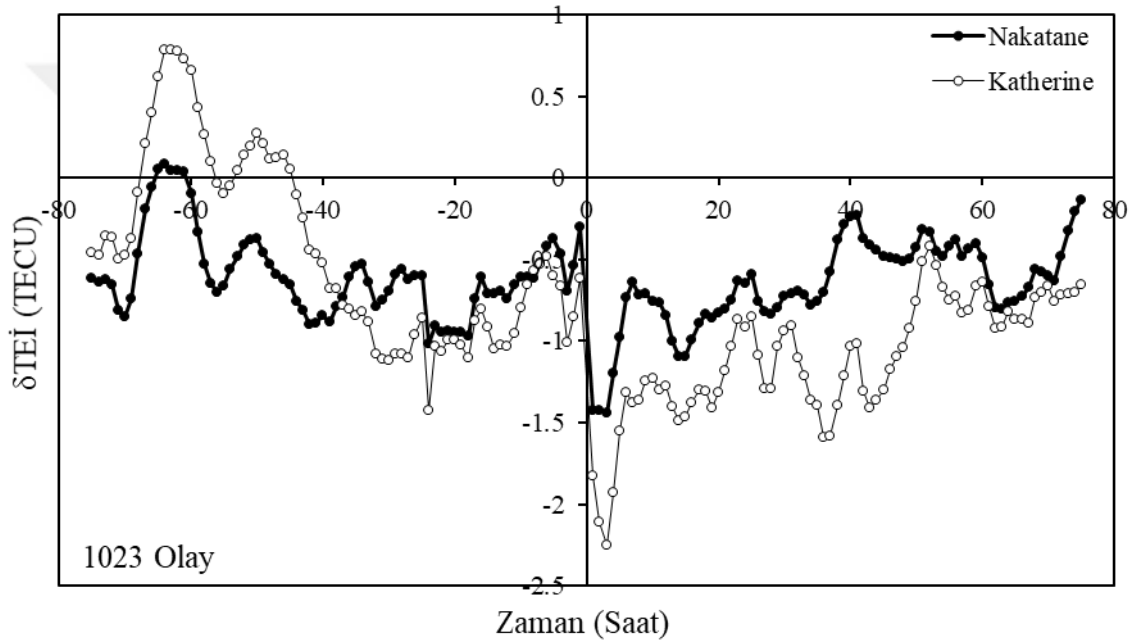
Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.5'te verilmiştir.  $TEI_{Nakatane}$  değişkeni ve  $TEI_{Katherine}$  değişkeni her üç teste göre %1 düzeyinde durağan iken,  $K_p$  bağımsız değişkeni ADF ve PP testlerine göre %1 durağan ve KPSS testine göre ise durağan olmadığı görülmektedir.

Tablo 5.5: Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Nakatane}$	-4,12	-13,40	0,43
$TEI_{Katherine}$	-4,46	-12,21	0,25
$K_p$	-5,56	-6,23	0,08

Şekil 5.6'de Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu

dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 1023 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir. Olay anı civarındaki  $\delta TEI$ 'deki maksimum değişim miktarı Nakatane istasyonunda 1,13 TECU iken Katherine istasyonunda 1,64 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 10 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. İki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu dönemde tedirgin olmamış dönemlerdeki  $TEI$  değerlerinin ortalama  $TEI$ 'den büyük oldukları yani jeomanyetik etkinin negatif bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.



**Şekil 5.6:** Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Tablo 5.5'te verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, Nakatane istasyonu için denklem (3.6)'dan türetilen  $TEI_{Nakatane} = \alpha_0 + \alpha_1 TEI_{Katherine} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminde elde edilen 3. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.6'da verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde Nakatane istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinin, Katherine istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde

etkilendiği Adj. R<sup>2</sup> (0,95) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Katherine istasyonunda meydana gelen 1 TECU'luk artış/azalış Nakatane istasyonunda elde edilen TEİ değerlerinde 0,45 TECU'luk bir artış/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca K<sub>p</sub> değerinde meydana gelecek 1 birimlik artış/azalış Nakatane istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,03 TECU'luk azalışa/artışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar, Nakatane istasyonunun Katherine istasyonundaki TEİ değerlerinden K<sub>p</sub> değerlerine göre on beş kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği anlamına gelmektedir.

**Tablo 5.6:** Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem regresyon analiz sonuçları.

Değişken Katsayıları	Nakatane İstasyonu		Katherine İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	12,37	(0,0000)*	9,76	(0,0052)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,45	(0,0000)*	0,54	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	-0,03	(0,0057)*	0,03	(0,0150)**
AR(1)	0,84	(0,0000)*	0,81	(0,0000)*
MA(1)	0,46	(0,0000)*	0,49	(0,0000)*
R <sup>2</sup>	0,95		0,96	
Adj. R <sup>2</sup>	0,95		0,96	
Durbin-Watson	1,90		2,03	
ARCH LM	0,26		0,46	

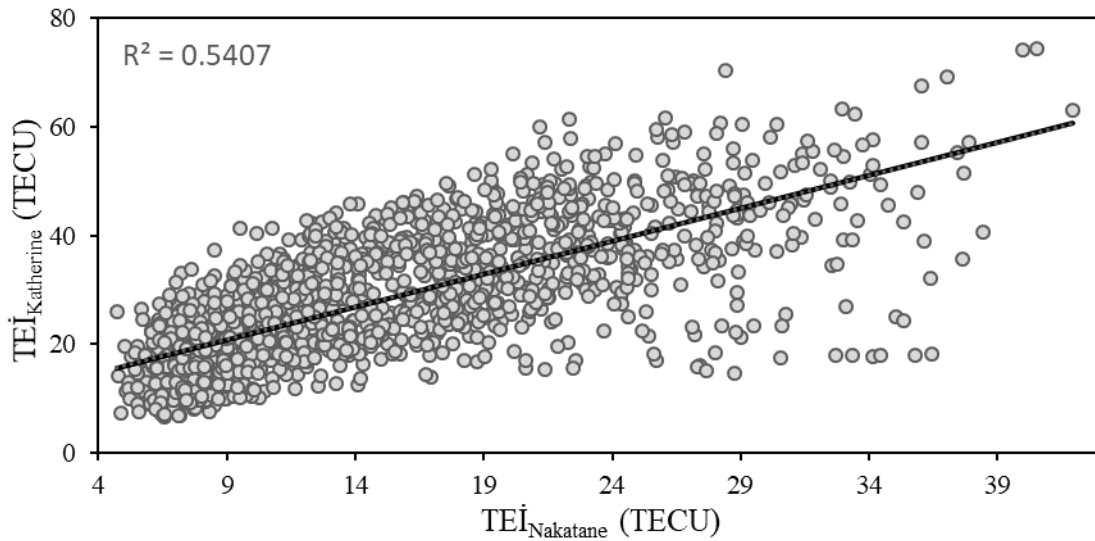
\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Katherine istasyonu için kurulan  $TEİ_{Katherine} = \beta_0 + \beta_1 TEİ_{Nakatane} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.6) TEİ değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü (Adj.R<sup>2</sup> (0,96)), Nakatane istasyonundaki TEİ değerleri ve K<sub>p</sub> ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu

katsayılar incelendiğinde, Nakatane istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU'luk artış/azalış, Katherine istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,54 TECU'luk artışa/azalışa sebep olmaktadır.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Katherine istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,03 TECU'luk bir artışa/azalışa sebep olmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Katherine istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Nakatane istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre on sekiz kat daha fazla ve pozitif yönde etkilendiği ifade edilebilir.

#### 5.1.4. Dördüncü dönem analizleri

Şekil 5.7'de Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti 4. dönem serpilme diyagramı verilmiştir. Şekilden, belirtilen dönem için bu iki istasyondan ölçülen TEİ değerlerinin aralarındaki ilişkiyi veren eğilimin pozitif yönde ve çok güçlü bir ilişki içinde oldukları görülmektedir.



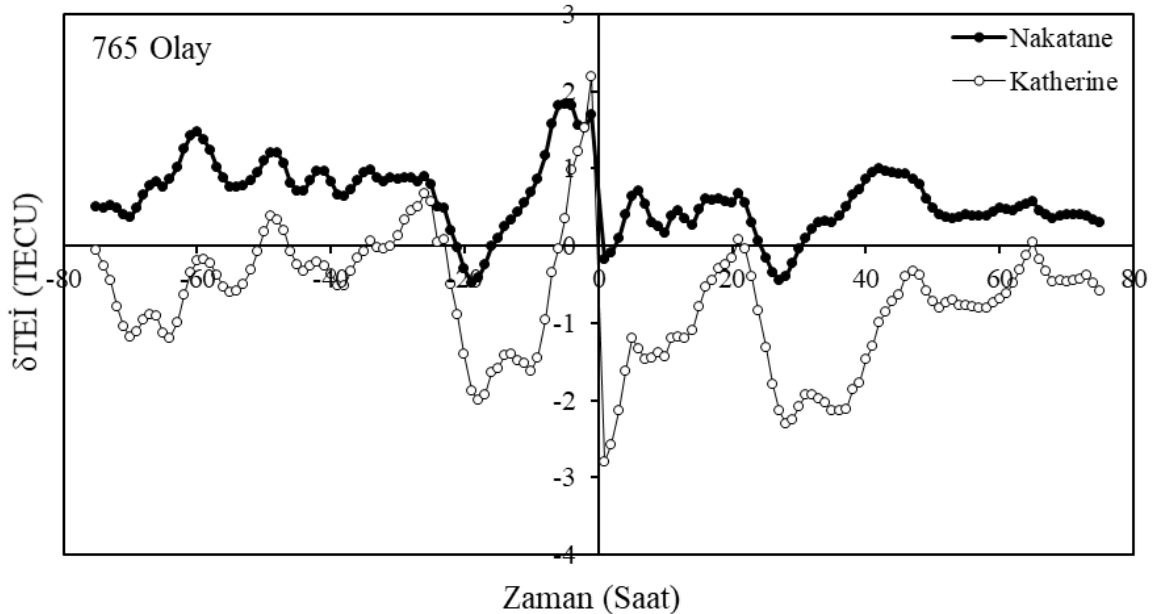
**Şekil 5.7:** Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için 4.dönem serpilme diyagramı.

Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 4.dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.7'de verilmiştir.  $TEİ_{Nakatane}$  değişkeni her üç test göre %1 düzeyinde durağandır.  $TEİ_{Katherine}$  değişkeni ile  $K_p$  bağımsız değişkeni ise ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde ve KPSS testine göre %10 durağan olduğu görülmektedir.

**Tablo 5.7:** Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Nakatane}$	-5,20	-11,91	0,40
$TEI_{Katherine}$	-6,58	-8,86	0,13
$K_p$	-6,28	-5,74	0,13

Şekil 5.8’de Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 765 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir. Olay anı civarında  $\delta TEI$ ’deki maksimum değişim miktarı Nakatane istasyonunda 1,91 TECU iken Katherine istasyonunda 4,98 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 50 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerlerini tüm olay zamanı boyunca incelediğimizde, pozitif ve büyük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, iyonosferik manyetik eşlenik noktaları üzerinde pozitif bir etki oluşturmuştur.



**Şekil 5.8:** Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Tablo 5.7’de verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, Nakatane istasyonu için denklem (3.6)’dan türetilen  $TEİ_{Nakatane} = \alpha_0 + \alpha_1 TEİ_{Katherine} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminden elde edilen 4. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.8’de verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde Nakatane istasyonundan elde edilen TEİ değerlerinin, Katherine istasyonundan elde edilen TEİ değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği Adj.  $R^2$  (0,94) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Katherine istasyonunda meydana gelen 1 TECU’luk artışın/azalışın Nakatane istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,32 TECU’luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artış/azalış Nakatane istasyonunda elde edilen TEİ değerlerinde 0,02 TECU’luk artışa/azalışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar, Nakatane istasyonunun Katherine istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre on altı kat daha fazla ve aynı yönde etkilendiği anlamına gelmektedir.

**Tablo 5.8:** Nakatane-Katherine manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem regresyon analiz sonuçları.

Değişken Katsayıları	Nakatane İstasyonu		Katherine İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	3,41	(0,0000)*	12,44	(0,0000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,32	(0,0000)*	0,80	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	0,02	(0,0297)**	0,05	(0,0478)**
AR(1)	0,79	(0,0000)*	0,86	(0,0000)*
MA(1)	0,47	(0,0000)*	0,50	(0,0000)*
$R^2$	0,94		0,94	
Adj. $R^2$	0,94		0,94	
Durbin-Watson	1,72		1,87	
ARCH LM	0,08		0,97	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Katherine istasyonu için kurulan  $TEI_{Katherine} = \beta_0 + \beta_1 TEI_{Nakatane} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.8) TEİ değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü ( $Adj.R^2 (0,94)$ ), Nakatane istasyonundaki TEİ değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Nakatane istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU'luk artış/azalış, Katherine istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,80 TECU'luk artışa/azalışa sebep olmaktadır.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Katherine istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,05 TECU'luk bir artışa/azalışa sebep olmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Katherine istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Nakatane istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre on altı kat daha fazla ve pozitif olarak etkilendiği ifade edilebilir.

## **5.2. Orta Enlem Bölgesi İçin Yapılan Analizler**

Manyetik ekvatora göre orta ( $30^\circ \pm 60^\circ$ ) enlemlerde bulunan üç farklı manyetik eşlenik noktalarındaki TEİ'nin değişimlerinin incelenmesi sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

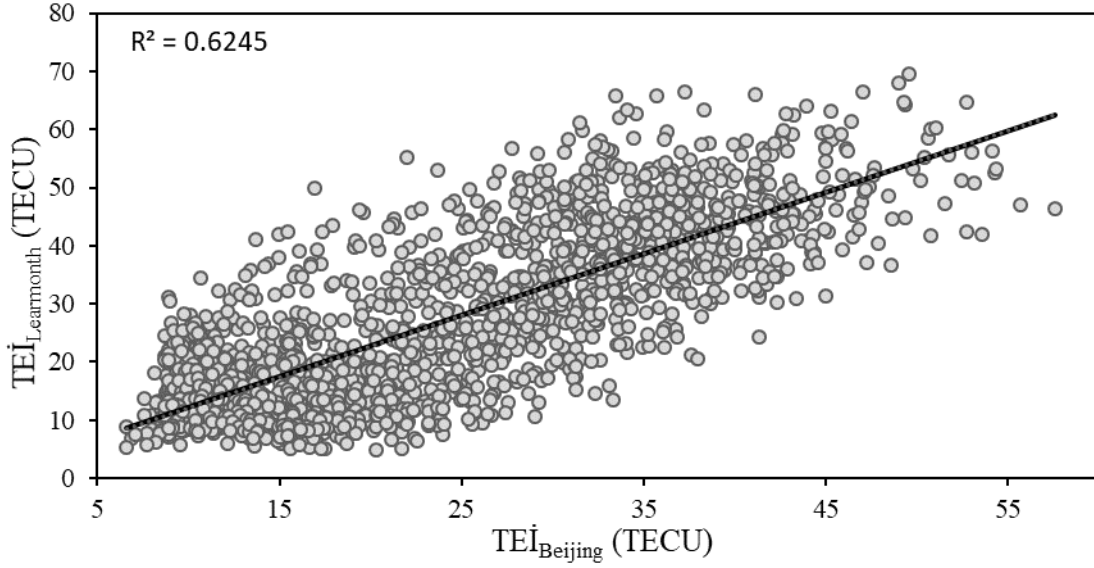
### **5.2.1. Beijing-Learmonth manyetik eşlenik noktalarının analizi**

Manyetik koordinatları  $30,63^\circ$  K,  $187,96^\circ$  D olan Beijing ile  $31,86^\circ$  G,  $187,35^\circ$  D olan Learmonth manyetik eşlenik çifti için dört farklı döneme ait yapılan mevsimsel inceleme sonuçları aşağıda verilmiştir.

#### **5.2.1.1. Birinci dönem analizleri**

Şekil 5.9'da Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti 1. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında pozitif yönde çok güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.





**Şekil 5.9:** Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için 1. dönem serpilme diyagramı.

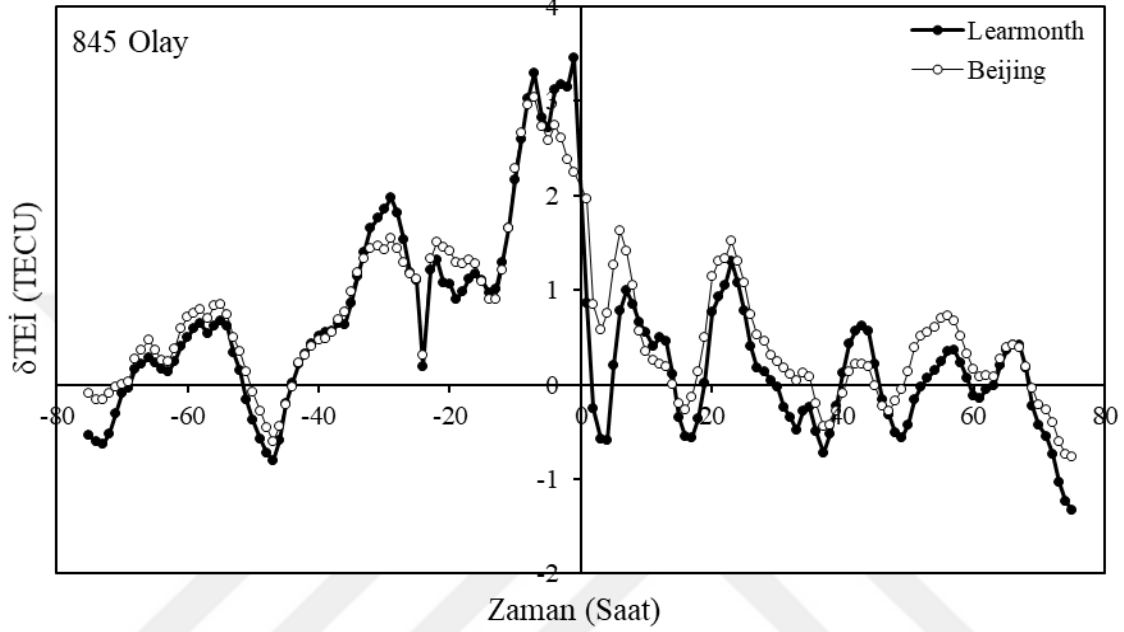
Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.9’da verilmiştir.  $TEI_{Beijing}$  değişkeni ADF testine göre %5 düzeyinde ve  $TEI_{Learmonth}$  değişkeni KPSS testine göre %5 düzeyinde durağan iken diğer testlerde %1 düzeyinde durağandır.  $K_p$  bağımsız değişkeninin ise her üç teste göre %1 düzeyinde durağan olduğu görülmektedir.

**Tablo 5.9:** Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Beijing}$	-3,75	-11,43	0,24
$TEI_{Learmonth}$	-5,27	-12,51	0,19
$K_p$	-5,97	-5,36	0,22

Şekil 5.10’da Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 845 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ ’deki değişim miktarı Beijing istasyonunda 3,62 TECU iken Learmonth istasyonunda 4,04 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 35 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin

etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerleri tüm olay zamanı boyunca incelendiğinde, negatif ve çok büyük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde pozitif bir etki oluşturmuştur.



**Şekil 5.10:** Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Tablo 5.9’da verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, Beijing istasyonu için denklem (3.6)’dan türetilen  $TEI_{Beijing} = \alpha_0 + \alpha_1 TE_{Learmonth} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminde elde edilen 1. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.10’da verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde Beijing istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinin, Learmonth istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği  $Adj. R^2$  (0,96) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Learmonth istasyonunda meydana gelen 1 TECU’luk artışın/azalışın Beijing istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,49 TECU’luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Beijing istasyonundan

elde edilen TEİ değerlerindeki 0,05 TECU'luk artışa/azalışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar Beijing istasyonunun Learmonth istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık on kat daha fazla ve pozitif yönde etkilendiği anlamına gelmektedir.

**Tablo 5.10:** Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem regresyon analiz sonuçları.

Değişken Katsayıları	Beijing İstasyonu		Learmonth İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	9,933	(0,0000)*	5,726	(0,0000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,49	(0,0000)*	0,84	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	0,05	(0,0006)*	-0,05	(0,0095)*
AR(1)	0,912	(0,0000)*	0,912	(0,0000)*
MA(1)	0,47	(0,0000)*	0,50	(0,0000)*
$R^2$	0,96		0,96	
Adj. $R^2$	0,96		0,96	
Durbin-Watson	1,968		1,852	
ARCH LM	0,74		0,54	

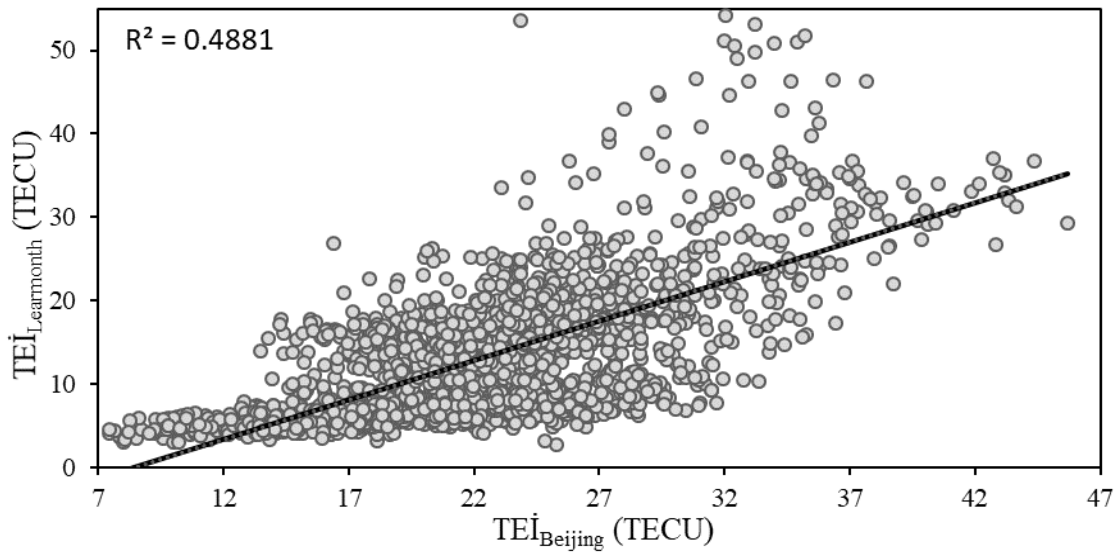
\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Learmonth istasyonu için kurulan  $TEİ_{Learmonth} = \beta_0 + \beta_1 TEİ_{Beijing} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.10) TEİ değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü (Adj. $R^2$  (0,96)), Beijing istasyonundaki TEİ değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Beijing istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU'luk artışın/azalışın Learmonth istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,84 TECU'luk artışa/azalışa sebep olduğu görülmektedir.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Learmonth istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,05 TECU'luk bir azalmaya/artmaya sebep olmaktadır. Bu negatif ilişki durumu  $\beta_2$  katsayısının önünde verilen “-” işareti ile gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Learmonth istasyonundaki

TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Beijing istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık on yedi kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği ifade edilebilir.

### 5.2.1.2. İkinci dönem analizleri

Şekil 5.11’de Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti 2. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında pozitif yönde çok güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.



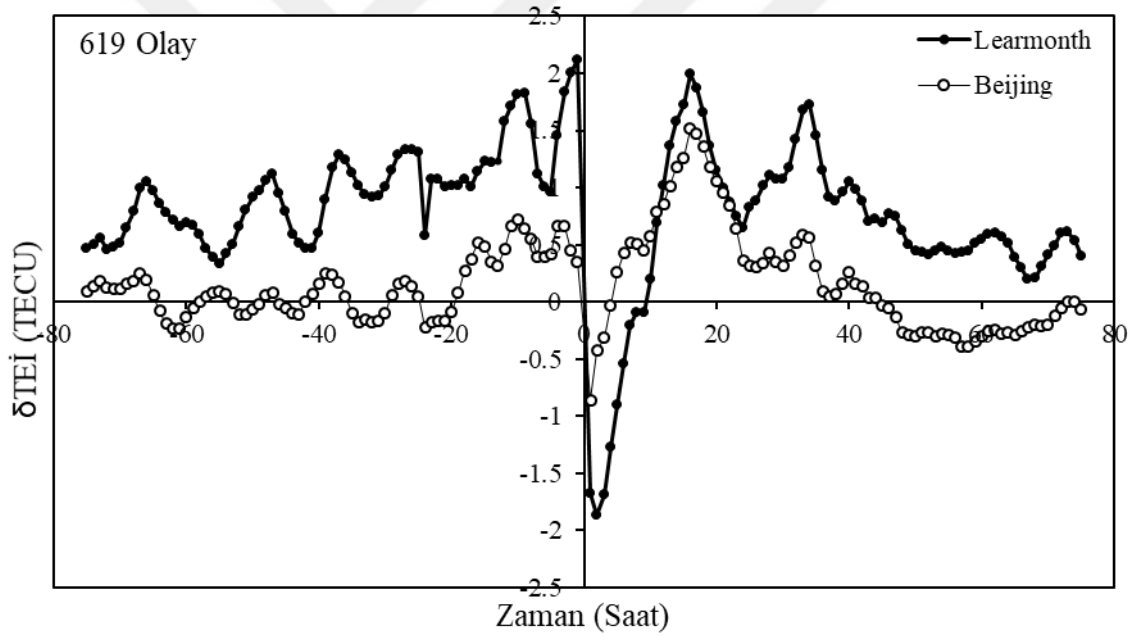
Şekil 5.11: Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için 2. dönem serpilme diyagramı.

Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.11’de verilmiştir.  $TEİ_{Beijing}$  değişkeni ADF testine göre durağan değil, PP testine göre %1 düzeyinde ve KPSS testine göre ise %5 düzeyinde durağandır.  $TEİ_{Learmonth}$  değişkeni ADF testine göre %5 düzeyinde, PP testine göre %1 düzeyinde ve KPSS testine göre %1 düzeyinde durağandır.  $K_p$  bağımsız değişkeninin ise ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde durağan, KPSS testine göre ise durağan olmadığı görülmektedir.

Tablo 5.11: Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEİ_{Beijing}$	-3,04	-11,62	0,17
$TEİ_{Learmonth}$	-3,95	-11,96	0,52
$K_p$	-6,22	-5,61	0,10

Şekil 5.12’de Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 619 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ ’deki değişim miktarı Beijing istasyonunda 1,51 TECU iken Learmonth istasyonunda 3,98 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 50 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerleri tüm olay zamanı boyunca incelendiğinde, negatif ve çok büyük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde negatif bir etki oluşturmuştur.



**Şekil 5.12:** Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Tablo 5.11’de verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, Beijing istasyonu için denklem (3.6)’dan türetilen  $TEI_{Beijing} = \alpha_0 + \alpha_1 TE_{Learmonth} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminden elde edilen 2. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.12’de verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu

tablo incelendiğinde Beijing istasyonundan elde edilen TEİ değerlerinin, Learmonth istasyonundan elde edilen TEİ değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği Adj.  $R^2$  (0,93) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Learmonth istasyonunda meydana gelen 1 TECU'luk artışın/azalışın Beijing istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,15 TECU'luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Beijing istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,02 TECU'luk artışa/azalışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar Beijing istasyonunun Learmonth istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık 7,5 kat daha fazla ve pozitif yönde etkilendiği anlamına gelmektedir.

**Tablo 5.12:** Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem regresyon analiz sonuçları.

Değişken Katsayıları	Beijing İstasyonu		Learmonth İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	19,26	(0,0000)*	8,67	(0,0077)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,15	(0,0000)*	0,09	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	0,02	(0,0097)*	0,03	(0,0011)*
AR(1)	1,10	(0,0000)*	1,35	(0,0000)*
MA(1)	-0,37	(0,0000)*	-0,19	(0,0000)*
$R^2$	0,93		0,96	
Adj. $R^2$	0,93		0,96	
Durbin-Watson	1,81		1,852	
ARCH LM	0,51		0,36	

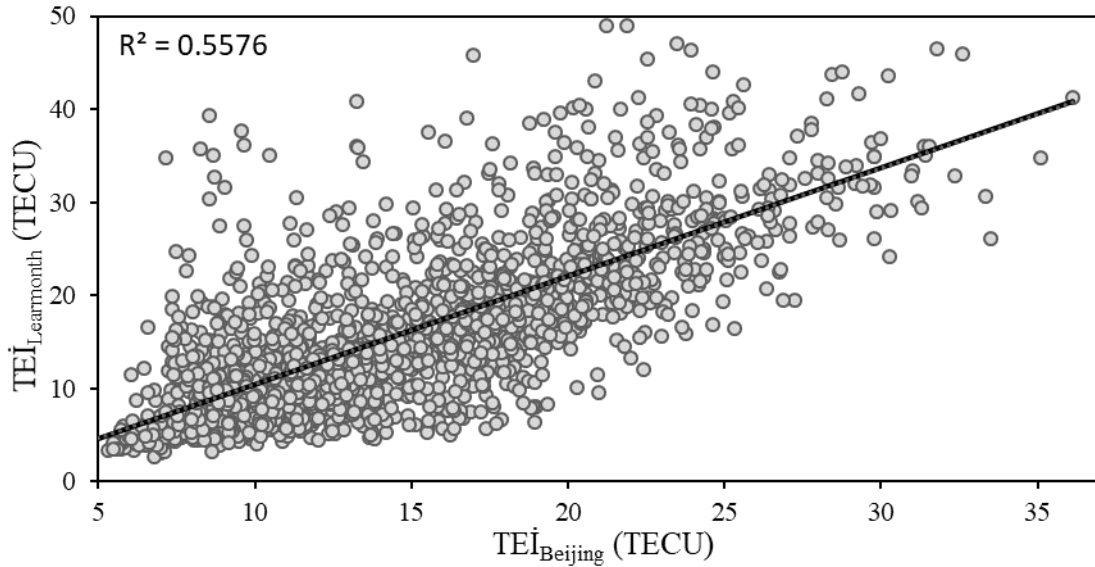
\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Learmonth istasyonu için kurulan  $TEI_{Learmonth} = \beta_0 + \beta_1 TEI_{Beijing} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.12) TEİ değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü (Adj. $R^2$  (0,96)), Beijing istasyonundaki TEİ değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin

anlamli olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayuların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayular incelendiğinde, Beijing istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU'luk artışın/azalışın Learmonth istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,09 TECU'luk artışa/azalışa sebep olduğu görülmektedir.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Learmonth istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,03 TECU'luk bir artmaya/azalmaya sebep olmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Learmonth istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Beijing istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre u kat ve pozitif yönde etkilendiği ifade edilebilir.

### 5.2.1.3. nc dönem analizleri

şekil 5.13'de Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti 3. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında pozitif yönde çok güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.



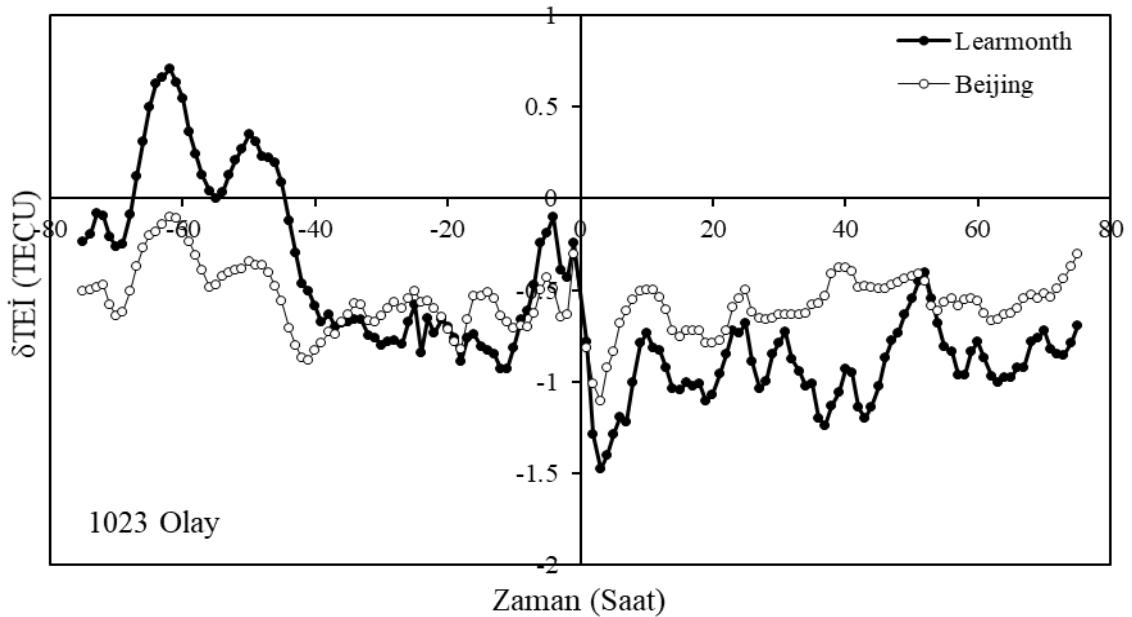
şekil 5.13: Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için 3. dönem serpilme diyagramı.

Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.13'te verilmiştir,  $TEI_{Beijing}$  değişkeni ADF testine göre %5 düzeyinde durağan, PP ve KPSS testine göre ise %1 düzeyinde durağandır.  $TEI_{Learmonth}$  değişkeni her u teste göre %1 düzeyinde durağandır.  $K_p$  bağımsız değişkeninin ise ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde durağan olduğu ve KPSS testine göre durağan olmadığı görülmektedir.

**Tablo 5.13:** Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Beijing}$	-3,50	-12,30	0,31
$TEI_{Learmonth}$	-4,41	-12,28	0,22
$K_p$	-6,55	-5,71	0,08

Şekil 5.14’de Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 1023 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ ’deki değişim miktarı Beijing istasyonunda 0,8 TECU iken Learmonth istasyonunda 1,23 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 30 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerleri tüm olay zamanı boyunca incelendiğinde, negatif ve büyük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde negatif bir etki oluşturmuştur.



**Şekil 5.14:** Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.



Tablo 5.13’de verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, Beijing istasyonu için denklem (3.6)’dan türetilen  $TEI_{Beijing} = \alpha_0 + \alpha_1 TE_{Learmonth} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminden elde edilen 3. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.14’te verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde Beijing istasyonundan elde edilen TEİ değerlerinin, Learmonth istasyonundan elde edilen TEİ değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği Adj.  $R^2$  (0,94) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Learmonth istasyonunda meydana gelen 1 TECU’luk artışın/azalışın Beijing istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,36 TECU’luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Beijing istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,02 TECU’luk azalışa/artışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar Beijing istasyonunun Learmonth istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre on sekiz kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği anlamına gelmektedir.

**Tablo 5.14:** Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem regresyon analiz sonuçları.

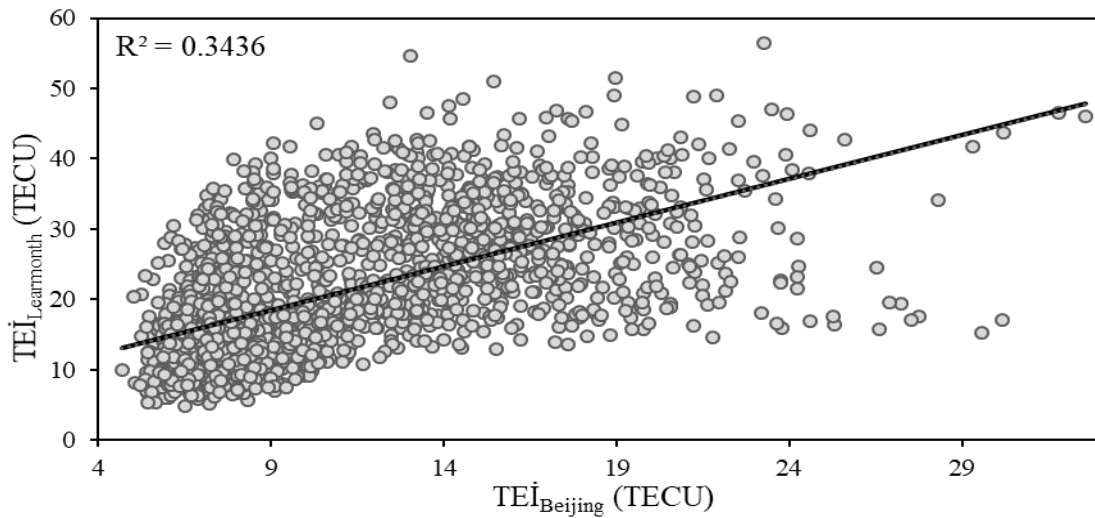
Değişken Katsayıları	Beijing İstasyonu		Learmonth İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	11,17	(0,0000)*	3,13	(0,0006)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,36	(0,0000)*	0,42	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	-0,02	(0,0048)*	-0,02	(0,0039)*
AR(1)	0,86	(0,0000)*	1,01	(0,0000)*
MA(1)	0,47	(0,0000)*	0,50	(0,0000)*
$R^2$	0,94		0,96	
Adj. $R^2$	0,94		0,96	
Durbin-Watson	2,06		2,09	
ARCH LM	0,58		0,79	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Learmonth istasyonu için kurulan  $TEI_{Learmonth} = \beta_0 + \beta_1 TEI_{Beijing} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.14)  $TEI$  değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü ( $Adj.R^2$  (0,96)), Beijing istasyonundaki  $TEI$  değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Beijing istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 1 TECU'luk artışın/azalışın Learmonth istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,42 TECU'luk artışa/azalışa sebep olduğu görülmektedir.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Learmonth istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,02 TECU'luk bir azalmaya/artmaya sebep olmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Learmonth istasyonundaki  $TEI$  değerlerinin manyetik eşleniği olan Beijing istasyonundaki  $TEI$  değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yirmi bir kat ve zıt yönde etkilendiği ifade edilebilir.

#### 5.2.1.4. Dördüncü dönem analizleri

Şekil 5.15'de Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti 4. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen  $TEI$  değerleri arasında pozitif yönde çok güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.15: Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için 4. dönem serpilme diyagramı.

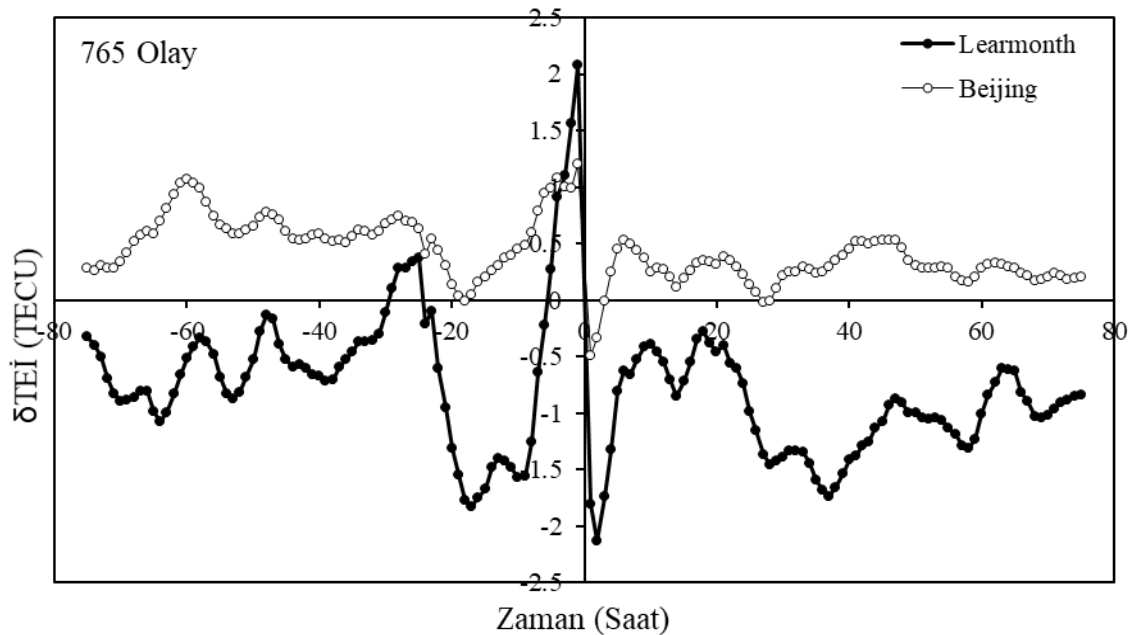
Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.15'te verilmiştir.  $TEI_{Beijing}$  değişkeni her üç teste göre %1 düzeyinde durağandır.  $TEI_{Learmonth}$  değişkeni, ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde durağan iken

KPSS testine göre %5 düzeyinde durağandır.  $K_p$  bağımsız değişkeninin ise ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde durağan olduğu ve KPSS testine göre durağan olmadığı görülmektedir.

**Tablo 5.15:** Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Beijing}$	-5,00	-6,62	0,69
$TEI_{Learmonth}$	-6,48	-11,83	0,18
$K_p$	-7,35	-6,00	0,10

Şekil 5.16'da Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 765 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ 'deki değişim miktarı Beijing istasyonunda 1,68 TECU iken Learmonth istasyonunda 4,2 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 60 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır.



**Şekil 5.16:** Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TE\dot{I}$  değerleri tüm olay zamanı boyunca incelendiğinde, pozitif ve büyük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TE\dot{I}$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde pozitif bir etki oluşturmuştur.

Tablo 5.15’de verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, Beijing istasyonu için denklem (3.6)’dan türetilen  $TE\dot{I}_{Beijing} = \alpha_0 + \alpha_1 TE_{Learmonth} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminde elde edilen 4. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.16’da verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde Beijing istasyonundan elde edilen  $TE\dot{I}$  değerlerinin, Learmonth istasyonundan elde edilen  $TE\dot{I}$  değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği Adj.  $R^2$  (0,90) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılar bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Learmonth istasyonunda meydana gelen 1 TECU’luk artışın/azalışın Beijing istasyonundan elde edilen  $TE\dot{I}$  değerlerindeki 0,23 TECU’luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Beijing istasyonundan elde edilen  $TE\dot{I}$  değerlerindeki 0,02 TECU’luk artışa/azalışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar Beijing istasyonunun Learmonth istasyonundaki  $TE\dot{I}$  değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık 11,5 kat daha fazla ve pozitif yönde etkilendiği anlamına gelmektedir.

Learmonth istasyonu için kurulan  $TE\dot{I}_{Learmonth} = \beta_0 + \beta_1 TE\dot{I}_{Beijing} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.16)  $TE\dot{I}$  değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü (Adj. $R^2$  (0,90)), Beijing istasyonundaki  $TE\dot{I}$  değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Beijing istasyonundan elde edilen  $TE\dot{I}$  değerlerindeki 1 TECU’luk artışın/azalışın Learmonth istasyonundan elde edilen  $TE\dot{I}$  değerlerindeki 0,23 TECU’luk artışa/azalışa sebep olduğu görülmektedir.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik

artış/azalış ise Learmonth istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,04 TECU'luk bir azalmaya/artmaya sebep olmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Learmonth istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Beijing istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık altı kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği ifade edilebilir.

**Tablo 5.16:** Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem regresyon analiz sonuçları.

Değişken Katsayıları	Beijing İstasyonu		Learmonth İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	5,27	(0,0000)*	5,726	(0,0000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,23	(0,0000)*	0,23	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	0,02	(0,0245)**	-0,04	(0,0086)*
AR(1)	0,82	(0,0000)*	1,18	(0,0000)*
MA(1)	0,50	(0,0000)*	0,50	(0,0000)*
$R^2$	0,90		0,90	
Adj. $R^2$	0,90		0,90	
Durbin-Watson	2,00		2,36	
ARCH LM	0,06		0,35	

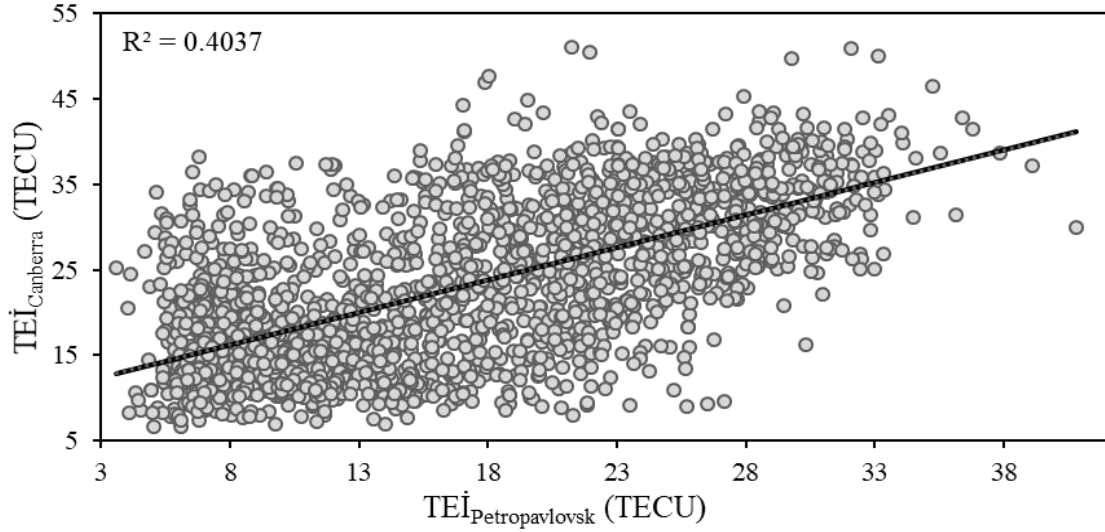
\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

## 5.2.2. Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik noktalarının analizi

Manyetik koordinatları 46,28° K, 227,29° D olan Petropavlovsk ile 46,90° G, 228,33° D olan Canberra manyetik eşlenik çifti için dört farklı döneme ait yapılan mevsimsel inceleme sonuçları aşağıda verilmiştir.

### 5.2.2.1. Birinci dönem analizleri

Şekil 5.17'de Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti 1. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında pozitif yönde çok güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.



**Şekil 5.17:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için 1. dönem serpilme diyagramı.

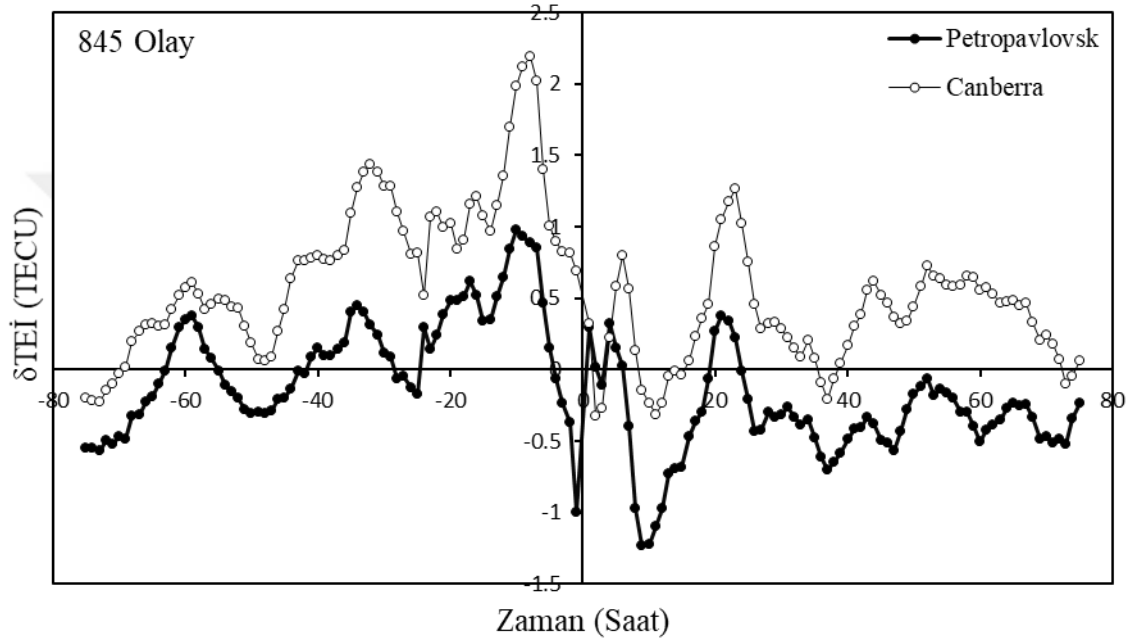
Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.17’de verilmiştir.  $TEI_{Petropavlovsk}$  değişkeni ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde ve KPSS testine göre %5 düzeyinde durağan iken,  $TEI_{Canberra}$  değişkeni bütün testlere göre %1 düzeyinde durağandır.  $K_p$  bağımsız değişkeninin ise ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde ve KPSS testine göre %5 düzeyinde durağan olduğu görülmektedir

**Tablo 5.17:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Petropavlovsk}$	-4,75	-9,89	0,17
$TEI_{Canberra}$	-4,91	-9,94	0,25
$K_p$	-4,65	-5,52	0,15

Şekil 5.18’de Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 845 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ ’deki değişim miktarı Petropavlovsk istasyonunda 1,84 TECU iken

Canberra istasyonunda 2,52 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 30 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerlerini tüm olay zamanı boyunca incelediğimizde, negatif ve çok büyük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde pozitif bir etki oluşturmuştur.



**Şekil 5.18:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Tablo 5.17’de verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, denklem (3.6)’dan Petropavlovsk istasyonu için türetilen  $TEI_{Petropavlovsk} = \alpha_0 + \alpha_1 TE_{Canberra} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminde elde edilen 1. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.18’de verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde Petropavlovsk istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinin, Canberra istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği  $Adj. R^2$  (0,95) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılar bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden

anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Canberra istasyonunda meydana gelen 1 TECU'luk artışın/azalışın Petropavlovsk istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,30 TECU'luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Petropavlovsk istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,03 TECU'luk artışa/azalışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar Petropavlovsk istasyonunun Canberra istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık on kat daha fazla ve pozitif yönde etkilendiği anlamına gelmektedir.

**Tablo 5.18:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem regresyon analiz sonuçları.

Değişken Katsayıları	Petropavlovsk İstasyonu		Canberra İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	7,34	(0,0000)*	5,726	(0,0000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,30	(0,0000)*	0,42	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	0,03	(0,0162)**	0,03	(0,0404)**
AR(1)	0,89	(0,0000)*	0,83	(0,0000)*
MA(1)	0,53	(0,0000)*	1,55	(0,0000)*
$R^2$	0,95		0,95	
Adj. $R^2$	0,95		0,95	
Durbin-Watson	1,76		1,79	
ARCH LM	0,10		0,97	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

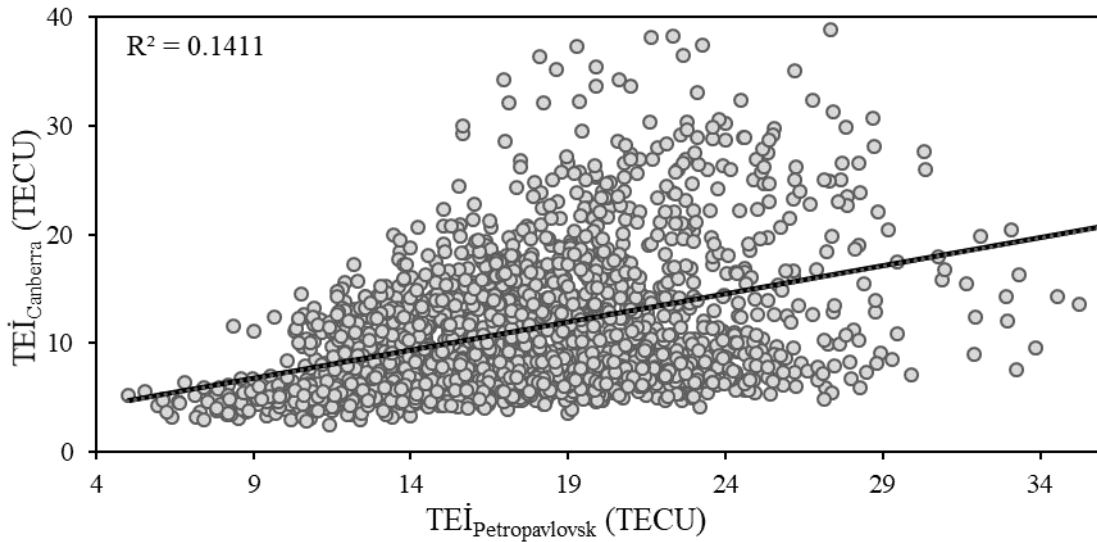
Canberra istasyonu için  $TEI_{Canberra} = \beta_0 + \beta_1 TEI_{Petropavlovsk} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  şeklinde kurulan regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.18) TEİ değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü (Adj. $R^2$  (0,95)), Petropavlovsk istasyonundaki TEİ değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Petropavlovsk istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU'luk artışın/azalışın Canberra istasyonundan elde edilen TEİ



değerlerindeki 0,42 TECU'luk artışa/azalışa sebep olduğu görülmektedir.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Canberra istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,03 TECU'luk bir artmaya/azalmaya sebep olmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Canberra istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Petropavlovsk istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık on dört kat daha fazla ve pozitif yönde etkilendiği ifade edilebilir.

### 5.2.2.2. İkinci dönem analizleri

Şekil 5.19'da Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti 2. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında pozitif yönde bir ilişki olduğunu göstermektedir.



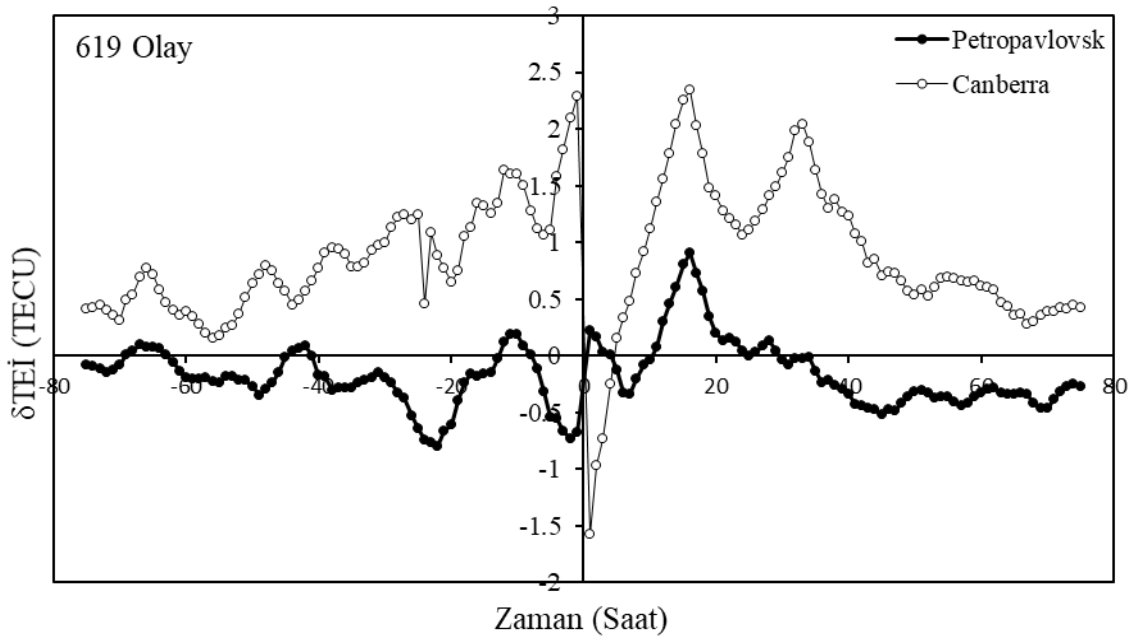
**Şekil 5.19:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için 2. dönem serpilme diyagramı.

Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.19'da verilmiştir.  $TEI_{Petropavlovsk}$  değişkeni ADF testine göre %10 düzeyinde, PP testine göre %1 düzeyinde ve KPSS testine göre ise %5 düzeyinde durağan iken,  $TEI_{Canberra}$  değişkeni ADF testine göre %10 düzeyinde diğer testlerde ise %1 düzeyinde durağandır.  $K_p$  bağımsız değişkeninin ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde, KPSS testine göre ise durağan olmadığı görülmektedir.

**Tablo 5.19:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{\text{Petropavlovsk}}$	-3,38	-14,30	0,16
$TEI_{\text{Canberra}}$	-3,43	-6,1	0,60
$K_p$	-6,14	-5,51	0,10

Şekil 5.20’de Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 619 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ ’deki değişim miktarı Petropavlovsk istasyonunda 0,96 TECU iken Canberra istasyonunda 3,85 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 50 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerlerini tüm olay zamanı boyunca incelediğimizde, pozitif ve çok büyük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde negatif bir etki oluşturmuştur.



**Şekil 5.20:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Tablo 5.19’da verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, denklem (3.6)’dan Petropavlovsk istasyonu için türetilen  $TE\dot{I}_{Petropavlovsk} = \alpha_0 + \alpha_1 TE_{Canberra} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminden elde edilen 2. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.20’de verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde Petropavlovsk istasyonundan elde edilen TEİ değerlerinin, Canberra istasyonundan elde edilen TEİ değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği Adj.  $R^2$  (0,89) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Canberra istasyonunda meydana gelen 1 TECU’luk artışın/azalışın Petropavlovsk istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,14 TECU’luk bir azalışa/artışa sebep olacağını ifade etmektedir. Bu negatif ilişki durumu  $\alpha_1$  katsayısının önünde verilen “-” işareti ile gösterilmiştir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Petropavlovsk istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,03 TECU’luk azalışa/artışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar Petropavlovsk istasyonunun Canberra istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık beş kat daha fazla ve negatif yönde etkilendiği anlamına gelmektedir.

Canberra istasyonu için  $TE\dot{I}_{Canberra} = \beta_0 + \beta_1 TE\dot{I}_{Petropavlovsk} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  şeklinde kurulan regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.20) TEİ değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü (Adj. $R^2$  (0,90)), Petropavlovsk istasyonundaki TEİ değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Canberra istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU’luk artışın/azalışın Petropavlovsk istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,19 TECU’luk azalışa/artışa sebep olduğu görülmektedir.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Petropavlovsk istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,02 TECU’luk bir azalmaya/artmaya sebep olmaktadır. Bu negatif ilişki durumu  $\beta_2$  katsayısının önünde verilen “-” işareti ile gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Canberra istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Petropavlovsk

istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık 9,5 kat daha fazla ve negatif yönde etkilendiği ifade edilebilir.

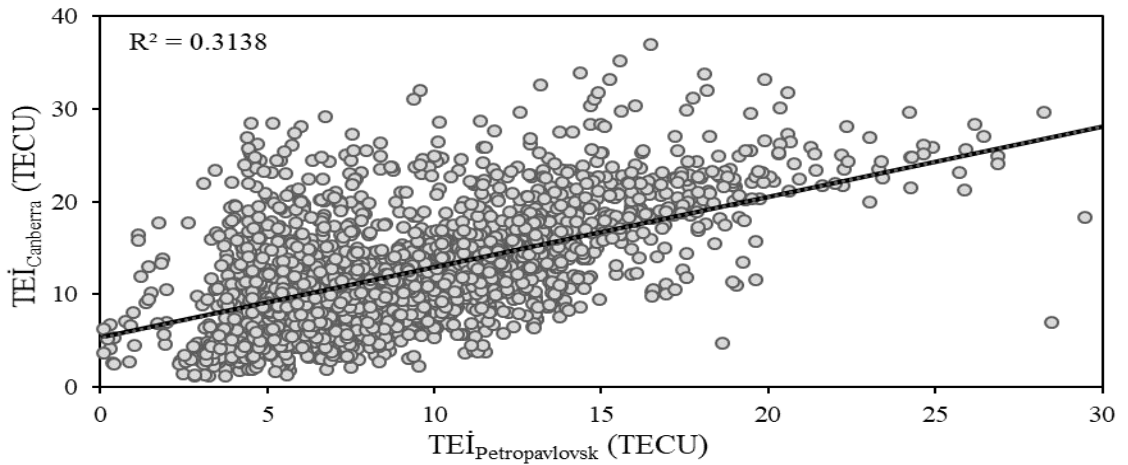
**Tablo 5.20:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem regresyon analiz sonuçları.

Değişken Katsayıları	Petropavlovsk İstasyonu		Canberra İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	19,57	(0,0000)*	9,84	(0,0000)*
$\alpha_1/\beta_1$	-0,14	(0,0000)*	-0,19	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	-0,03	(0,0047)*	-0,02	(0,0440)**
AR(1)	1,41	(0,0000)*	0,87	(0,0000)*
MA(1)	0,15	(0,0000)*	0,52	(0,0000)*
$R^2$	0,89		0,90	
Adj. $R^2$	0,89		0,90	
Durbin-Watson	2,05		1,68	
ARCH LM	0,64		0,95	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

### 5.2.2.3. Üçüncü dönem analizleri

Şekil 5.21'de Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti 3. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.



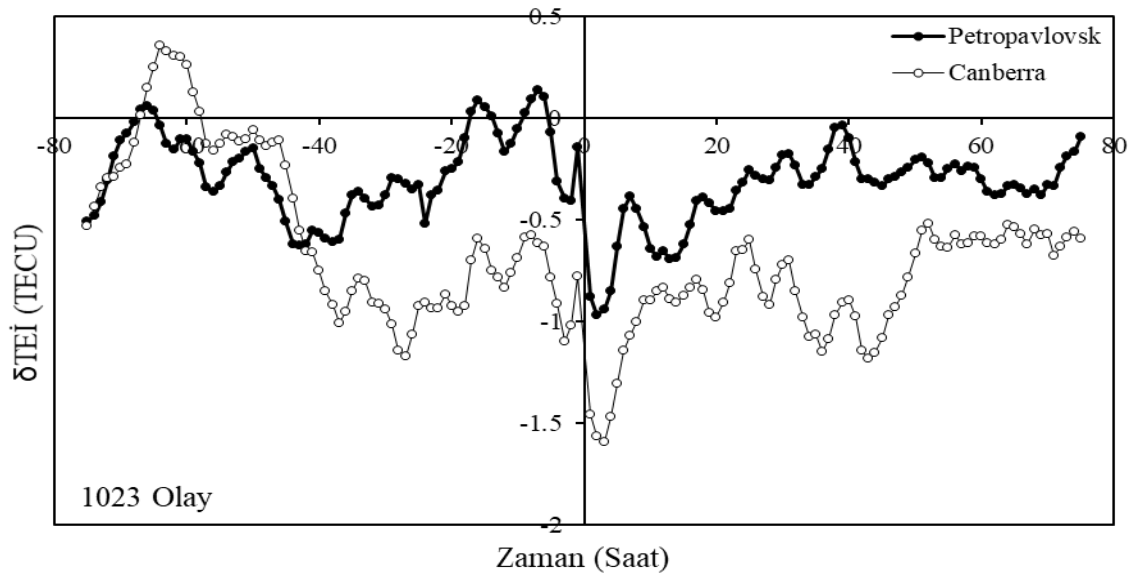
**Şekil 5.21:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için 3. dönem serpilme diyagramı.

Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.21’de verilmiştir.  $TEI_{Petropavlovsk}$  değişkeni ve  $TEI_{Canberra}$  değişkeni bütün testlerde %1 düzeyinde durağan iken,  $K_p$  bağımsız değişkeninin ise ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde durağan ve KPSS testine göre durağan olmadığı görülmektedir.

**Tablo 5.21:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Petropavlovsk}$	-4,40	-9,45	0,26
$TEI_{Canberra}$	-4,12	-10,73	0,25
$K_p$	-5,83	-6,24	0,08

Şekil 5.22’de Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 1023 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ ’deki değişim miktarı Petropavlovsk istasyonunda 0,82 TECU iken Canberra istasyonunda da 0,82 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 50 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır.



**Şekil 5.22:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerlerini tüm olay zamanı boyunca incelediğimizde, pozitif ve çok büyük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde negatif bir etki oluşturmuştur.

Tablo 5.21’de verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, denklem (3.6)’dan Petropavlovsk istasyonu için türetilen  $TEI_{Petropavlovsk} = \alpha_0 + \alpha_1 TE_{Canberra} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminde elde edilen 3. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.22’de verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde Petropavlovsk istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinin, Canberra istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği  $Adj. R^2$  (0,86) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Canberra istasyonunda meydana gelen 1 TECU’luk artışın/azalışın Petropavlovsk istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,36 TECU’luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Petropavlovsk istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,01 TECU’luk artışa/azalışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar Petropavlovsk istasyonunun Canberra istasyonundaki  $TEI$  değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre otuz altı kat daha fazla ve pozitif yönde etkilendiği anlamına gelmektedir.

Canberra istasyonu için  $TEI_{Canberra} = \beta_0 + \beta_1 TEI_{Petropavlovsk} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  şeklinde kurulan regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.22)  $TEI$  değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü ( $Adj.R^2$  (0,86)), Petropavlovsk istasyonundaki  $TEI$  değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Petropavlovsk istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 1 TECU’luk artışın/azalışın Canberra istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,06 TECU’luk artışa/azalışa sebep olduğu görülmektedir.  $K_p$

değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Canberra istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,02 TECU'luk bir azalmaya/artmaya sebep olmaktadır. Bu negatif ilişki durumu  $\beta_2$  katsayısının önünde verilen “-” işareti ile gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Canberra istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Petropavlovsk istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre üç kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği ifade edilebilir.

**Tablo 5.22:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem regresyon analiz sonuçları.

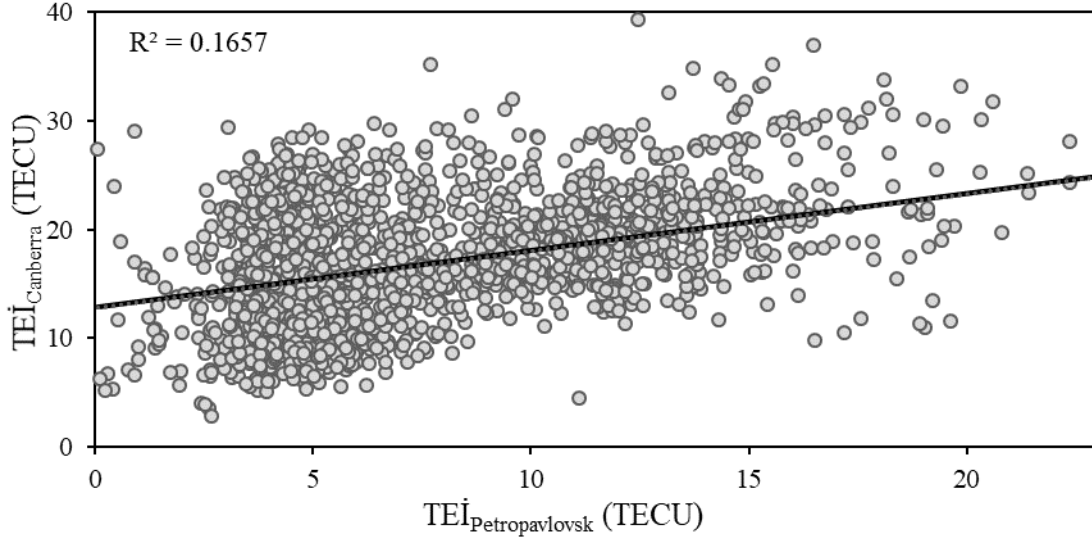
Değişken Katsayıları	Petropavlovsk İstasyonu		Canberra İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	4,43	(0,0000)*	11,28	(0,0000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,36	(0,0074)*	0,06	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	0,01	(0,0006)*	-0,02	(0,0368)**
AR(1)	0,54	(0,0000)*	1,60	(0,0000)*
MA(1)	0,54	(0,0000)*	-0,08	(0,0255)*
$R^2$	0,86		0,96	
Adj. $R^2$	0,86		0,96	
Durbin-Watson	2,14		1,99	
ARCH LM	0,99		0,50	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

#### 5.2.2.4. Dördüncü dönem analizleri

Şekil 5.23'de Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti 4. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.23'de verilmiştir.  $TEI_{Petropavlovsk}$  değişkeni ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde ve KPSS testine göre %5 düzeyinde durağan iken,  $TEI_{Canberra}$  değişkeni bütün testlerde %1 düzeyinde durağandır.  $K_p$  bağımsız değişkeninin ise ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde durağan ve KPSS testine göre durağan olmadığı görülmektedir.



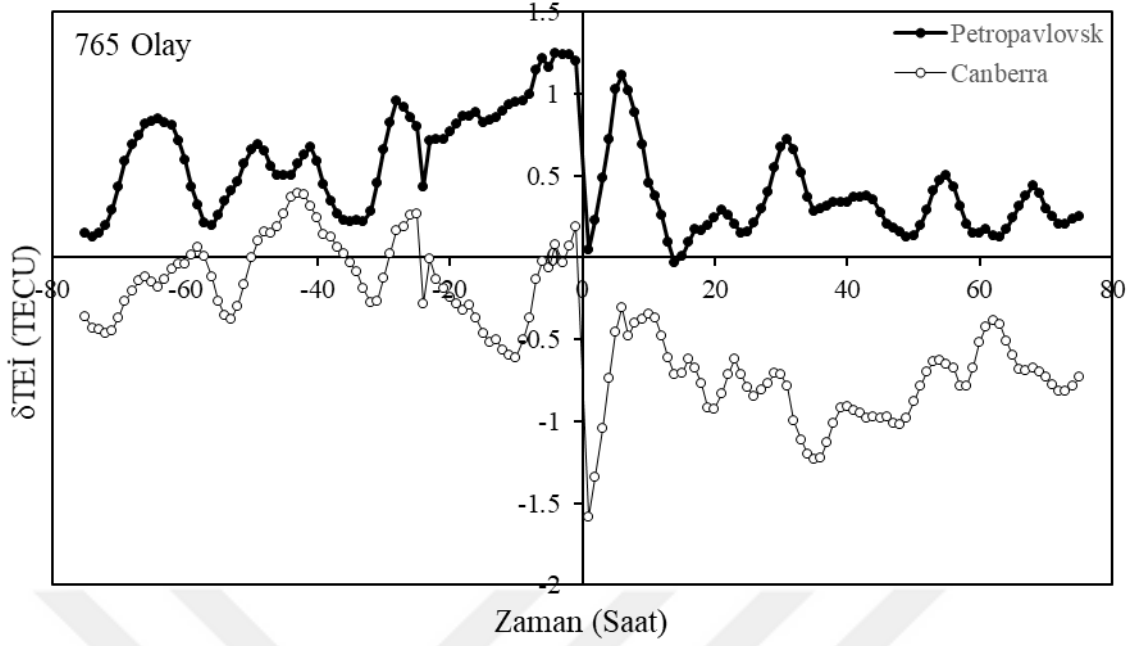
**Şekil 5.23:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için 4. dönem serpilme diyagramı.

**Tablo 5.23:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Petropavlovsk}$	-6,26	-8,07	0,20
$TEI_{Canberra}$	-5,43	-10,86	0,16
$K_p$	-7,69	-6,21	0,10

Şekil 5.24’de Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 765 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ ’deki değişim miktarı Petropavlovsk istasyonunda 1,15 TECU iken Canberra istasyonunda da 1,77 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 50 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerlerini tüm olay zamanı boyunca incelediğimizde, pozitif ve çok büyük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde negatif bir etki oluşturmuştur.





**Şekil 5.24:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Tablo 5.23’de verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, denklem (3.6)’dan Petropavlovsk istasyonu için türetilen  $TEI_{Petropavlovsk} = \alpha_0 + \alpha_1 TE_{Canberra} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminde elde edilen 4. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.24’de verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde Petropavlovsk istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinin, Canberra istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği  $Adj. R^2$  (0,83) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Canberra istasyonunda meydana gelen 1 TECU’luk artışın/azalışın Petropavlovsk istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,14 TECU’luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Petropavlovsk istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,02 TECU’luk artışa/azalışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar Petropavlovsk istasyonunun Canberra istasyonundaki  $TEI$  değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yedi kat daha fazla ve pozitif yönde etkilendiği anlamına gelmektedir.

**Tablo 5.24:** Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem regresyon analiz sonuçları.

Değişken Katsayıları	Petropavlovsk İstasyonu		Canberra İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	3,45	(0,0000)*	16,57	(0,0000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,14	(0,0000)*	0,05	(0,0001)*
$\alpha_2/\beta_2$	0,02	(0,0000)*	-0,02	(0,0358)**
AR(1)	0,79	(0,0000)*	1,80	(0,0000)*
MA(1)	0,49	(0,0000)*	-0,30	(0,0000)*
R <sup>2</sup>	0,83		0,93	
Adj. R <sup>2</sup>	0,83		0,93	
Durbin-Watson	1,87		2,12	
ARCH LM	0,53		0,19	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

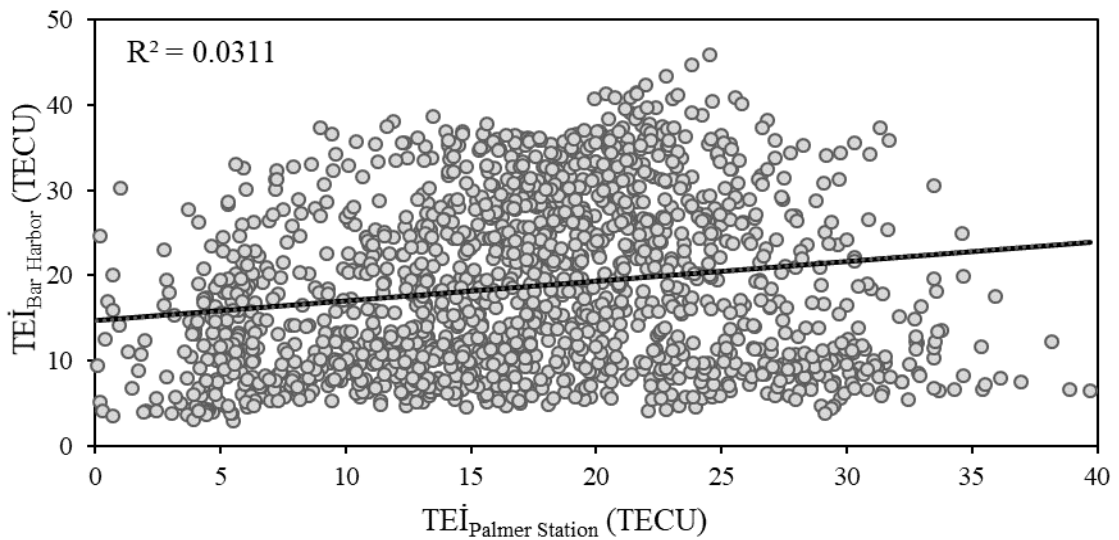
Canberra istasyonu için  $TEİ_{Canberra} = \beta_0 + \beta_1 TEİ_{Petropavlovsk} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  şeklinde kurulan regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.24) TEİ değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü (Adj.R<sup>2</sup> (0,93)), Petropavlovsk istasyonundaki TEİ değerleri ve K<sub>p</sub> ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Petropavlovsk istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU'luk artışın/azalışın Canberra istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,05 TECU'luk artışa/azalışa sebep olduğu görülmektedir. K<sub>p</sub> değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Canberra istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,02 TECU'luk bir azalmaya/artmaya sebep olmaktadır. Bu negatif ilişki durumu  $\beta_2$  katsayısının önünde verilen “-” işareti ile gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Canberra istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Petropavlovsk istasyonundaki TEİ değerlerinden K<sub>p</sub> değerlerine göre 2,5 kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği ifade edilebilir.

### 5.2.3. Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik noktalarının analizi

Manyetik koordinatları 50,82° K, 9,26° D olan Bar Harbor ile 51,31° G, 7,67° D olan Palmer Station manyetik eşlenik çifti için dört farklı döneme ait yapılan mevsimsel inceleme sonuçları aşağıda verilmiştir.

#### 5.2.3.1. Birinci dönem analizleri

Şekil 5.25’de Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti 1. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında pozitif yönde zayıf bir ilişki olduğunu göstermektedir.



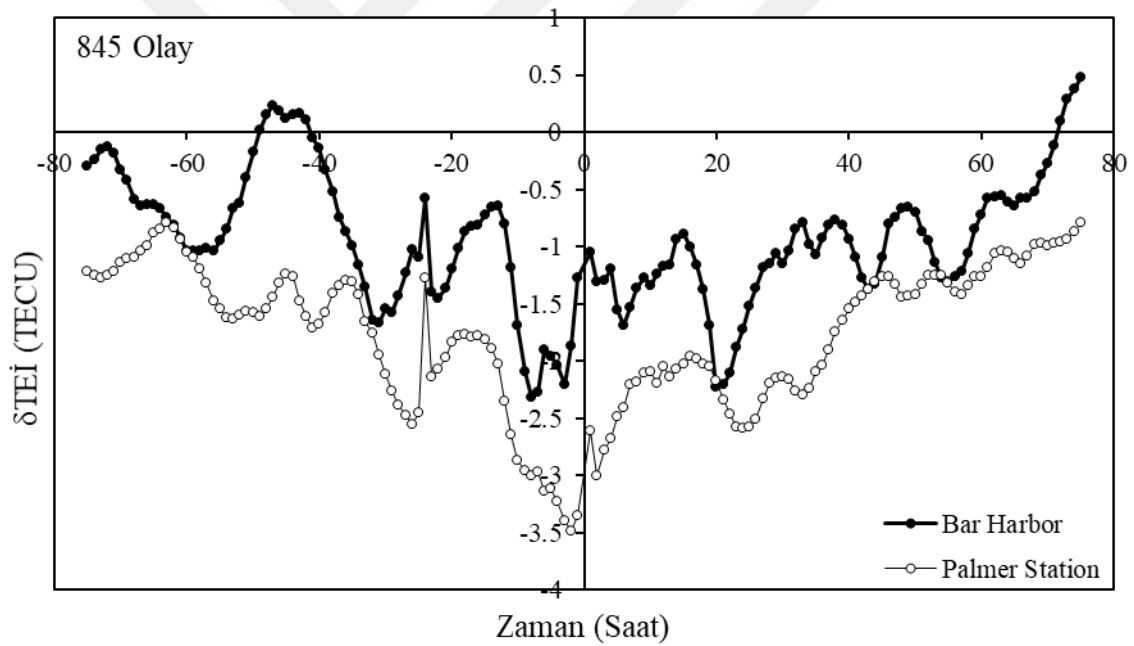
Şekil 5.25: Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için 1. dönem serpilme diyagramı.

Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.25’te verilmiştir.  $TEI_{Palmer\ St.}$  değişkeni ADF testine göre %5 düzeyinde PP testine göre %1 ve KPSS testine göre ise %10 düzeyinde durağandır.  $TEI_{Bar\ Harbor}$  değişkeninin ve  $K_p$  bağımsız değişkeninin her üç test göre %1 düzeyinde durağan olduğu görülmektedir.

Tablo 5.25: Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Bar\ Harbor}$	-4,20	-11,53	0,28
$TEI_{Palmer\ Station}$	-4,07	-7,32	0,14
$K_p$	-6,19	-5,00	0,24

Şekil 5.26’da Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 845 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ ’deki değişim miktarı Bar Harbor istasyonunda 1,2 TECU iken Palmer Station istasyonunda 1,16 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 30 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerlerini tüm olay zamanı boyunca incelediğimizde, pozitif ve çok büyük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde pozitif bir etki oluşturmuştur.



**Şekil 5.26:** Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Tablo 5.25’de verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, denklem (3.6)’dan Bar Harbor istasyonu için türetilen  $TEI_{Bar\ Harbor} = \alpha_0 + \alpha_1 TEI_{Palmer\ Station} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminden elde edilen 1. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.26’da verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu

tablo incelendiğinde, Bar Harbor istasyonundan elde edilen TEİ değerlerinin, Palmer Station istasyonundan elde edilen TEİ değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği Adj.  $R^2$  (0,94) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Palmer Station istasyonunda meydana gelen 1 TECU'luk artışın/azalışın Bar Harbor istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,26 TECU'luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Bar Harbor istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,08 TECU'luk azalışa/artışa sebep olacağı görülmektedir. Bu negatif ilişki durumu  $\alpha_2$  katsayısının önünde verilen “-” işareti ile gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Bar Harbor istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Palmer Station istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık üç kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği ifade edilebilir.

**Tablo 5.26:** Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem regresyon analiz sonuçları.

Değişken Katsayıları	Bar Harbor İstasyonu		Palmer Station İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	16,52	(0,0000)*	22,81	(0,0000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,26	(0,0000)*	0,18	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	-0,08	(0,0000)*	-0,04	(0,0004)*
AR(1)	0,95	(0,0000)*	1,47	(0,0000)*
MA(1)	0,63	(0,0000)*	0,08	(0,0165)**
$R^2$	0,94		0,93	
Adj. $R^2$	0,94		0,93	
Durbin-Watson	1,56		2,34	
ARCH LM	0,33		0,46	

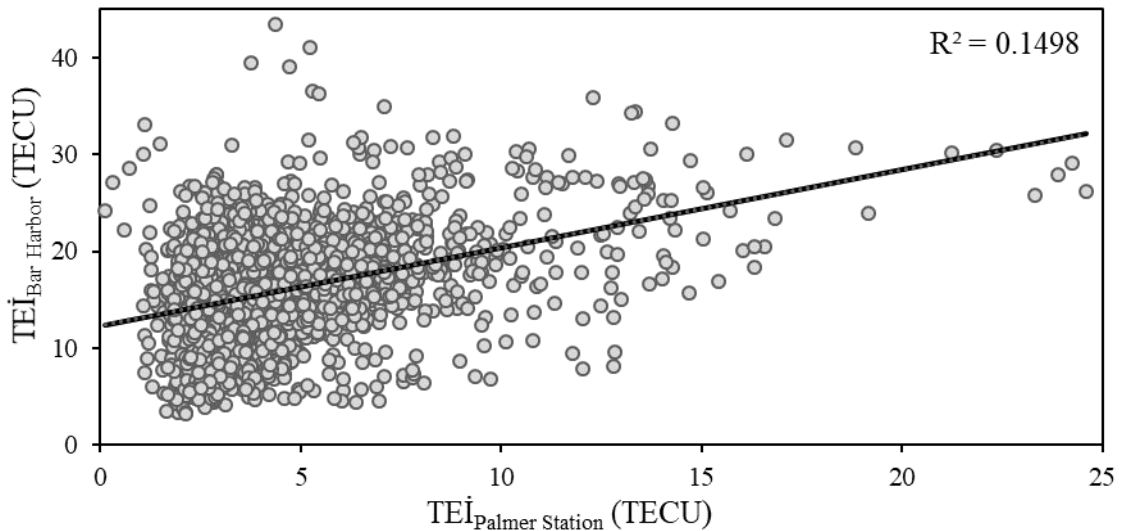
\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Palmer Station istasyonu için kurulan regresyon denkleminin ( $TEİ_{PalmerStation} = \beta_0 + \beta_1 TEİ_{Bar\ Harbor} + \beta_2 K_p + \varepsilon$ ) sonuçlarından elde edilen (Tablo

5.26) TEİ değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü ( $Adj.R^2$  (0,93)), Bar Harbor istasyonundaki TEİ değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Bar Harbor istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU'luk artışın/azalışın Palmer Station istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,18 TECU'luk artışa/azalışa sebep olduğu görülmektedir.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Palmer Station istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,04 TECU'luk bir azalmaya/artmaya sebep olmaktadır. Bu negatif ilişki durumu  $\beta_2$  katsayısının önünde verilen “-” işareti ile gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Palmer Station istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Bar Harbor istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık 6,5 kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği ifade edilebilir.

### 5.2.3.2. İkinci dönem analizleri

Şekil 5.27’de Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti 2. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.



**Şekil 5.27:** Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için 2. dönem serpilme diyagramı.

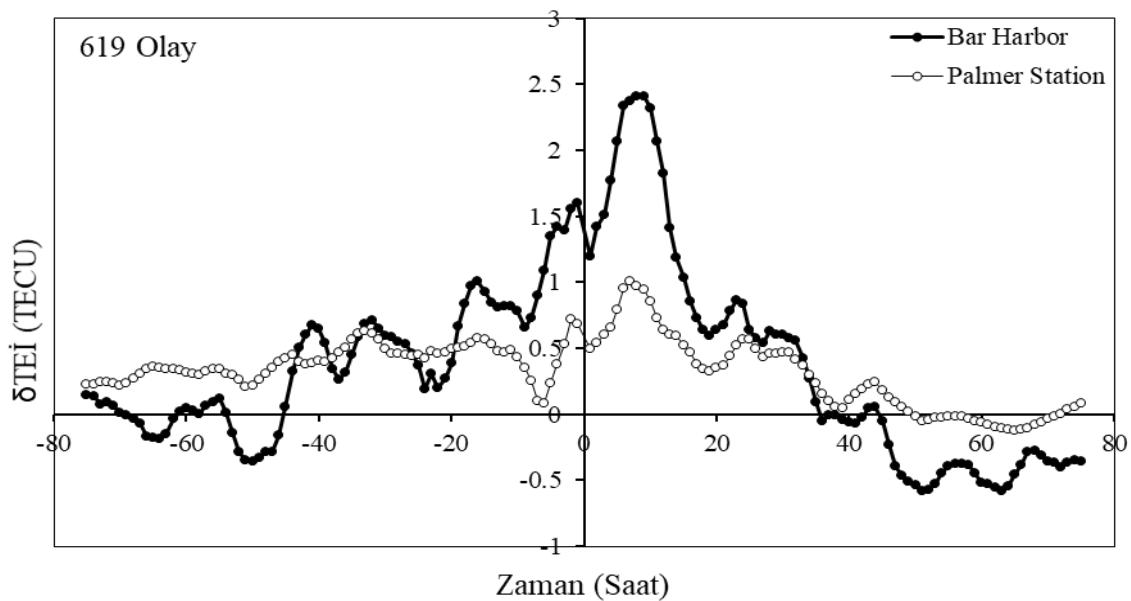
Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.27’de verilmiştir.  $TEI_{Palmer\ Station}$  değişkeni her üç teste göre

%1 düzeyinde durağandır.  $TEI_{\text{Bar Harbor}}$  ve  $K_p$  bağımsız değişkenleri ise ADF ve PP testine göre %1 durağan olup KPSS testine göre ise durağan olmadıkları görülmektedir.

**Tablo 5.27:** Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{\text{Bar Harbor}}$	-4,57	-9,92	0,10
$TEI_{\text{Palmer Station}}$	-4,96	-7,23	0,54
$K_p$	-6,25	-5,73	0,10

Şekil 5.28’de Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 619 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ ’deki değişim miktarı Bar Harbor istasyonunda 1,75 TECU iken Palmer Station istasyonunda 0,88 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 35-40 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerlerini tüm olay zamanı boyunca incelediğimizde, pozitif ve çok büyük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir.



**Şekil 5.28:** Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde pozitif bir etki oluşturmuştur.

Tablo 5.27’de verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, denklem (3.6)’dan Bar Harbor istasyonu için türetilen  $TEI_{Bar\ Harbor} = \alpha_0 + \alpha_1 TEI_{Palmer\ Station} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminden elde edilen 2. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.28’de verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde, Bar Harbor istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinin, Palmer Station istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği  $Adj. R^2$  (0,94) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Palmer Station istasyonunda meydana gelen 1 TECU’luk artışın/azalışın Bar Harbor istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,18 TECU’luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Bar Harbor istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,03 TECU’luk azalışa/artışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlara göre, Bar Harbor istasyonundaki  $TEI$  değerlerinin manyetik eşleniği olan Palmer Station istasyonundaki  $TEI$  değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık altı kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği ifade edilebilir.

Palmer Station istasyonu için kurulan regresyon denkleminin ( $TEI_{Palmer\ Station} = \beta_0 + \beta_1 TEI_{Bar\ Harbor} + \beta_2 K_p + \varepsilon$ ) sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.28)  $TEI$  değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü ( $Adj.R^2$  (0,88)), Bar Harbor istasyonundaki  $TEI$  değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Bar Harbor istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 1 TECU’luk artışın/azalışın Palmer Station istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,04 TECU’luk artışa/azalışa sebep olduğu görülmektedir.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Palmer Station istasyonundan elde edilen  $TEI$



değerlerindeki 0,01 TECU'luk bir azalmaya/artmaya sebep olmaktadır. Bu sonuçlara göre, Palmer Station istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Bar Harbor istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık dört kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği ifade edilebilir.

**Tablo 5.28:** Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem regresyon analiz sonuçları.

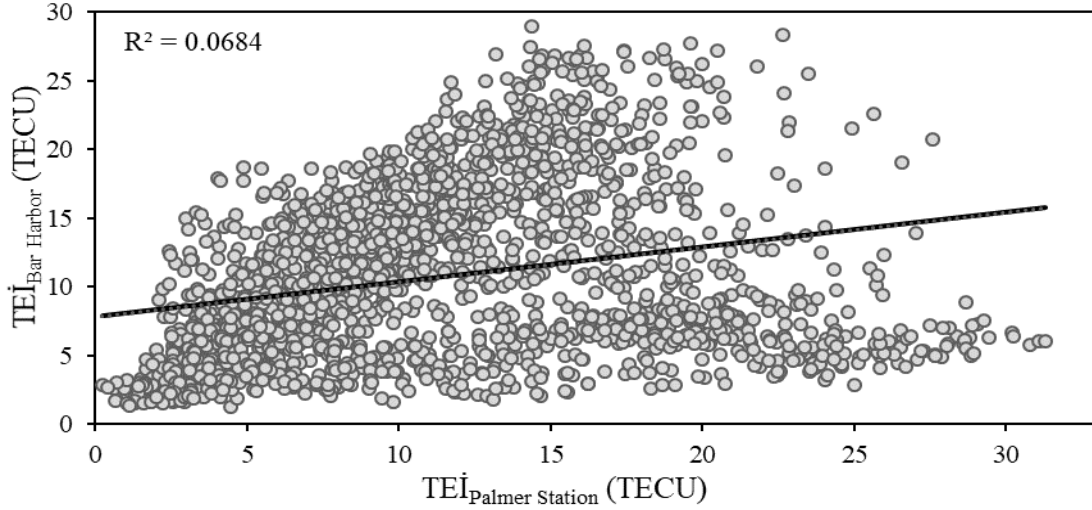
Değişken Katsayıları	Bar Harbor İstasyonu		Palmer Station İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	16,10	(0,0000)*	3,32	(0,0000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,18	(0,0000)*	0,04	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	-0,03	(0,0066)*	-0,01	(0,0048)*
AR(1)	0,92	(0,0000)*	0,90	(0,0000)*
MA(1)	0,60	(0,0000)*	0,49	(0,0000)*
$R^2$	0,94		0,88	
Adj. $R^2$	0,94		0,88	
Durbin-Watson	1,76		2,10	
ARCH LM	0,70		0,54	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

### 5.2.3.3. Üçüncü dönem analizleri

Şekil 5.29'da Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti 3. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında pozitif yönde zayıf bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.29'da verilmiştir.  $TEI_{Palmer\ Station}$  değişkeni ADF testine göre %5, PP ve KPSS testine göre ise %1 düzeyinde durağandır.  $TEI_{Bar\ Harbor}$  değişkeni her üç teste göre %1 durağan olup,  $K_p$  bağımsız değişkeni ise ADF ve PP testine göre %1 durağan ve KPSS testine göre ise durağan olmadığı görülmektedir.

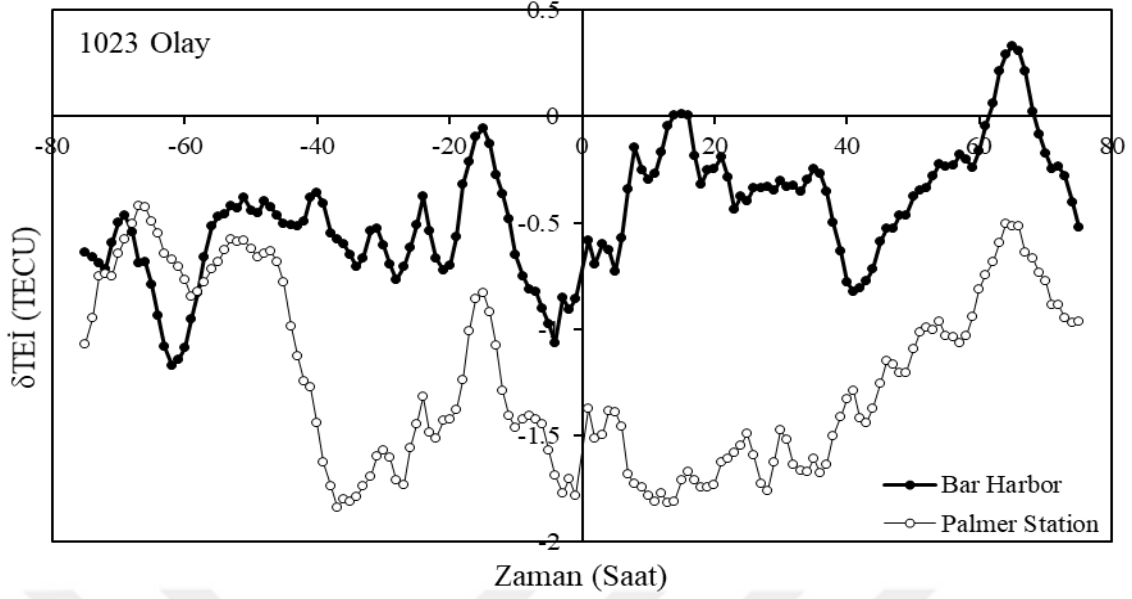


**Şekil 5.29:** Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için 3. dönem serpilme diyagramı.

**Tablo 5.29:** Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Bar\ Harbor}$	-4,24	-13,01	0,26
$TEI_{Palmer\ Station}$	-3,84	-6,96	0,28
$K_p$	-7,24	-6,28	0,09

Şekil 5.30’da Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 1023 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ ’deki değişim miktarı Bar Harbor istasyonunda 0,92 TECU iken Palmer Station istasyonunda 0,4 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 50-75 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerlerini tüm olay zamanı boyunca incelediğimizde, pozitif ve çok büyük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve aynı yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde negatif bir etki oluşturmuştur.



**Şekil 5.30:** Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Tablo 5.29’da verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, denklem (3.6)’dan Bar Harbor istasyonu için türetilen  $TEI_{Bar\ Harbor} = \alpha_0 + \alpha_1 TEI_{Palmer\ Station} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminde elde edilen 3. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.30’da verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde, Bar Harbor istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinin, Palmer Station istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği  $Adj. R^2$  (0,96) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Palmer Station istasyonunda meydana gelen 1 TECU’luk artışın/azalışın Bar Harbor istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,11 TECU’luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Bar Harbor istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerindeki 0,05 TECU’luk azalışa/artışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlara göre, Bar Harbor istasyonundaki  $TEI$  değerlerinin manyetik eşleniği olan Palmer Station istasyonundaki  $TEI$  değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık iki kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği ifade edilebilir.

**Tablo 5.30:** Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem regresyon analiz sonuçları.

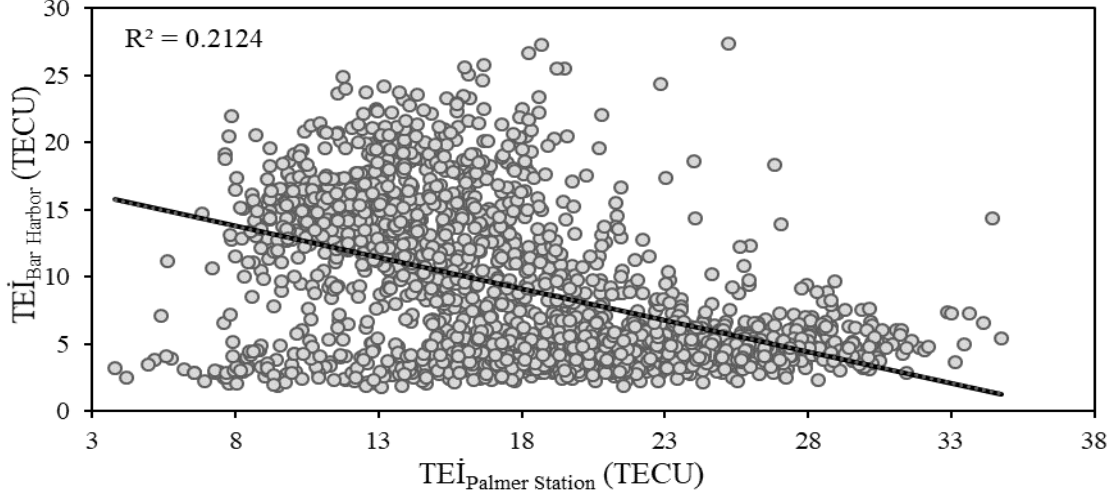
Değişken Katsayıları	Bar Harbor İstasyonu		Palmer Station İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	10,68	(0,0000)*	2,29	(0,0007)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,11	(0,0000)*	0,11	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	-0,05	(0,0000)*	-0,02	(0,0018)*
AR(1)	1,85	(0,0000)*	1,08	(0,0000)*
MA(1)	-0,34	(0,0000)*	0,36	(0,0000)*
R <sup>2</sup>	0,96		0,96	
Adj. R <sup>2</sup>	0,96		0,96	
Durbin-	2,10		2,12	
ARCH LM	0,66		0,41	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Palmer Station istasyonu için kurulan regresyon denkleminin ( $TEİ_{PalmerStation} = \beta_0 + \beta_1 TEİ_{Bar Harbor} + \beta_2 K_p + \varepsilon$ ) sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.30) TEİ değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü (Adj.R<sup>2</sup> (0,96)), Bar Harbor istasyonundaki TEİ değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Bar Harbor istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU'luk artışın/azalışın Palmer Station istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,11 TECU'luk artışa/azalışa sebep olduğu görülmektedir.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Palmer Station istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,02 TECU'luk bir azalmaya/artmaya sebep olmaktadır. Bu sonuçlara göre, Palmer Station istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Bar Harbor istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık 5,5 kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği ifade edilebilir.

#### 5.2.3.4. Dördüncü dönem analizleri

Şekil 5.31’de Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti 4. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında negatif yönde bir ilişki olduğunu göstermektedir.



**Şekil 5.31:** Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için 4. dönem serpilme diyagramı.

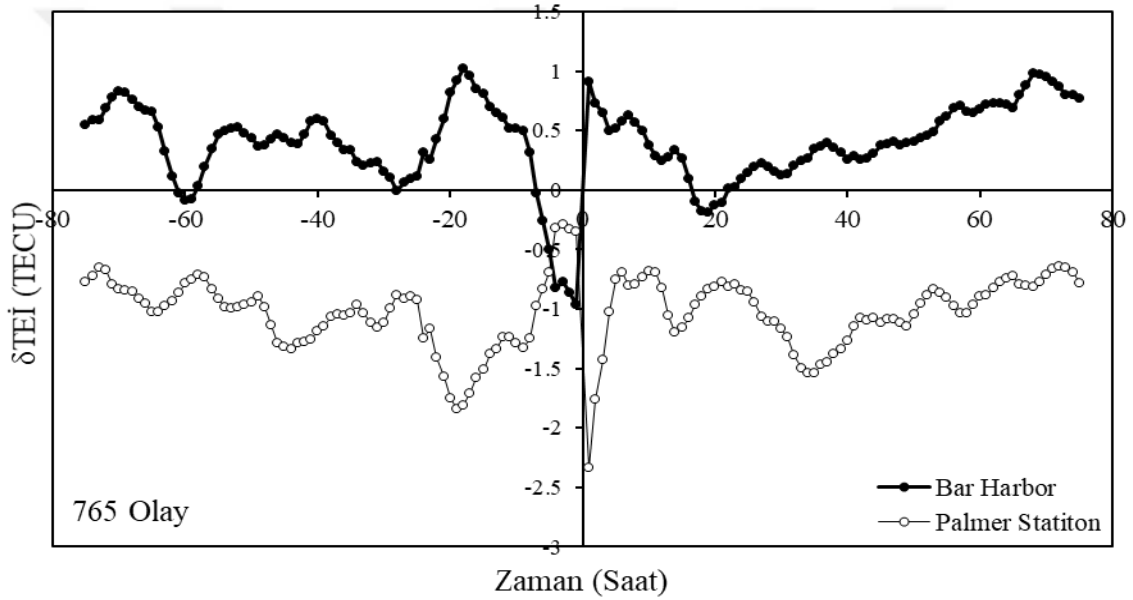
Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.31’de verilmiştir.  $TEI_{Palmer\ Station}$  değişkeni her üç teste göre %1 düzeyinde durağandır.  $TEI_{Bar\ Harbor}$  değişkeni ADF ve PP testine göre %1 durağan iken KPSS testine göre %5 durağandır.  $K_p$  bağımsız değişkeni ise ADF ve PP testine göre %1 durağan ve KPSS testine göre ise durağan olmadığı görülmektedir.

**Tablo 5.31:** Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Bar\ Harbor}$	-5,21	-8,82	0,20
$TEI_{Palmer\ Station}$	-5,17	-6,27	0,33
$K_p$	-7,02	-5,95	0,10

Şekil 5.32’de Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 765 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de

$\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ 'deki değişim miktarı Bar Harbor istasyonunda 1,87 TECU iken Palmer Station istasyonunda 1,99 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 20 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerlerini tüm olay zamanı boyunca incelediğimizde, negatif ve küçük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve zıt yönde bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları olay anı civarında hemen hemen negatif bir etki oluşturmuştur denilebilir.



**Şekil 5.32:** Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Tablo 5.31'de verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, denklem (3.6)'dan Bar Harbor istasyonu için türetilen  $TEI_{Bar\ Harbor} = \alpha_0 + \alpha_1 TEI_{Palmer\ Station} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminden elde edilen 4. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.32'de verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde, Bar Harbor istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinin, Palmer Station istasyonundan elde edilen  $TEI$  değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde

etkilendiği Adj. R<sup>2</sup> (0,91) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Palmer Station istasyonunda meydana gelen 1 TECU'luk artışın/azalışın Bar Harbor istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,3 TECU'luk bir azalışa/artışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca, K<sub>p</sub> değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Bar Harbor istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,06 TECU'luk azalışa/artışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlara göre, Bar Harbor istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Palmer Station istasyonundaki TEİ değerlerinden K<sub>p</sub> değerlerine göre yaklaşık beş kat daha fazla ve negatif yönde etkilendiği ifade edilebilir.

**Tablo 5.32:** Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem regresyon analiz sonuçları.

Değişken Katsayıları	Bar Harbor İstasyonu		Palmer Station İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	14,08	(0,0000)*	21,06	(0,0000)*
$\alpha_1/\beta_1$	-0,30	(0,0000)*	-0,11	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	-0,06	(0,0095)*	-0,03	(0,0083)*
AR(1)	0,77	(0,0000)*	1,58	(0,0000)*
MA(1)	0,60	(0,0000)*	-0,10	(0,0116)**
R <sup>2</sup>	0,91		0,92	
Adj. R <sup>2</sup>	0,91		0,92	
Durbin-	1,79		2,06	
ARCH LM	0,25		0,30	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Palmer Station istasyonu için kurulan regresyon denkleminin ( $TEİ_{PalmerStation} = \beta_0 + \beta_1 TEİ_{Bar\ Harbor} + \beta_2 K_p + \varepsilon$ ) sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.32) TEİ değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü (Adj.R<sup>2</sup> (0,92)), Bar Harbor istasyonundaki TEİ değerleri ve K<sub>p</sub> ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden

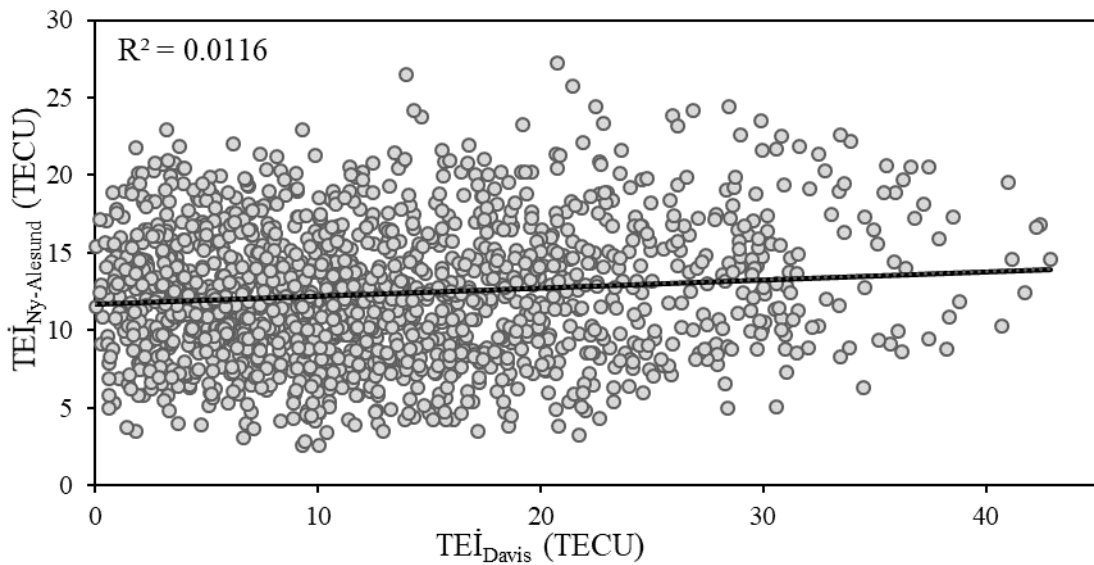
anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Bar Harbor istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU'luk artışın/azalışın Palmer Station istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,11 TECU'luk azalışa/artışa sebep olduğu görülmektedir.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Palmer Station istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,03 TECU'luk bir azalmaya/artmaya sebep olmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Palmer Station istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Bar Harbor istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık dört kat daha fazla ve negatif yönde etkilendiği ifade edilebilir.

### 5.3. Yüksek Enlem Bölgesi İçin Yapılan Analizler

Manyetik ekvatora göre yüksek ( $60^\circ \pm 90^\circ$ ) enlemlerde bulunan manyetik eşlenik noktalarındaki TEİ'nin değişimine ilişkin bulgular elde edilmiştir. Buna göre, manyetik koordinatları  $76,36^\circ$  K,  $129,44^\circ$  D ile  $76,52^\circ$  G,  $131,76^\circ$  D olan Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için dört farklı döneme ait yapılan mevsimsel inceleme sonuçları aşağıda verilmiştir.

#### 5.3.1. Birinci dönem analizleri

Şekil 5.33'te Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti 1. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında bir ilişki görülmemektedir.



Şekil 5.33: Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için 1. dönem serpilme diyagramı.

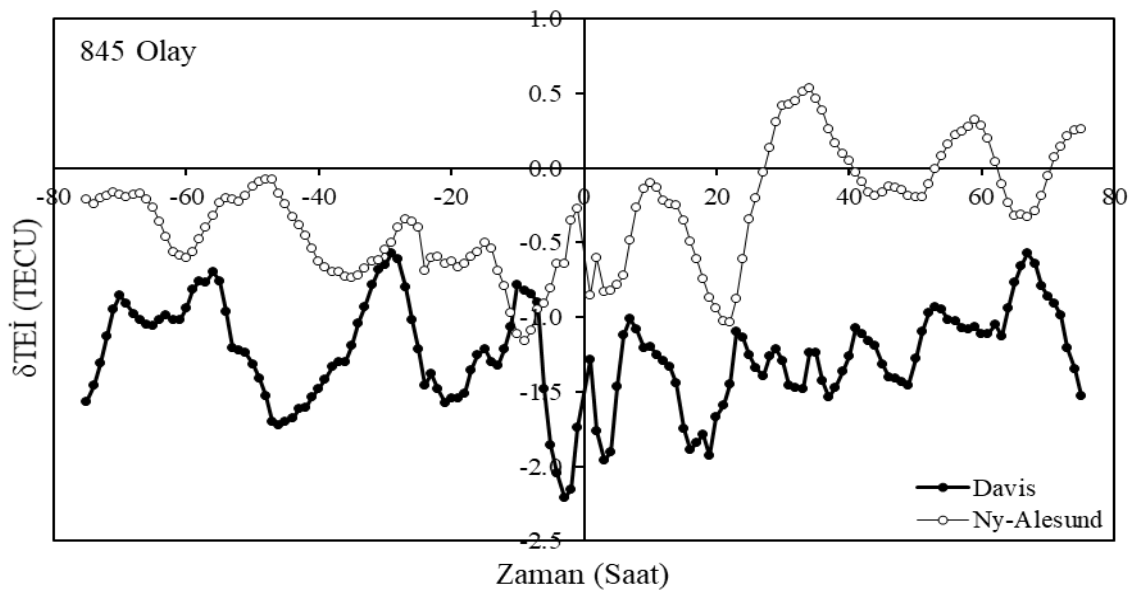


Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.33’te verilmiştir.  $TEI_{Davis}$  değişkeni ADF testine göre %10, PP testine göre %1 ve KPSS testine göre ise %5 düzeyinde durağandır.  $TEI_{Ny-Alesund}$  değişkeni bütün testlerde %1 düzeyinde durağan olup,  $K_p$  bağımsız değişkeni ise ADF ve PP testine göre %1, KPSS testine göre ise %10 düzeyinde durağan olduğu görülmektedir.

**Tablo 5.33:** Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Ny-Alesund}$	-4,17	-11,37	0,35
$TEI_{Davis}$	-3,27	-11,07	0,16
$K_p$	-6,77	-5,16	0,14

Şekil 5.34’te Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 845 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ ’deki değişim miktarı Ny-Alesund istasyonunda 0,58 TECU iken Davis istasyonunda 0,93 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da yaklaşık 50-75 saat sonra jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır.



**Şekil 5.34:** Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 1. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TE\dot{I}$  değerleri tüm olay zamanı boyunca incelendiğinde, pozitif ve çok küçük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve birbirine göre zıt yönde zayıf bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TE\dot{I}$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde negatif bir etki oluşturmuştur.

Tablo 5.33’de verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, denklem (3.6)’dan Ny-Alesund istasyonu için türetilen  $TE\dot{I}_{Ny-Alesund} = \alpha_0 + \alpha_1 TE\dot{I}_{Davis} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminde elde edilen 1. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.34’te verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde Ny-Alesund istasyonundan elde edilen  $TE\dot{I}$  değerlerinin, Davis istasyonundan elde edilen  $TE\dot{I}$  değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği Adj.  $R^2$  (0,79) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Davis istasyonunda meydana gelen 1 TECU’luk artışın/azalışın Ny-Alesund istasyonundan elde edilen  $TE\dot{I}$  değerlerindeki 0,08 TECU’luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Ny-Alesund istasyonundan elde edilen  $TE\dot{I}$  değerlerindeki 0,02 TECU’luk azalışa/artışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar Ny-Alesund istasyonunun Davis istasyonundaki  $TE\dot{I}$  değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre dört kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği anlamına gelmektedir.

Davis istasyonu için kurulan  $TE\dot{I}_{Davis} = \beta_0 + \beta_1 TE\dot{I}_{Ny-Alesund} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.34)  $TE\dot{I}$  değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü (Adj. $R^2$  (0,90)), Ny-Alesund istasyonundaki  $TE\dot{I}$  değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Ny-Alesund istasyonundan elde edilen  $TE\dot{I}$  değerlerindeki 1 TECU’luk artışın/azalışın Davis istasyonundan elde edilen  $TE\dot{I}$  değerlerindeki 0,13 TECU’luk artışa/azalışa sebep olduğu görülmektedir.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik

artış/azalış ise Davis istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,04 TECU'luk bir azalmaya/artmaya sebep olmaktadır. Bu negatif ilişki durumu  $\beta_2$  katsayısının önünde verilen “-” işareti ile gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Davis istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Ny-Alesund istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık üç kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği ifade edilebilir.

**Tablo 5.34:** Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 1. dönem regresyon analiz sonuçları.

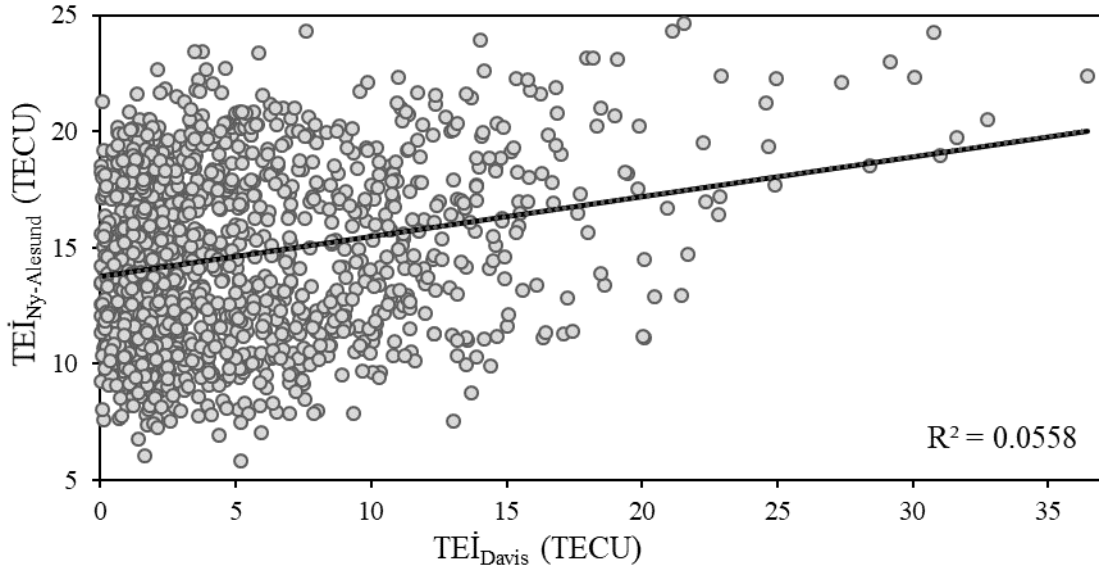
Değişken Katsayıları	Ny-Alesund İstasyonu		Davis İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	9,06	(0,0000)*	12,43	(0,0000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,08	(0,0000)*	0,13	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	-0,02	(0,0397)**	-0,04	(0,0006)*
AR(1)	1,70	(0,0000)*	0,90	(0,0000)*
MA(1)	-0,73	(0,0000)*	0,24	(0,0000)*
R <sup>2</sup>	0,79		0,90	
Adj. R <sup>2</sup>	0,79		0,90	
Durbin-Watson	2,09		12,04	
ARCH LM	0,87		0,92	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

### 5.3.2. İkinci dönem analizleri

Şekil 5.35'te Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti 2. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında pozitif yönde zayıf bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.35'te verilmiştir.  $TEI_{Davis}$  ve  $TEI_{Ny-Alesund}$  değişkenleri bütün testlerde %1 düzeyinde durağandır.  $K_p$  bağımsız değişkeni ise ADF ve PP testine göre %1 durağan, KPSS testine göre ise durağan olmadığı görülmektedir.

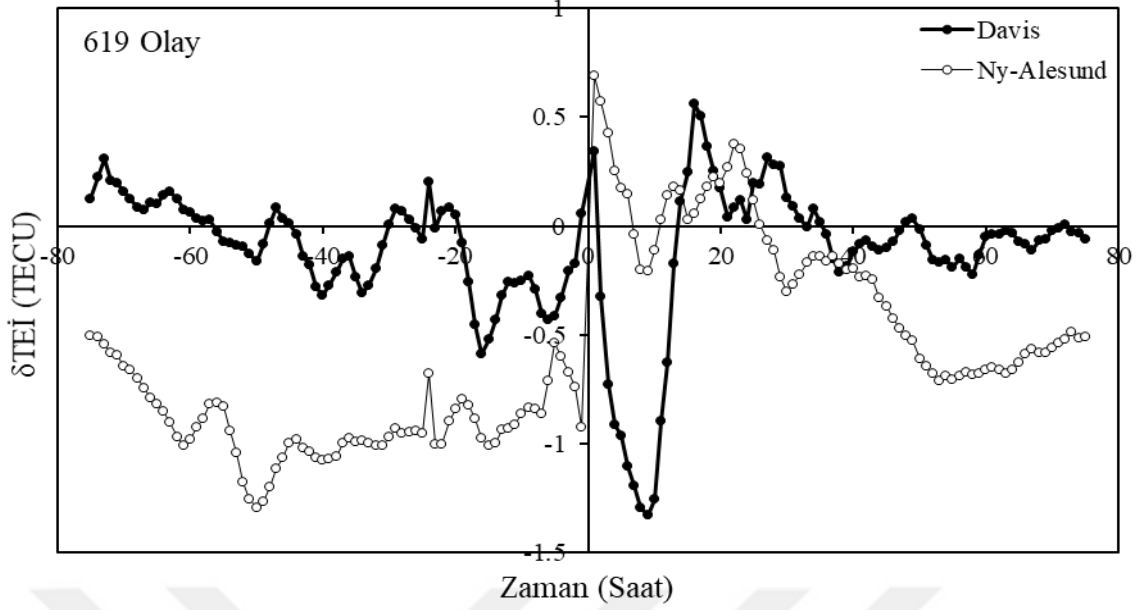


**Şekil 5.35:** Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için 2. dönem serpilme diyagramı.

**Tablo 5.35:** Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Ny-Alesund}$	-11,48	-14,95	0,28
$TEI_{Davis}$	-5,18	-12,97	0,25
$K_p$	-6,88	-6,10	0,11

Şekil 5.36’da Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 619 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ ’deki değişim miktarı Ny-Alesund istasyonunda 1,6 TECU iken Davis istasyonunda 1,66 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 25-30 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerleri tüm olay zamanı boyunca incelendiğinde, negatif ve çok küçük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve birbirine göre zıt yönde zayıf bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde negatif bir etki oluşturmuştur.



**Şekil 5.36:** Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 2. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Tablo 5.35'te verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, denklem (3.6)'dan Ny-Alesund istasyonu için türetilen  $TEI_{Ny-Alesund} = \alpha_0 + \alpha_1 TEI_{Davis} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminde elde edilen 2. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.36'da verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde Ny-Alesund istasyonundan elde edilen TEI değerlerinin, Davis istasyonundan elde edilen TEI değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği  $Adj. R^2$  (0,90) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Davis istasyonunda meydana gelen 1 TECU'luk artışın/azalışın Ny Alesund istasyonundan elde edilen TEI değerlerindeki 0,08 TECU'luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Ny-Alesund istasyonundan elde edilen TEI değerlerindeki 0,03 TECU'luk azalışa/artışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar Ny-Alesund istasyonunun Davis istasyonundaki TEI değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık üç kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği anlamına gelmektedir.

**Tablo 5.36:** Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 2. dönem regresyon analiz sonuçları.

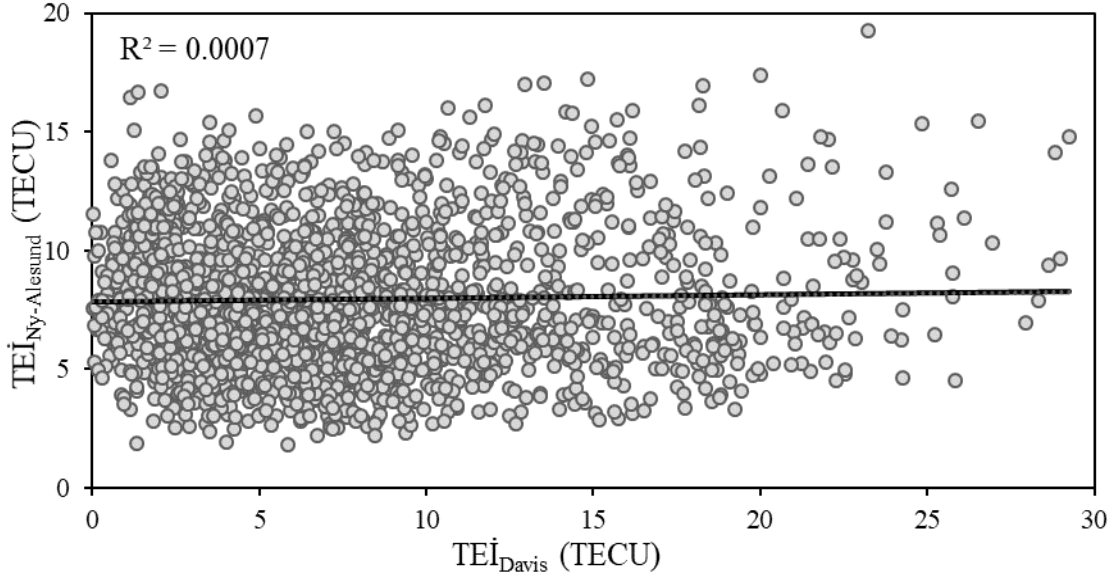
Değişken Katsayıları	Ny-Alesund İstasyonu		Davis İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	14,81	(0,0000)*	1,03	(0,0218)**
$\alpha_1/\beta_1$	0,08	(0,0000)*	0,12	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	-0,03	(0,0000)*	0,02	(0,0271)**
AR(1)	0,93	(0,0000)*	0,73	(0,0000)*
MA(1)	0,07	(0,0145)**	0,18	(0,0000)*
R <sup>2</sup>	0,90		0,82	
Adj. R <sup>2</sup>	0,90		0,82	
Durbin-Watson	2,06		1,90	
ARCH LM	0,81		0,12	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Davis istasyonu için kurulan  $TEI_{Davis} = \beta_0 + \beta_1 TEI_{Ny-Alesund} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.36) TEİ değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü (Adj.R<sup>2</sup> (0,82)), Ny-Alesund istasyonundaki TEİ değerleri ve K<sub>p</sub> ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Ny-Alesund istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU'luk artışın/azalışın Davis istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,12 TECU'luk artışa/azalışa sebep olduğu görülmektedir. K<sub>p</sub> değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Davis istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,02 TECU'luk bir artmaya/azalmaya sebep olmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Davis istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Ny-Alesund istasyonundaki TEİ değerlerinden K<sub>p</sub> değerlerine göre yaklaşık altı kat daha fazla ve pozitif yönde etkilendiği ifade edilebilir.

### 5.3.3. Üçüncü dönem analizleri

Şekil 5.37’de Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti 3. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında bir ilişki görülmemektedir.



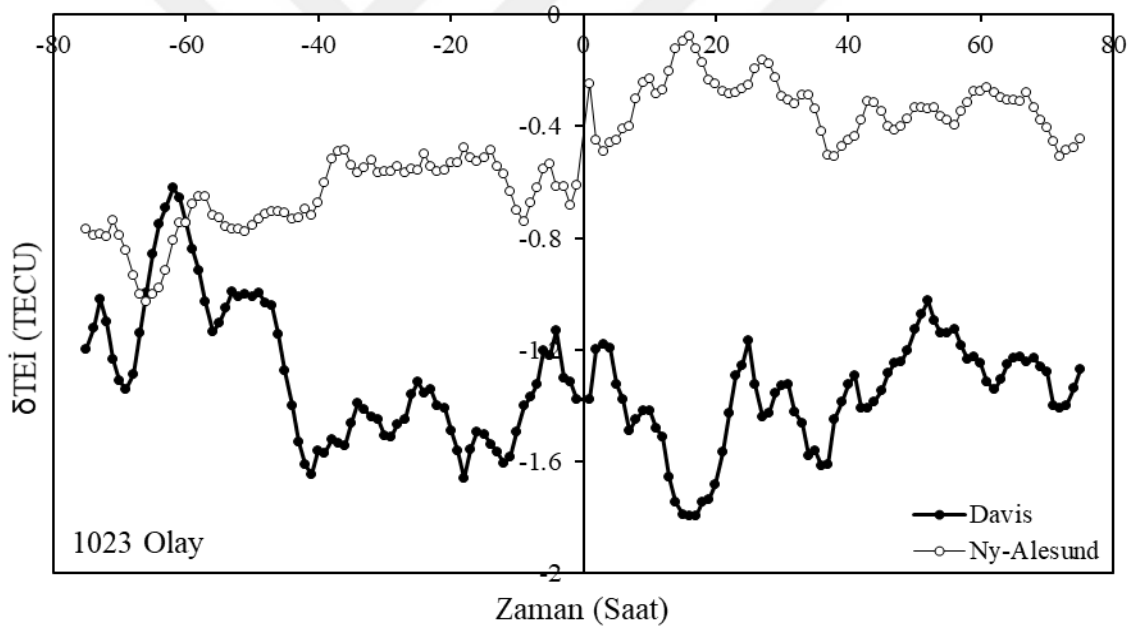
Şekil 5.37: Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için 3. dönem serpilme diyagramı.

Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.37’de verilmiştir.  $TEI_{Ny-Alesund}$  değişkeni ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde, KPSS testine göre ise %10 düzeyinde durağandır  $TEI_{Davis}$  değişkeni ise ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde, KPSS testine göre ise %5 düzeyinde durağandır.  $K_p$  bağımsız değişken ise ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde durağan olup, KPSS testine göre durağan olmadığı görülmektedir.

Tablo 5.37: Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Ny-Alesund}$	-3,44	-10,74	0,15
$TEI_{Davis}$	-4,33	-9,02	0,21
$K_p$	-6,81	-5,72	0,09

Şekil 5.38’de Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 1023 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ ’deki değişim miktarı Ny-Alesund istasyonunda 0,44 TECU iken Davis istasyonunda 0,24 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 40 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerleri tüm olay zamanı boyunca incelendiğinde, negatif ve büyük değerli korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve birbirine göre zıt yönde zayıf bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde negatif bir etki oluşturmuştur.



**Şekil 5.38:** Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 3. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Tablo 5.37’de verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, denklem (3.6)’dan Ny-Alesund istasyonu için türetilen  $TEI_{Ny-Alesund} = \alpha_0 + \alpha_1 TEI_{Davis} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminde elde edilen 3. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.38’de verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu



tablo incelendiğinde Ny-Alesund istasyonundan elde edilen TEİ değerlerinin, Davis istasyonundan elde edilen TEİ değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği Adj.  $R^2$  (0,83) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Davis istasyonunda meydana gelen 1 TECU'luk artışın/azalışın Ny-Alesund istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,12 TECU'luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Ny-Alesund istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,02 TECU'luk azalışa/artışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar Ny-Alesund istasyonunun Davis istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre altı kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği anlamına gelmektedir.

**Tablo 5.38:** Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 3. dönem regresyon analiz sonuçları.

Değişken Katsayıları	Ny-Alesund İstasyonu		Davis İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	10,31	(0,0000)*	2,04	(0,0000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,12	(0,0000)*	0,21	(0,0000)*
$\alpha_2/\beta_2$	-0,02	(0,0000)*	-0,04	(0,0000)*
AR(1)	1,66	(0,0000)*	0,00	(0,0000)*
MA(1)	-0,70	(0,0000)*	-0,74	(0,0000)*
$R^2$	0,83		0,91	
Adj. $R^2$	0,83		0,91	
Durbin-Watson	2,13		2,04	
ARCH LM	0,65		0,37	

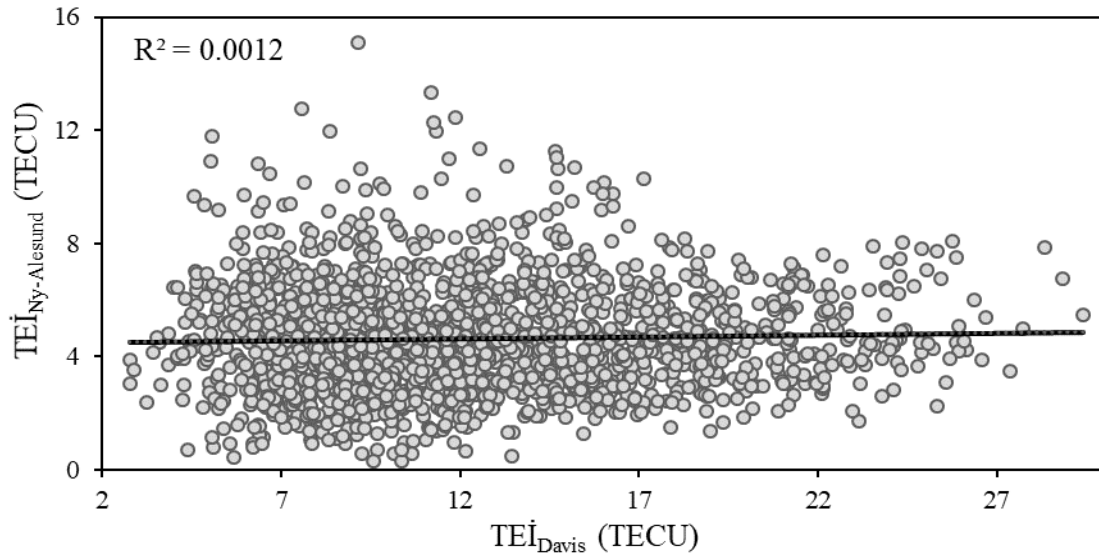
\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Davis istasyonu için kurulan  $TEI_{Davis} = \beta_0 + \beta_1 TEI_{Ny-Alesund} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.38) TEİ değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü (Adj. $R^2$  (0,91)), Ny-Alesund istasyonundaki TEİ değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların

istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Ny-Alesund istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU'luk artışın/azalışın Davis istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,21 TECU'luk artışa/azalışa sebep olduğu görülmektedir.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Davis istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,04 TECU'luk bir azalmaya/artmaya sebep olmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Davis istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Ny-Alesund istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık beş kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği ifade edilebilir.

#### 5.3.4. Dördüncü dönem analizleri

Şekil 5.39'da Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti 4. dönem serpilme diyagramı görülmektedir. Şekildeki eğilim çizgisi, bu iki istasyondan elde edilen TEİ değerleri arasında bir ilişki görülmemektedir.



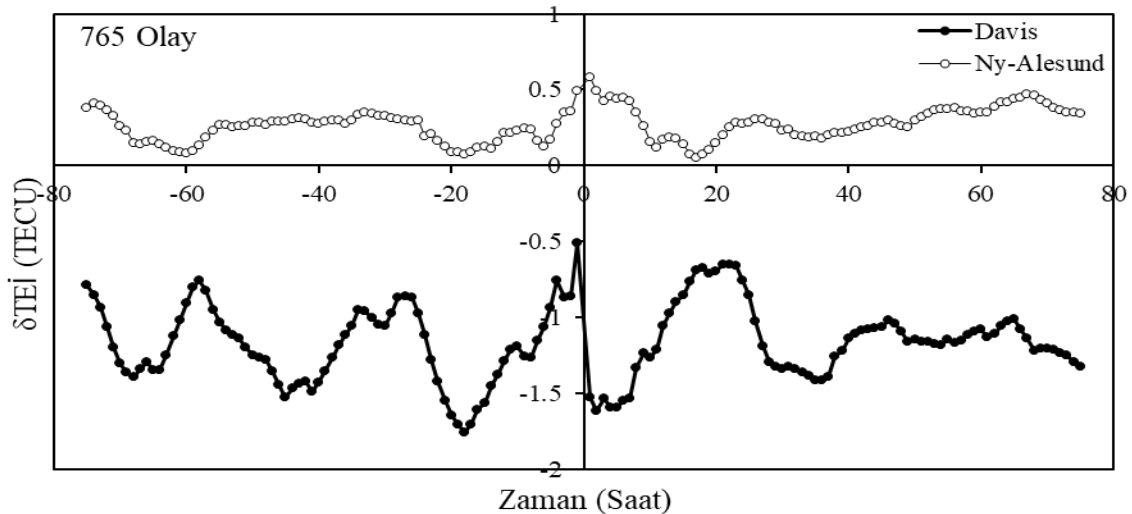
**Şekil 5.39:** Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için 4. dönem serpilme diyagramı.

Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem değişkenlerinin durağanlık değerleri Tablo 5.39'da verilmiştir.  $TEI_{Ny-Alesund}$  değişkeni ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde ve KPSS testine göre %10 düzeyinde durağandır.  $TEI_{Davis}$  değişkeni bütün testlere göre %1 düzeyinde durağandır.  $K_p$  bağımsız değişken ise ADF ve PP testine göre %1 düzeyinde olup KPSS testine göre durağan olmadığı görülmektedir.

**Tablo 5.39:** Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem durağanlık değerleri.

Değişkenler	ADF	PP	KPSS
$TEI_{Ny-Alesund}$	-7,15	-7,20	0,13
$TEI_{Davis}$	-4,17	-6,86	0,27
$K_p$	-6,18	-5,22	0,08

Şekil 5.39’da Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Bu dönem boyunca  $K_p > 2^+$  olduğu 765 olay anı belirlenmiştir. Her iki eşlenik çiftinde de  $\delta TEI$  değerlerinin jeomanyetik duruma tepkisi 0 olay anı civarında gözlemlendiği görülmektedir.  $\delta TEI$ ’deki değişim miktarı Ny-Alesund istasyonunda 0,46 TECU iken Davis istasyonunda 1,1 TECU kadardır. Her iki eşlenik noktasında da  $\delta TEI$  değerleri yaklaşık 40 saat sonra normal değerlerine dönmektedir. Yani jeomanyetik tedirginliğin etkisi ortadan kalkmaktadır. Manyetik eşlenik çiftinin bu dönemi için hesaplanan  $\delta TEI$  değerleri tüm olay zamanı boyunca incelendiğinde, negatif ve herhangi bir korelasyona sahip olmadıkları görülmektedir. Kısaca iki yarım kürede de faz değişimleri aynı anda ve birbirine göre zıt yönde zayıf bir tepki göstermektedir. Bu manyetik eşlenik çiftinin  $\delta TEI$  değerleri, manyetik eşlenik noktaları üzerinde negatif bir etki oluşturmuştur.



**Şekil 5.40:** Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çifti için SEA metodu ile hesaplanmış 4. dönem  $\delta TEI$  değerlerinin zamana göre değişimleri.

Tablo 5.39’da verilen durağanlık analiz sonuçlarına bakılarak, denklem (3.6)’dan Ny-Alesund istasyonu için türetilen  $TEİ_{Ny-Alesund} = \alpha_0 + \alpha_1 TEİ_{Davis} + \alpha_2 K_p + \varepsilon$  denkleminden elde edilen 4. dönem regresyon analiz sonuçları Tablo 5.40’ta verilmiştir. Kurulan bu regresyon denkleminin anlamlı olduğu Durbin-Watson ve ARCH LM testlerinden anlaşılmaktadır. Bu denklemden elde edilen regresyon parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ise olasılık değerlerine bakıldığında görülmektedir. Bu tablo incelendiğinde Ny-Alesund istasyonundan elde edilen TEİ değerlerinin, Davis istasyonundan elde edilen TEİ değerlerinden ve  $K_p$  tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği Adj.  $R^2$  (0,67) değerinden anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen katsayılara bakıldığında tüm regresyon katsayılarının anlamlı oldukları p-değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar, Davis istasyonunda meydana gelen 1 TECU’luk artışın/azalışın Ny-Alesund istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,02 TECU’luk bir artışa/azalışa sebep olacağını ifade etmektedir. Ayrıca,  $K_p$  değerinde meydana gelecek 1 birimlik artışın/azalışın Ny-Alesund istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,01 TECU’luk artışa/azalışa sebep olacağı görülmektedir. Bu sonuçlar Ny-Alesund istasyonunun Davis istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre iki kat daha fazla ve pozitif yönde etkilendiği anlamına gelmektedir.

**Tablo 5.40:** Ny Alesund–Davis manyetik eşlenik çiftinin 4. dönem regresyon analiz sonuçları.

Değişken Katsayıları	Ny-Alesund İstasyonu		Davis İstasyonu	
	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)	Katsayı	Olasılık değeri (p-değeri)
$\alpha_0/\beta_0$	5,39	(0,0000)*	12,42	(0,0000)*
$\alpha_1/\beta_1$	0,02	(0,0268)**	0,07	(0,0434)**
$\alpha_2/\beta_2$	0,01	(0,0454)**	-0,04	(0,0037)*
AR(1)	0,90	(0,0000)*	0,86	(0,0000)*
MA(1)	0,10	(0,0004)*	0,24	(0,0000)*
$R^2$	0,67		0,83	
Adj. $R^2$	0,67		0,83	
Durbin-Watson	2,10		1,93	
ARCH LM	0,81		0,62	

\*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla 1%, 5%, ve 10% anlamlılık seviyelerini göstermektedir.

Davis istasyonu için kurulan  $TEI_{Davis} = \beta_0 + \beta_1 TEI_{Ny-Alesund} + \beta_2 K_p + \varepsilon$  regresyon denkleminin sonuçlarından elde edilen (Tablo 5.40) TEİ değerlerindeki değişimlerin büyük bir bölümü ( $Adj.R^2 (0,83)$ ), Ny-Alesund istasyonundaki TEİ değerleri ve  $K_p$  ile ilişkilidir. Durbin-Watson ve ARCH LM testlerine bakılarak kurulan denklemin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu regresyon denkleminde elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı oldukları ise olasılık değerlerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayılar incelendiğinde, Ny-Alesund istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 1 TECU'luk artışın/azalışın Davis istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,07 TECU'luk artışa/azalışa sebep olduğu görülmektedir.  $K_p$  değerlerindeki 1 birimlik artış/azalış ise Davis istasyonundan elde edilen TEİ değerlerindeki 0,04 TECU'luk bir azalmaya/artmaya sebep olmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Davis istasyonundaki TEİ değerlerinin manyetik eşleniği olan Ny Alesund istasyonundaki TEİ değerlerinden  $K_p$  değerlerine göre yaklaşık iki kat daha fazla ve zıt yönde etkilendiği ifade edilebilir.

## 6. SONUÇ

Bu çalışmada, düşük, orta ve yüksek enlem bölgelerindeki 5 manyetik eşlenik çifti için GPS istasyonlarından elde edilen TEİ değerlerindeki değişim, jeomanyetik aktif durumda enleme ve mevsime göre incelenmiştir. Bu incelemede serpilme diyagramı, SEA ve çoklu regresyon analizleri kullanılmıştır.

Serpilme diyagramı sonuçları incelendiğinde, düşük ve orta enlem manyetik eşlenik çifti istasyonlarından elde edilen TEİ değerlerinin incelenen dört ayrı dönemde de pozitif ve güçlü bir ilişki içinde oldukları görülmektedir. Yüksek enlemde bulunan manyetik enlem çifti için TEİ değerlerinin serpilme diyagramlarına bakıldığında, manyetik eşlenik çiftinin 2. dönemi hariç diğer dönemler arasında bir ilişki gözlemlenememiştir.

Düşük enlem bölgesi manyetik eşlenik çifti olan Nakatane-Katherine istasyonunda, SEA metodu kullanılarak hesaplanan  $\delta$ TEİ değerlerinin bütün dönemler boyunca pozitif ve güçlü korelasyona sahip oldukları görülmektedir. Jeomanyetik tedirginliğin düşük enlemlerdeki etkisi, 1 ve 4. dönemlerde pozitif iken 2 ve 3. dönemlerde negatif olmuştur. Çoklu regresyon analizinde ise ilişki katsayılarının bütün dönemlerde yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte incelenen tüm dönemler için kuzey yarım kürede bulunan Nakatane istasyonundan güney yarım kürede bulunan Katherine istasyonuna taşınmanın daha fazla olduğu görülmüştür.

Orta enlem bölgesinde belirlenen 3 manyetik eşlenik çiftinde, SEA metodu analizinde tüm istasyon ve dönemler için olay anına yakın süreçlerde jeomanyetik alana TEİ değerlerinin tepki verdikleri görülmüştür. Bu tepkiler Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için 1 ve 4. dönemlerde pozitif iken 2 ve 3. dönemlerde negatif; Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çifti için 1 ve 2. dönemlerde pozitif iken 3 ve 4. dönemlerde negatif; Bar Harbor-Palmer Station manyetik eşlenik çifti için 1 ve 2. dönemlerde pozitif ve güçlü korelasyona sahip iken 3. dönemde pozitif fakat zayıf korelasyona sahip, 4. dönemde ise hem negatif hem de zayıf korelasyona sahip olduğu görülmektedir. Çoklu regresyon analizinde ise tüm manyetik eşlenik çiftlerinin 1. dönem analizlerinde TEİ katsayılarının diğer dönemlerden daha büyük olduğu görülmüştür.

Petropavlovsk-Canberra manyetik eşlenik çiftinin 2. dönemi ve Bar Harbor-Palmer Station eşleniğinin 4. dönemi hariç tüm dönemlerde TEİ katsayıları pozitifdir. Bu katsayıların en büyüğü 0,84 ile Beijing-Learmonth manyetik eşlenik çifti için 1. dönemde elde edilmiştir.

Yüksek enlemde bulunan Ny Alesund-Davis manyetik eşlenik çifti istasyonlarını SEA metodu ile incelediğimizde bütün dönemler boyunca korelasyon katsayısının sıfıra oldukça yakın olduğu hesaplanmıştır. İlk üç dönem boyunca pozitif bir durum söz konusu iken 4. dönem negatif olduğu görülmektedir. Bu manyetik eşlenik çiftindeki Davis istasyonu 1, 2 ve 4. dönemlerde pozitif ancak 3. dönemde negatif bir tepki vermiştir. Ny-Alesund istasyonunun tepkisi bütün dönemler boyunca pozitifdir.

Yapılan analiz sonuçlarında incelenen tüm manyetik eşlenik çiftlerinde ve dönemlerinde her iki eşlenik çiftinin jeomanyetik aktiviteye hemen hemen aynı anda tepki verdiği ve manyetik eşlenik noktalarındaki TEİ değerlerinin birbirinden etkilendiği görülmüştür. Bu etkinin özellikle düşük enlemlerde her ne kadar büyük olduğu görülse de manyetik uçlar arasındaki mesafenin kısa olması ve ekvator bölgesindeki karmaşık süreçlerin var olması nedeniyle manyetik eşleniğinden etkilendiğini söylemek oldukça zordur (Sergeenko, 2018). Bununla birlikte orta enlemlerde genel olarak pozitif ilişki mevcuttur. Bu ilişki manyetik eşlenik çiftinin uç noktaları arasındaki mesafenin uzunluğuna bağlı olarak yüklü parçacıkların taşınmasının gözlemlenebilmesine olanak tanımaktadır. Yüksek enlemde ise manyetik alan, Yer'in manyetik alanı, sınır akımları, halka akımları, kuyruk akımları ve IMF vb. birçok kaynağın etkisiyle olduğundan dolayı bu bölgelerde elde edilen sonuçlar oldukça zayıf olup, bu sonuçlar literatür ile uyumlu bir şekilde desteklenmektedir (Jacobs, 1970).

Modele dâhil edilen jeomanyetik indis ( $K_p$ ) değerinin ise manyetik eşlenik noktalarındaki TEİ değerlerinde oldukça düşük değerler aldıkları görülmektedir. Yani bir manyetik eşlenik çiftinin birindeki TEİ değeri, karşı uçtaki TEİ değerini  $K_p$  indisinden çok daha fazla etkilemektedir.

Sonuç olarak, yapılan analizler sonucunda jeomanyetik aktif durumda manyetik eşlenik noktalarındaki TEİ değerlerinin karşılıklı olarak birbirini önemli ölçüde etkiledikleri göz önünde bulundurularak, özellikle iyonosferik veya iyonosfer kaynaklı çalışmalarda herhangi bir eşlenik noktasındaki değişim incelenirken karşı eşlenik noktasındaki değişimlerin de göz önüne alınması gerektiği ifade edilebilir.

## KAYNAKLAR

- Aksaç, K. (2017). *Yüksek Enlem foF2 Değerlerindeki Değişimlerin Jeomanyetik Aktiviteye Bağlılığı* [Yüksek Lisans Tezi]. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Aktaş, C. ve Akkurt, H. (2006). Arch modelleri ve Türkiye'ye ait otomobil üretimi verilerinin farklı varyanslılığının incelenmesi. *Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 16. 87-106. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/55379>
- Artigas, M. Z. ve Elias, A. G. (2005). The equatorial stratospheric QBO and geomagnetic activity. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 67(14), 1280-1286. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2005.06.005>
- Atıcı, R., Aytaş, A. ve Sağır, S. (2020). The effect of solar and geomagnetic parameters on total electron content over Ankara, Turkey. *Advances in Space Research*, 65(9), 2158-2166. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.07.018>
- Atıcı, R. ve Korlaelçi, S. (2017). The effect of IMF-Bz and f10.7 solar flux on neutral molecule density of ionospheric E-region. *Journal of Physical Science and Application*, 7(3), 66-70. <https://doi.org/10.17265/2159-5348/2017.03.009>
- Atıcı, R. ve Sağır, S. (2017). The effect of QBO on foE. *Advances in Space Research*, 60(2), 357-362. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2016.10.012>
- Atıcı, R. ve Sağır, S. (2019). Global investigation of the ionospheric irregularities during the severe geomagnetic storm on September 7–8, 2017. *Geodesy and Geodynamics*, 11(3), 211-221. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2019.05.004>
- Australian Government Bureau of Meteorology. (t.y.). Space Weather Services. Erişim adresi: <http://www.sws.bom.gov.au/>
- Berkeley University. (t.y.). What is the Dst index? Erişim adresi: [http://sprg.ssl.berkeley.edu/dst\\_index/Dst\\_index.html](http://sprg.ssl.berkeley.edu/dst_index/Dst_index.html)
- Baker, S. G. ve Martyn, D. F. (1953). Electric currents in the ionosphere-the conductivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 246(913), 281-294. <https://doi.org/10.1098/rsta.1953.0016>
- Banks, M. ve Kockarts, G. (1973). *Aeronomy Part A*, New York: Academic Pres.
- Bartels, J. (1957). The technique of scaling indices K and Q of geomagnetic activity. *Ann. Intern. Geophys.*, 4, 215-226.
- Belikovich, V. V., Benediktov, E. A., Tolmacheva, A. V. ve Bakhmetieva, N. V. (2002). *Ionospheric Research by Means of Artificial Periodic Irregularities*. Katlenburg-Lindau, Germany:Copernicus.
- Bhawre, P., Kishore, K., Dogra, S. K., Purohit, P. K., Waheed, M. A., Khatarkar, P. ve Atulkar, R. (2015). Characteristic of ionospheric foF2 and solar indices during the 23rd solar cycle over high latitude station, Syowa, Antarctica. *American Journal of Climate Change*, 04(5), 408-416. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2015.45033>



- Blaunstein, N. ve Plohotniuc, E. (2008). *Ionosphere and Applied Aspects of Radio Communication and Radar*. New York, USA: CRC Press.
- Brad, A. J., Mann, M. E. ve Ammann, C. M. (2003). Proxy evidence for an El Niño-like response to volcanic forcing. *Nature*, 426(6964), 274-278. <https://doi.org/10.1038/nature02101>
- Bursa, N. (2019). *Bağımsız Bileşenler Analizi ile Çoklu Bağlantı Sorununa Bir Yaklaşım* [Yüksek Lisans Tezi]. Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Calais, E. & Bernard Minster, J. (1996). GPS detection of ionospheric perturbations following a space shuttle ascent. *Geophysical Research Letters*, 23(15), 1897-1900. <https://doi.org/10.1029/96GL01256>
- Campbell, W. H. (2003). *Introduction to Geomagnetic Fields*. Cambridge, USA: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139165136>
- Chapman, S. ve Ferraro, V. C. A. (1930). A New Theory of Magnetic Storms. *Nature*, 126(3169), 129-130. <https://doi.org/10.1038/126129a0>
- Chen, P. (1992). Evidence of the ionospheric response to the QBO. *Geophysical Research Letters*, 19(11), 1089-1092. <https://doi.org/10.1029/91GL01564>
- Chernogor, L. F. ve Blaunstein, N. (2016). *Radiophysical and Geomagnetic Effects of Rocket Burn and Launch in the Near-the-Earth Environment*. New York, USA: CRC Press.
- Chiang, L. H. ve Braatz, R. D. (2003). Process monitoring using causal map and multivariate statistics: Fault detection and identification. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 65(2), 159-178. [https://doi.org/10.1016/S0169-7439\(02\)00140-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7439(02)00140-5)
- Ciraolo, L., Azpilicueta, F., Brunini, C., Meza, A. ve Radicella, S. M. (2007). Calibration errors on experimental slant total electron content (TEC) determined with GPS. *Journal of Geodesy*, 81, 111–120. <https://doi.org/10.1007/s00190-006-0093-1>
- Coker, C. Hunsucker, R. ve Lott, G. (1995). Detection of auroral activity using GPS satellites. *Geophysical Research Letters*, 22(23), 3259-3262. <https://doi.org/10.1029/95GL03091>
- Çelik, S. (2013). *Türkiye’de 2001 Krizi Öncesi ve Sonrası Dönemler için Dış Borç Ekonomik Büyüme İlişkisi (1991–2010)* [Yüksek Lisans Tezi]. Gaziantep Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep.
- Çetin, K., Özcan, O. ve Korlaelçi, S. (2017). The interaction between stratospheric monthly mean regional winds and sporadic-E. *Chinese Physics B*, 26(3), 039401. <https://doi.org/10.1088/1674-1056/26/3/039401>
- Davies, K. (1989). *Ionospheric Radio*. London, U.K: The Institution of Engineering and Technology.
- Davis, C. J., Wild, M. N., Lockwood, M. ve Tulunay, Y. K. (1997). Ionospheric and geomagnetic responses to changes in IMF BZ: a superposed epoch study. *Annales Geophysicae*, 15(2), 217-230.
- Davis, T. N. ve Sugiura, M. (1966). Auroral electrojet activity index AE and its universal time variations. *Journal of Geophysical Research*, 71(3), 785-801. <https://doi.org/10.1029/JZ071i003p00785>

- Dickey, D. A. ve Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431.
- Duru, Ö. (2007). *Zaman Serileri Analizinde Arıma Modelleri ve Bir Uygulama* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Echer, E. (2007). On the quasi-biennial oscillation (QBO) signal in the foF2 ionospheric parameter. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 69, 621-627. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2006.11.001>
- Enders, W. (1995). *Applied Econometric Time Series* (4th ed). New Jersey, USA: Wiley.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica*, 50(4), 987. <https://doi.org/10.2307/1912773>
- Freeman, M. P. ve Morley, S. K. (2009). No evidence for externally triggered substorms based on superposed epoch analysis of IMF. *Geophysical Research Letters*, 36(21), L21101. <https://doi.org/10.1029/2009GL040621>
- Georgia State University. (t.y.). Magnetic Field of the Earth. Erişim adresi: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/MagEarth.html>
- Gouriéroux, C. (1997). *ARCH Models and Financial Applications*. New York, USA: Springer.
- Gökçöl, O. (1991). *Interplanetary Magnetic Field and Its Possible Effects on the Ionospheric Critical Frequencies* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Grocott, A., Wild, J. A., Milan, S. E. ve Yeoman, T. K. (2009). Superposed epoch analysis of the ionospheric convection evolution during substorms: Onset latitude dependence. *Ann. Geophys.*, 27, 591–600.
- Gujarati, D. (2002). *Basic Econometrics* (4th ed). New York, USA: McGraw-Hill.
- Gunnarsdóttir, E. L. (2014). Earth's magnetic field. İçinde H. Herrmann & H. Bucksch (Ed.), *Dictionary Geotechnical Engineering*. Berlin, Germany: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41714-6\\_50293](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41714-6_50293)
- Gümrükcü, O. (2009). *Gps Sinyalleri İle Konum Belirlemede İyonosferik Etkilerin İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ho, C. M., Mannucci, A. J., Lindqwister, U. J., Pi, X. ve Tsurutani, B. T. (1996). Global ionosphere perturbations monitored by the Worldwide GPS Network. *Geophysical Research Letters*, 23(22), 3219-3222. <https://doi.org/10.1029/96GL02763>
- Houminer, Z. ve Soicher, H. (1996). Improved short-term predictions of f<sub>o</sub>F<sub>2</sub> using GPS time delay measurements. *Radio Science*, 31(5), 1099-1108. <https://doi.org/10.1029/96RS01965>
- International GNSS Service (IGS). (t.y.). Network. Erişim adresi: <http://www.igs.org/network>
- İyonosfer Araştırma Laboratuvarı (IONOLAB). (t.y.). IONOLAB-TEC Yazılımı. Erişim adresi: <http://www.ionolab.org/>

- Jacobs, J. A. (1970). *Geomagnetic Micropulsations*. Berlin, Germany: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-86828-3>
- Jankowski, J. ve Sucksdorff, C. (1996). *IAGA Guide for Magnetic Measurements and Observatory Practice*. Warsaw, Poland: International Association of Geomagnetism and Aeronomy.
- Kaiser, T. H. (1962). The first suggestion of an ionosphere. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 24(10), 865. [https://doi.org/10.1016/0021-9169\(62\)90183-6](https://doi.org/10.1016/0021-9169(62)90183-6)
- Karatay, S. (2010). *Deprem ile İyonküredeki Toplam Elektron İçeriği Arasındaki İlişkinin Araştırılması* [Doktora Tezi]. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Kavanagh, A. J. (2002). *Energy Deposition in the Lower Auroral Ionosphere Through Energetic Particle Precipitation* [Doktora Tezi]. Lancaster Üniversitesi, İngiltere.
- Kavanagh, L. D. (1967). Discussion of paper by M. P. Nakada and G. D. Mead, 'Diffusion of protons in the outer radiation belt'. *Journal of Geophysical Research*, 72(23), 6120-6121. <https://doi.org/10.1029/JZ072i023p06120>
- Kelley, M. C. (2009). *The Earth's Ionosphere: Plasma Physics and Electrodynamics*. California, USA: Academic Press.
- King, J. W. ve Kohl, H. (1965). Upper atmospheric winds and ionospheric drifts caused by neutral air pressure gradients. *Nature*, 206(4985), 699-701. <https://doi.org/10.1038/206699a0>
- Kivelson, M. G. ve Russell, C. T. (1995). *Introduction to Space Physics*. New York, USA: Cambridge University Press.
- Klein, B. (1977). The demand for quality-adjusted cash balances: Price uncertainty in the U.S. demand for money function. *Journal of Political Economy*, 85(4), 691-715. <https://doi.org/10.1086/260596>
- Kozalı, J. (2007). *Dış Borç Sorunu ve Dış Borçların Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Türkiye Örneği* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Kurt, K. (2016). *İyonkürenin F2 Bölgesi Ekvatorial Anomalisi ile QBO Arasındaki İlişki* [Doktora Tezi]. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Kutiev, I., Tsagouri, I., Perrone, L., Pancheva, D., Mukhtarov, P., Mikhailov, A., Miquel Torta, J. (2013). Solar activity impact on the Earth's upper atmosphere. *Journal of Space Weather and Space Climate*, 3, A06. <https://doi.org/10.1051/swsc/2013028>
- Kutlar, A. (2002). *Eş-Bütünleme Türkiye'de Para Talebi ve Döviz Kuru Uygulaması*. Ankara: Yargı Yayınevi.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P. ve Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159-178. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(92\)90104-Y](https://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-Y)
- Lanza, R. ve Meloni, A. (2006). *The Earth's Magnetism: An Introduction for Geologists*. Berlin, Germany: Springer.
- Love, J. J. (2008). Magnetic monitoring of earth and space. *Physics Today*, 61(2), 31-37. <https://doi.org/10.1063/1.2883907>
- Maeda, K. (1952). Dynamo-theoretical conductivity and current in the ionosphere. *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity*, 4(2), 63-82. <https://doi.org/10.5636/jgg.4.63>

- Mandelbrot, B. (1963). The variation of certain speculative prices. *The Journal of Business*, 36(4), 394-419.
- Mass, C. F. ve Portman, D. A. (1989). Major volcanic eruptions and climate; a critical evaluation. *Journal of Climate*, 2, 566-593.
- Mayaud, P. N. (1980). *Derivation, Meaning, and Use of Geomagnetic Indices*. Washington, D.C.: American Geophysical Union. <https://doi.org/10.1029/GM022>
- Martyn, D. F. (1953). Electric currents in the ionosphere-ionization drift due to winds and electric fields. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 246(913), 306-320. <https://doi.org/10.1098/rsta.1953.0018>
- Matzka, J., Chulliat, A., Manda, M., Finlay, C. C. ve Qamili, E. (2010). Geomagnetic Observations for Main Field Studies: From Ground to Space. *Space Science Reviews*, 155(1-4), 29-64. <https://doi.org/10.1007/s11214-010-9693-4>
- Mendillo, M. (2006). Storms in the ionosphere: Patterns and processes for total electron content. *Reviews of Geophysics*, 44, RG4001. <https://doi.org/10.1029/2005RG000193>
- Menvielle, M. ve Berthelier, A. (1991). The K-derived planetary indices: Description and availability. *Reviews of Geophysics*, 29(3), 415-432. <https://doi.org/10.1029/91RG00994>
- Metin, M. (2013). *Türkiye Turizm Talebinin Ekonometrik Modellemesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Merrill, R. T. ve McElhinny, M. W. (1988). *The earth's magnetic field: Its history, origin and planetary perspective*. London, England: Academic Press.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A. ve Vining, G. G. (2012). *Introduction to Linear Regression Analysis* (5. ed). New Jersey, USA: Wiley.
- Mullan, D. J. (2010). *Physics of the sun: A first course*. New York, USA: CRC Press.
- NASA. (t.y.). Open Data Portal. Erişim adresi: <ftp://cddis.nasa.gov/>
- National Centers for Environmental Information (NCEI). (t.y.). Auroral Electrojet Index (AE). Erişim adresi: <https://www.ngdc.noaa.gov/stp/geomag/ae.html#:~:text=Defined%20and%20developed%20by%20Davis,between%20the%20interplanetary%20magnetic%20field>
- Oakland, J. S. ve Followell, R. F. (1990). *Statistical Process Control*. London, England: Butterworth-Heinemann. <http://doi.wiley.com/10.1002/qre.4680060517>
- Pearson, K. (1896). VII. Mathematical contributions to the theory of evolution.-III. Regression, heredity, and panmixia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character*, 187, 253-318. <https://doi.org/10.1098/rsta.1896.0007>
- Phillips, P. C. B. ve Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346. <https://doi.org/10.1093/biomet/75.2.335>
- Plendl, H. (1932). Concerning the influence of eleven-year solar activity period upon the propagation of waves in wireless technology. *Proc. Inst. Radio Eng.*, 20, 520-539.
- Prölss, G. W. (2004). *Physics of the Earth's Space Environment*. Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-97123-5>

- Rangarajan, G. K. (1989). *Indices of Geomagnetic Activity*. London, England: Academic Press.
- Ratcliffe, J. A. (1956). The formation of the ionospheric layers F-1 and F-2. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 8, 260–269.
- Ratcliffe, J. A. (1960). *Physics of the Upper Atmosphere*. New York, USA: Academic Press.
- Rishbeth, H. ve Garriott, O. K. (1969). *Introduction to Ionospheric Physics*. New York, USA: Academic Press.
- Sağır, S. (2013). *QBO'nun İyonküre Üzerindeki Etkisi* [Doktora Tezi]. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Sağır, S. ve Atıcı, R. (2019). Jeomanyetik fırtına süresince NeQuick2 modelinin performansı. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 689-696. <https://doi.org/10.18586/msufbd.650664>
- Schunk, R. W. ve Nagy, A. F. (2000). *Ionospheres: Physics, Plasma Physics and Chemistry*. New York, USA: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511551772>
- Sergeenko, N. P. (2018). Irregular phenomena in magnetically conjugate regions of the F2 layer of the ionosphere. *Geomagnetism and Aeronomy*, 58(6), 823-830. <https://doi.org/10.1134/S0016793218060166>
- Sjölander, P. (2011). A stationary unbiased finite sample ARCH-LM test procedure. *Applied Economics*, 43(8), 1019-1033. <https://doi.org/10.1080/00036840802600046>
- Space Physics Data Facility (SPDF). (t.y.-a). Corrected Geomagnetic Coordinates and IGRF/DGRF Model Parameters. Erişim adresi: <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/vitmo/cgm.html>
- Space Physics Data Facility (SPDF). (t.y.-b). OMNIWEB. Erişim adresi: <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>
- Sümer, Y. F. (2004). *Yapay Sinir Ağı Modeli İle İyonosferik Kritik Frekans Tahmini* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Space Weather. (t.y.). The Interplanetary Magnetic Field. Erişim adresi: <https://spaceweather.com/glossary/imf.html>
- Space Weather Prediction Center (SWPC). (t.y.). Total Electron Content. Erişim adresi: <https://www.swpc.noaa.gov/phenomena/total-electron-content>
- Songül, H. (2010). Otoresif koşullu değişen varyans modelleri: Döviz kurları üzerine uygulama. *Uzmanlık Yeterlilik Tezi, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Araştırma ve Para Politikası Genel Müdürlüğü, Ankara*.
- Tang, W., Xue, X. H., Lei, J. ve Dou, X. K. (2014). Ionospheric quasi-biennial oscillation in global TEC observations. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 107, 36-41. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2013.11.002>
- Timoçin, E. (2011). *foF2 Frekansının Uzun Süreli Değişiminin Yer'in Manyetik Alanı ile İlişkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

- Timoçin, E. (2016). 20. ve 21. Güneş Döngüsünün Azalan Dönemi Süresince İyonosferik Orta Enlem foF2 Değişiminin Zamana Bağlılığının İncelenmesi ve Ariel 4 Uydusundan Alınan Elektron Yoğunluğu Sonuçlarıyla Karşılaştırılması [Doktora Tezi]. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Tinsley, B. A., Brown, G. M. ve Scherrer, P. H. (1989). Solar variability influences on weather and climate: Possible connections through cosmic ray fluxes and storm intensification. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 94(D12), 14783-14792. <https://doi.org/10.1029/JD094iD12p14783>
- Tulunay, Y. (1994). Interplanetary magnetic field and its possible effects on the mid-latitude ionosphere II. *Annali Di Geofisica*, 37(2), 193-200.
- Tulunay, Y. K. (1973). Global electron density distributions from the Ariel 4 satellite at mid-latitudes during quiet magnetic periods. *J. Atmosph. Terr. Phys.*, 35, 233-254.
- Turan, E. (2006). *Elektron Yoğunluğu ile Jeomanyetik İndeksler Arasındaki İlişki* [Yüksek Lisans Tezi]. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Türel, N., Aktaş, E. ve Arıkan, F. (2007). TEC statistics and correlogram applications. *IEEE 15th Signal Processing and Communications Applications*, pp.1-4, Eskisehir, doi: 10.1109/SIU.2007.4298639.
- Tüzen, M. F. (2012). *Türkiye Turizm Gelirinin Öngörüsünde Zaman Serilerinin Bileşenlerine Ayrıştırılarak Yapay Sinir Ağları ve Box-jenkins Yöntemleri ile Karşılaştırmalı Analizi* [Yüksek Lisans Tezi]. Kafkas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kars.
- Ulukavak, M., ve Yalçinkaya, M. (2014). Toplam elektron içeriği (TEC) değerleri ve deprem ilişkisinin incelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 107-116. <https://doi.org/10.17714/gufbed.2014.04.008>
- Ünal, İ. (1997). *Elektron Sıcaklığının İyonküre Plazmasının Elektrik İletkenliğine Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Ünal, İ., Özcan, Ö. ve Canyılmaz, M. (2004). The effect of the ionospheric plasma on the HF radio wave amplitude in vertical propagation. *Balkan Physics Letter*, 12(4), 202-209.
- Van Sabben, D. (1966). Magnetospheric currents, associated with the N-S asymmetry of Sq. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 28(10), 965-982. [https://doi.org/10.1016/S0021-9169\(17\)30026-0](https://doi.org/10.1016/S0021-9169(17)30026-0)
- Volland, H. (1984). *Atmospheric Electrodynamics*. Berlin, Germany: Springer.
- Wanliss, J., Cornélissen, G., Halberg, F., Brown, D. ve Washington, B. (2018). Superposed epoch analysis of physiological fluctuations: Possible space weather connections. *International Journal of Biometeorology*, 62(3), 449-457. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1453-7>
- Weimer, D. R., Maynard, N. C., Burke, W. J., & Liebrecht, C. (1990). Polar cap potentials and the auroral electrojet indices. *Planetary and Space Science*, 38(9), 1207-1222. [https://doi.org/10.1016/0032-0633\(90\)90028-O](https://doi.org/10.1016/0032-0633(90)90028-O)
- Yadav, S., Dabas, R. S., Das, R. M., Upadhyaya, A. K., Sarkar, S. K. ve Gwal, A. K. (2011). Variation of F-region critical frequency (foF2) over equatorial and low-latitude region of the Indian zone during 19th and 20th solar cycle. *Advances in Space Research*, 47(1), 124-137. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2010.09.003>

- Yamazaki, Y. ve Maute, A. (2017). Sq and EEJ-A review on the daily variation of the geomagnetic field caused by ionospheric dynamo currents. *Space Science Reviews*, 206(1-4), 299-405. <https://doi.org/10.1007/s11214-016-0282-z>
- Yapıcı, T. (2007). *Influencesa of Interplanetarymagnetic Field on the Variability of the Aerospace Media* [Yüksek Lisans Tezi]. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldırım, H. (2020). *Küresel İyonosfer Haritalarının Performansının Türkiye Üzerinde Değerlendirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Yonezawa, T. (1956). A new theory of formation of the F2-layer. *J. Radio Res. Labs*, 3, 1-16.
- Yüksel, D. (2015). *Arap Baharı'ndan Etkilenen Yakın ve Orta Doğu Ülkeleri ile Türkiye Arasındaki İthalat ve İhracat Miktarlarının ARIMA Modelleri ile İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Yüksel, N. (2015). *Ekvatorial Stratokürede Yaklaşık İki Yılda Bir Meydana Gelen Salınımların İyonkürenin D-Bölgesi Nötr Bileşenleri Üzerindeki Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Muş Alparslan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muş.
- Zhang, J., Liemohn, M. W., Kozyra, J. U., Thomsen, M. F., Elliott, H. A. ve Weygand, J. M. (2006). A statistical comparison of solar wind sources of moderate and intense geomagnetic storms at solar minimum and maximum. *Journal of Geophysical Research*, 111, A01104. <https://doi.org/10.1029/2005JA011065>
- Zhao, H. ve Zong, Q. G. (2012). Seasonal and diurnal variation of geomagnetic activity: Russell - McPherron effect during different IMF polarity and/or extreme solar wind conditions. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 117(A11), n/a-n/a. <https://doi.org/10.1029/2012JA017845>

## ÖZGEÇMİŞ

### Serhat KORLAELÇİ

#### KİŞİSEL BİLGİLER

**Doğum Tarihi** : 19.03.1980  
**Doğum Yeri** : Adana  
**Uyruğu** : T.C.  
**E-posta** : s.korlaelci@alparslan.edu.tr  
**Yabancı Dil** : İngilizce

#### ÖĞRENİM DURUMU

**Lisans** : 2006, İnönü Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü  
**Yüksek Lisans** : 2013, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği Bilim Dalı  
**Y. Lisan Tezi** : Elektron Sıcaklığının İyonosferik Plazmada İlerleyen Radyo Dalgasının Sönümüne Etkisi  
**Doktora** : 2020, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği Bilim Dalı

#### MESLEKİ DENEYİM

**2009 - .....** : Muş Alparslan Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Araştırma görevlisi

#### ESERLER

##### Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler:

1. Atıcı, R. ve Korlaelçi, S. (2017). The effect of IMF-Bz and f10.7 solar flux on neutral molecule density of ionospheric E-region. *Journal of Physical Science and Application*, 7(3), 66-70. <https://doi.org/10.17265/2159-5348/2017.03.009>
2. Çetin, K., Özcan, O. ve Korlaelçi, S. (2017). The interaction between stratospheric monthly mean regional winds and sporadic-E. *Chinese Physics B*, 26(3), 039401. <https://doi.org/10.1088/1674-1056/26/3/039401>



### **Ulusal Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler:**

1. Sağır, S., Atıcı, R. ve Korlaelçi S. (2017). The investigation of relationship between quasi-biennial oscillation and NeQuick Model for ionospheric E-region. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(2), 550-557. DOI:http:10.7212%2Fzkufbd.v7i2.564

### **Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında (Proceedings) Basılan Bildiriler**

1. Sağır, S., Korlaelçi, S. ve Atıcı, R. (2011, Eylül). *Relationship between 11 year sunspot cycle and quasi biennial oscillation*, TFD 28. Uluslararası Fizik Kongresi, Bodrum.
2. Atıcı, R., Güzel, E., Canyılmaz, M., Sağır, S. ve Korlaelçi, S. (2013, Eylül). *The variation depend on lightning induced electromagnetic modes of electrical conductivity of the lower ionosphere*, TFD 30. Uluslararası Fizik Kongresi, İstanbul.
3. Sağır, S., Özcan, O., Atıcı, R. ve Korlaelçi, S. (2013, Eylül). *The effect over neutral compenent of the lower ionosphere of stratospheric QBO*, TFD 30. Uluslararası Fizik Kongresi, İstanbul.
4. Atıcı, R., Güzel, E., Sağır, S. ve Korlaelçi, S. (2014, Temmuz). *The effect on AC and DC electrical conductivity of the lower ionosphere of polarized modes of lightning induced electromagnetic wave*, TFD 31. Uluslararası Fizik Kongresi, Bodrum.
5. Korlaelçi, S., Sağır, S., Özcan, O. ve Atıcı, R. (2014, Temmuz). *The relationship between QBO and electron density of D-region of ionosphere*, TFD 31. Uluslararası Fizik Kongresi, Bodrum.
6. Sağır, S., Korlaelçi, S. ve Atıcı, R. (2014, Temmuz). *The relationship between stratospheric QBO and electron density of E-region of ionosphere*, TFD 31. Uluslararası Fizik Kongresi, Bodrum.
7. Atıcı, R. ve Korlaelçi, S. (2017, Eylül). *The Effect of IMF-Bz and F10.7 solar flux on N<sub>2</sub> density of ionospheric E-Region*, TFD 33. Uluslararası Fizik Kongresi, Bodrum.
8. Korlaelçi, S. ve Atıcı, R. (2017, Eylül). *The possible effect on the neutral molecule (O<sub>2</sub>) density of IMF-Bz and F10.7 solar flux*, TFD 33. Uluslararası Fizik Kongresi, Bodrum.

### **Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında (Proceedings) Basılan Bildiriler**

1. Korlaelçi, S., Ünal, İ. ve Yeşil A. (2012, Eylül). *adyabatik ses hızının iyonosferik plazmada ilerleyen ordinari dalganın sönümüne etkisi*, VI. URSI (Union Radio Science International)-Türkiye Bilimsel Kongresi, Doğu Üniversitesi, İstanbul.

### **PROJELERDE YAPTIĞI GÖREVLER:**

1. Projenin Adı: Improved cross-sectional model basic reactions for F2-region of ionosphere using measured cross-section data (BAP-18-TBMYO-4905-01), 2018-....

Destekleyen Kuruluş(lar): Muş Alparslan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi-Kharkiv İyonosfer Enstitüsü/Ukrayna (Uluslararası İşbirliği Projesi).

Projedeki Görevi: Araştırmacı

2. Projenin Adı: Bilim Şenliği ve Sergisi Projesi (No: 167877), 10.10.2017-12.10.2017.

Destekleyen Kuruluş(lar): Kalkınma Bakanlığı

Projedeki Görevi: Araştırmacı

