

## ARIEL 4 UYDUSU VERİLERİYLE CUSP BÖLGESİ SINIRLARININ SAPTANMASI

Gülçin KANDEMİR ve Yurdanur TULUNAY

İ.T.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi, İstanbul

İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, İstanbul

**ÖZET.** Yerel ögle saatlerinde birkaç saatlik bir aralikta yukarı enlemlere yumuşak parçacıklar yağmaktadır. Gezegenlerarası magnetik alanla yer magnetik alanının etkileşimi sonucu bu parçacıkların yer atmosferine girebileceği bu nötr bölgeye buradaki magnetik alan çizgilerinin biçimini nedeniyle "cusp" adı verilmiştir. Daha önce elektron yoğunluğunun  $78^\circ$  ve  $82^\circ$  invariant enlemelerinde birer maksimum gösterdiği ve bu enlemler arasında ise düzensiz yoğunluk değişimleri olduğu gözlenmiştir (1).

Bu çalışmada 3 Şubat-7 Mayıs 1972 tarihlerini kapsayan Ariel 4 uydusu verileri kullanılarak cusp'ın sınırları olduğu varsayılan bu enlemlerde elektron yoğunlukları incelenmiştir.

## I. GİRİŞ

Gezegenlerin magnetik alanı güneş rüzgarına karşı bir kalkan görevi yapar. Güneş rüzgarı süpersonik olduğundan güneş tarafında parabolik yakın biçimde bir şok dalgası oluşur. Gündüz tarafında magnetik alan çizgilerinin kapalı olmasına karşın gece tarafındaki bir kuyruk oluşturur (Şekil 1, (2)). Bunların arasında kalan magnetik alanın zayıf olduğu hilal ucu biçimindeki bölgeye "cusp" adı verilir. Cusptan girebileceği düşünülen güneş rüzgarı parçacıklarının atmosferin neresine kadar girdiği ve magnetosfer plazmasına hangi oranda katkıda bulunduğu bugün hala tam olarak bilinmemektedir. Yerel zamanla ögle saatlerinde birkaç saatlik dar bir bölgeyi kapsayan cuspta (Şekil 2,(3)) parçacık sayısının artışı, fakat buraya daha az enerjili parçacıkların yağmakta olduğu bilinmektedir.

## II. CUSP BÖLGESİNİN SINIRLARI

Muldrew (1) cusp bölgesini 200 - 1400 km arasında değişen yüksekliklerde incelediğinde  $4^{\circ}$ - $9^{\circ}\Lambda$  (invariant enlem) genişliğinde bir bölgeyi kapsadığını gördü. Ayrıca cusp bölgesinin sınırlarında elektron yoğunluğunun iki yerde maksimum olduğunu, bunların arasında ise genel bir artma gösteren yoğunluk değişimlerinin düzensiz olduğunu gözlemdi.  $73^{\circ}$ - $78^{\circ}\Lambda$  daki birinci maksimumu cuspın ekvator tarafındaki sınırı,  $82^{\circ}$  deki ikinci maksimumu ise cuspın kutup tarafındaki sınırı olarak yorumladı.

Bu çalışmada Ariel 4 uydusu verileri (4) kullanılarak cusp bölgesinin konumu yeniden incelenmiştir.

Dönem süresi 95 dakika olan Ariel 4 uydusunun yüksekliği 471 km-611 km arasında değişmekteydi. Bu çalışmada, Ariel 4 uydusu elektron yoğunluğu verilerinin 3 Şubat-7 Mayıs 1972 tarihleri arasındaki bütün yerel zamanları kapsayan 94 günlük kısmı kullanılmıştır.

## III. VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

Bu çalışmada öğlen saatlerinde ve yüksek invariant enlemlerdeki elektron yoğunlukları incelenmiştir. Aynı yerel (LT) ve jeomagnetik yerel (GMLT) saatlere ait veriler seçilerek güneş rüzgarı ile jeomagnetik alanın birbirini bozucu etkileri yok edilmeye çalışıldı. Aynı LT ve GMLT saatlerinin kullanımı cusp bölgesinin daha iyi belirlenmesine yardımcı oldu. Çizelge 1 de evrensel zaman (UT) ve  $10^{\circ}$ lik invariant enlem aralıkları için elektron yoğunlıklarının bir saatlik ortalamaları verilmektedir. Veri azlığı nedeniyle şekillerde gözönüne alınan aynı LT ve GMLT saatlerine ait veriler ayrıca evrensel zaman gruplarına ayrılamamıştır. Halbuki farklı evrensel zamanlarda elektron yoğunluklarında farklılıklar olduğu bilinmektedir (5).

Çizelge 2de 1972nin 35inci-126inci günleri için her günde veri sayısı 10-15 arasındaki GMLT saatleri için verilmektedir.

Şekil 3de  $30^{\circ}$ - $90^{\circ}\Lambda$  için aynı LT ve GMLT saatlerindeki verilerin tümü görülmektedir.  $70^{\circ}$  -  $80^{\circ}\Lambda$  arasındaki değerlerin yüksek olduğu

ve  $90^\circ \Lambda$  yakınında yoğunluğun düşüğü gözleniyor.

Şekil 4 ve 5,  $K_p$  magnetik indisinin elektron yoğunluğuna etkisini gösteriyor. Şekil 4,  $K_p$  nin 0 olduğu sakin günler için, şekil 5 ise  $K_p$  nin 5 olduğu aktif günler için çizilmiştir. Fırtınalı günlerde şekil 3 deki genel trendin kaybolduğu gözleniyor.

Şekil 6-9 da LT ve GMLTnin her ikisinin de  $11^h, 12^h, 13^h$  ve  $14^h$  olduğu zamanlarda invariant enleme göre elektron yoğunluğu değişimleri verilmektedir. Veri azlığı nedeniyle  $11^h$  ve  $14^h$  için anlamlı bir sonuca varılamamaktadır.  $12^h$  ve  $13^h$  e ait şekiller ise şekil 3deki genel trendi vermektedir.

Cuspı belirlemesini beklediğimiz şekil 7,  $GMLT=12^h$  ve  $LT=12^h$  için çizilmiş olup,  $76^\circ-77^\circ \Lambda$  da başlayan yüksek değerlerin  $82^\circ \Lambda$  ya kadar devam ettiğini görüyoruz. Bu sınırlar daha önceki çalışmalara (1) uygunluk göstermektedir ve elektron yoğunluğunun  $5^\circ-6^\circ$ lik bir bölgede fazlalık göstermesi Ariel 4ün bulunduğu  $\sim 500-600$  km lik yükseklikler için uygundur.

#### IV. SONUÇ

- 1- Cuspın gerek ekvator tarafındaki, gerek kutup tarafındaki sınırları daha önceki çalışmalara uygun olarak saptanmıştır.
- 2-  $GMLT=12^h$  ve  $LT=12^h$  için elektron yoğunlığında yüksek enlemlerde gözlenen fazlalık yalnız  $LT=12^h$  alınıp tüm GMLT değerleri ile incelendiğinde görülememektedir. Güneş rüzgarı ile yer magnetik alanının verileri farklı etkileyişini bu çalışmadaği yöntemle gidermek mümkün gibi görünmektedir.

Gizelgeler

Çizelge 1. Her bir evrensel saat için ve  $10^0 \Lambda$  aralıkları için elektron yoğunluklarının saatlik ortalamaları.

Çizelge 2. 10-15 arası GMLT saatleri için her bir güne ait veri sayısı.

Sekiller

Şekil 1. Yer magnetosferinin kesiti(2).

Şekil 2. Viking uydusunun parçacık verileri kullanılarak bulunmuş olan cusp ve çevresindeki cleft bölgesinin yapısı(3).

Şekil 3. Tüm veriler için elektron yoğunluğunun invariant enleme göre değişimi.

Şekil 4.  $K_p = 0$  olan günler için elektron yoğunluğunun invariant enleme göre değişimi.

Şekil 5.  $K_p = 5$  olan günler için elektron yoğunluğunun invariant enleme göre değişimi.

Şekil 6.  $GMLT = 11$  ve  $LT = 11$  saatleri için elektron yoğunluğunun invariant enleme göre değişimi.

Şekil 7.  $GMLT = 12$  ve  $LT = 12$  saatleri için elektron yoğunluğunun invariant enleme göre değişimi.

Şekil 8.  $GMLT = 13$  ve  $LT = 13$  saatleri için elektron yoğunluğunun invariant enleme göre değişimi.

Şekil 9.  $GMLT = 14$  ve  $LT = 14$  saatleri için elektron yoğunluğunun invariant enleme göre değişimi.

## Kaynaklar

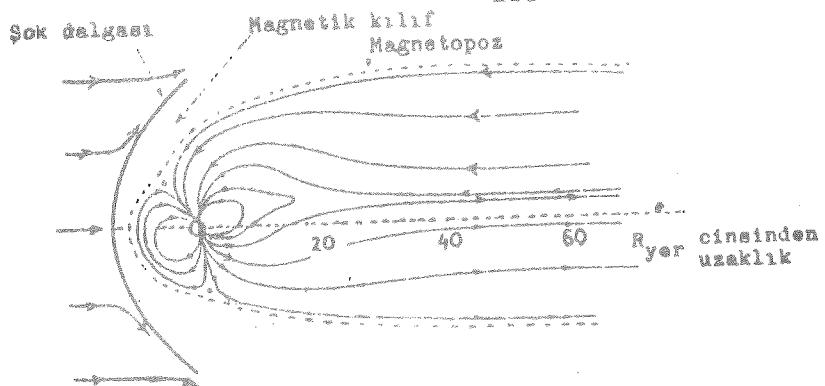
- 1- Muldrew, D.B., The Polar Cusp, (J.-A. Holttet and A. Egeland eds.), pp 377-386, D. Reidel Pub. Co., Holland, 1985
- 2- Ratcliffe, J.A., An Introduction to the Ionosphere and Magnetosphere, Cambridge Univ. Press, 1972
- 3- Lundin, R., Space Science Reviews, 48, pp 263-320, 1988
- 4- Goodall, C.V., J. Wall and H.D. Hopkins, J. Brit. Inter. Soc., 26, 135, 1973
- 5- Oke G. and Y. Tulinay, "A Further Investigation of the Time Dependence on the Ariel 4 Ambient Electron Densities" (yayınlanacak)

INVLA		30-40		40-50		50-60		60-70		70-80													
UNIT	N	Avg	N	Avg	N	Avg	N	Avg	N	Avg	Total	Avg											
1	11	9	1	1.4E+05	6	1	1.1E+05	9	1	8.6E+04	38	1	7.8E+04	112	1	7.7E+04	1	174	1	9.8E+04	1		
1	2	1	0	0.0E+00	1	0	1	8.2E+04	4	1	7.0E+04	9	1	5.9E+04	1	74	1	7.1E+04	1	87	1	5.6E+04	1
1	3	1	5	1	1.2E+05	3	1	7.7E+04	3	1	7.2E+04	17	1	7.6E+04	1	123	1	7.0E+04	1	151	1	8.2E+04	1
1	4	1	6	1	1.0E+05	10	1	9.2E+04	12	1	6.6E+04	18	1	7.6E+04	1	98	1	7.4E+04	1	142	1	8.2E+04	1
1	5	1	6	1	1.3E+05	9	1	9.1E+04	8	1	8.5E+04	37	1	8.4E+04	1	62	1	7.5E+04	1	122	1	9.3E+04	1
1	6	1	19	1	1.2E+05	10	1	9.1E+04	15	1	8.4E+04	37	1	7.7E+04	1	48	1	6.3E+04	1	129	1	8.7E+04	1
1	7	1	22	1	1.2E+05	14	1	1.0E+05	11	1	9.5E+04	42	1	8.4E+04	1	32	1	7.9E+04	1	121	1	9.6E+04	1
1	8	1	6	1	1.2E+05	10	1	9.9E+04	19	1	8.9E+04	41	1	8.6E+04	1	7	1	9.3E+04	1	85	1	9.7E+04	1
1	9	1	19	1	1.2E+05	16	1	9.6E+04	14	1	8.2E+04	24	1	8.0E+04	1	5	1	8.8E+04	1	78	1	9.3E+04	1
1	10	1	8	1	1.3E+05	5	1	9.7E+04	8	1	8.4E+04	17	1	7.3E+04	1	10	1	6.0E+04	1	40	1	8.2E+04	1
1	11	1	8	1	1.2E+05	10	1	9.0E+04	11	1	9.0E+04	17	1	7.7E+04	1	16	1	9.2E+04	1	62	1	9.5E+04	1
1	12	1	11	1	1.3E+05	2	1	9.7E+04	1	1	9.2E+04	8	1	6.8E+04	1	9	1	7.7E+04	1	31	1	9.3E+04	1
1	13	1	7	1	1.1E+05	1	1	9.2E+04	0	1	0.0E+00	9	1	7.5E+04	1	21	1	8.4E+04	1	38	1	7.2E+04	1
1	14	1	7	1	1.0E+05	4	1	9.4E+04	3	1	5.7E+04	12	1	5.9E+04	1	12	1	8.7E+04	1	38	1	7.9E+04	1
1	15	1	28	1	1.5E+05	8	1	1.0E+05	13	1	7.9E+04	23	1	6.7E+04	1	19	1	9.4E+04	1	91	1	9.6E+04	1
1	16	1	5	1	7.1E+04	17	1	1.0E+05	13	1	7.6E+04	14	1	6.1E+04	1	19	1	7.1E+04	1	68	1	7.5E+04	1
1	17	1	3	1	1.9E+05	7	1	1.5E+05	7	1	9.8E+04	13	1	9.1E+04	1	7	1	9.1E+04	1	37	1	1.2E+05	1
1	18	1	20	1	2.2E+04	4	1	1.6E+05	0	1	0.0E+00	15	1	9.7E+04	1	43	1	7.4E+04	1	81	1	7.1E+04	1
1	19	1	9	1	2.8E+05	2	1	1.8E+05	5	1	1.1E+05	7	1	1.2E+05	1	26	1	8.6E+04	1	49	1	1.6E+05	1
1	20	1	9	1	2.0E+05	15	1	1.6E+05	15	1	1.3E+05	20	1	9.5E+04	1	54	1	8.3E+04	1	113	1	1.3E+05	1
1	21	1	3	1	1.8E+05	6	1	1.6E+05	3	1	1.5E+05	12	1	7.7E+04	1	26	1	9.6E+04	1	50	1	1.3E+05	1
1	22	1	7	1	2.1E+05	4	1	1.7E+05	9	1	1.2E+05	20	1	9.1E+04	1	22	1	7.8E+04	1	62	1	1.3E+05	1
1	23	1	2	1	2.1E+05	1	1	9.2E+04	1	1	7.5E+04	15	1	7.1E+04	1	28	1	8.0E+04	1	47	1	1.1E+05	1
1	24	1	0	1	0.0E+00	0	1	0.0E+00	0	1	0.0E+00	3	1	7.0E+04	1	11	1	7.5E+04	1	14	1	2.9E+04	1
TOTAL	219		164		184		1465		1886		1918												
AVG					1.3E+05		1.1E+05		7.9E+04		7.9E+04		7.9E+04		7.9E+04		9.4E+04						

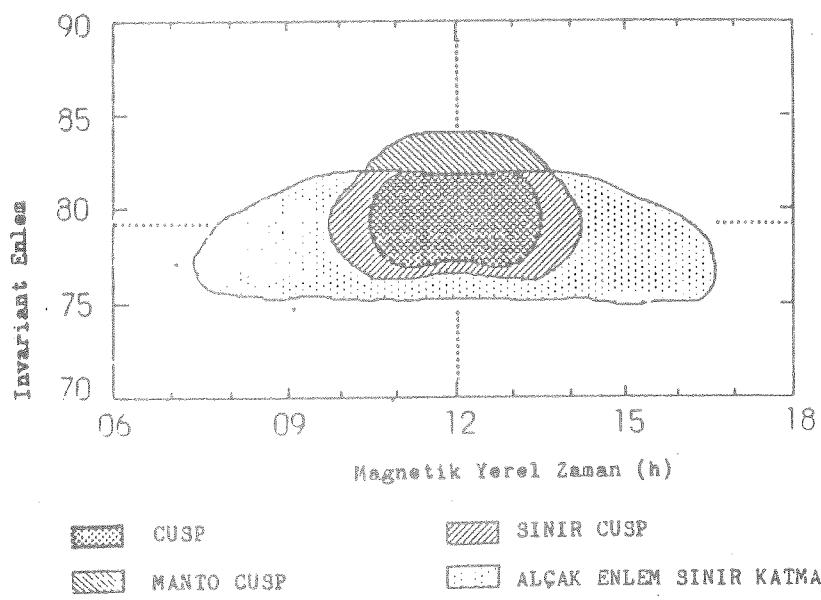
Çizelge 1. Her bir evrensel saat için ve  $10^0 \text{ Å}$  aralıkları için elektron yoğunluklarının saatlik ortalamaları.

DAY	G M L T					TOTAL
	10	11	12	13	14	
35						4
36						3
37						0
38						0
39						0
40						0
45						14
46						15
47						15
48						17
49						18
50						10
51						6
52						4
53						4
54						7
55						7
56						8
57						10
58						5
59						10
60						5
61						8
62						5
63						12
64						8
65						6
74						25
75						15
76						3
77						10
78						5
79						25
80						8
81						40
82						8
83						11
84						12
85						8
86						12
87						8
88						22
89						8
90						15
91						15
92						13
93						13
94						10
95						8
96						12
97						6
98						5
99						10
100						10
101						10
102						5
103						5
104						15
117						5
118						5
119						5
120						5
121						5
122						5
123						3
124						3
125						3
126						1
TOTAL	112	302	529	644	324	7
						1918

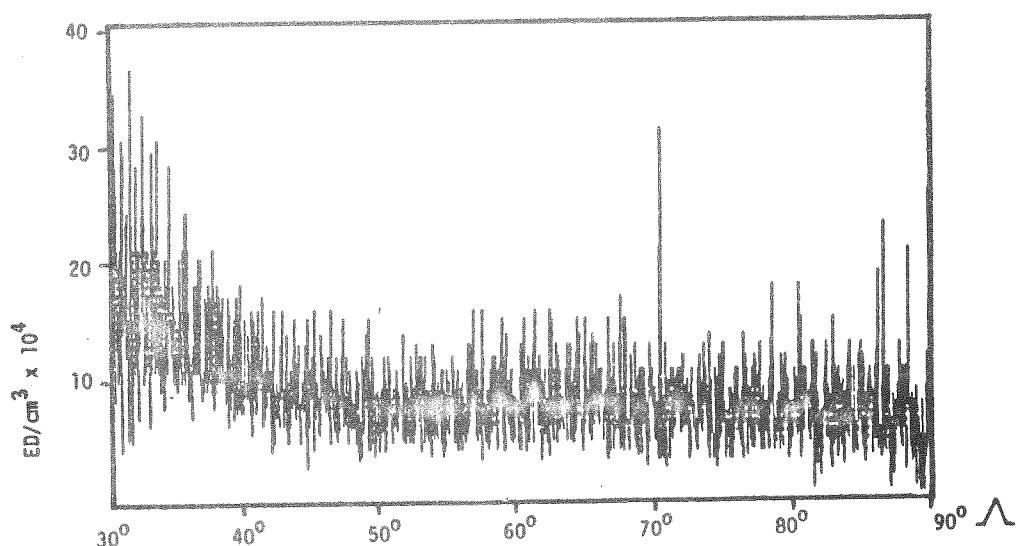
Çizelge 2. 10-15 arası GMLT saatleri için her güne ait veri sayısı.



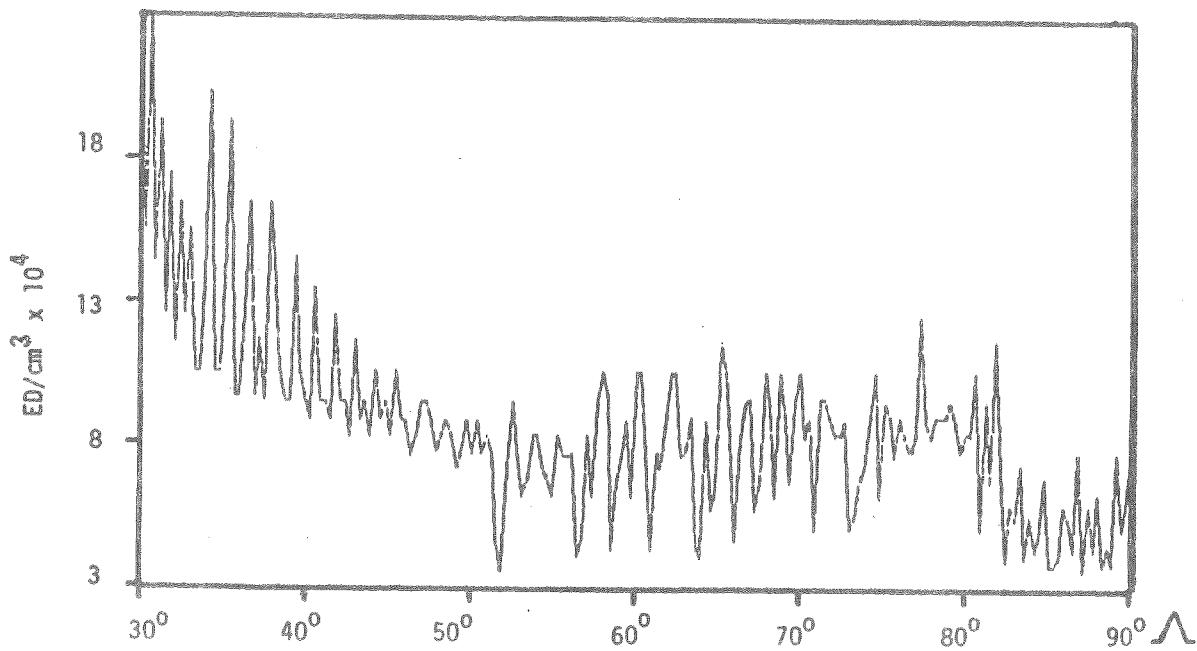
Şekil 1. Yer magnetosferinin kesiti(2).



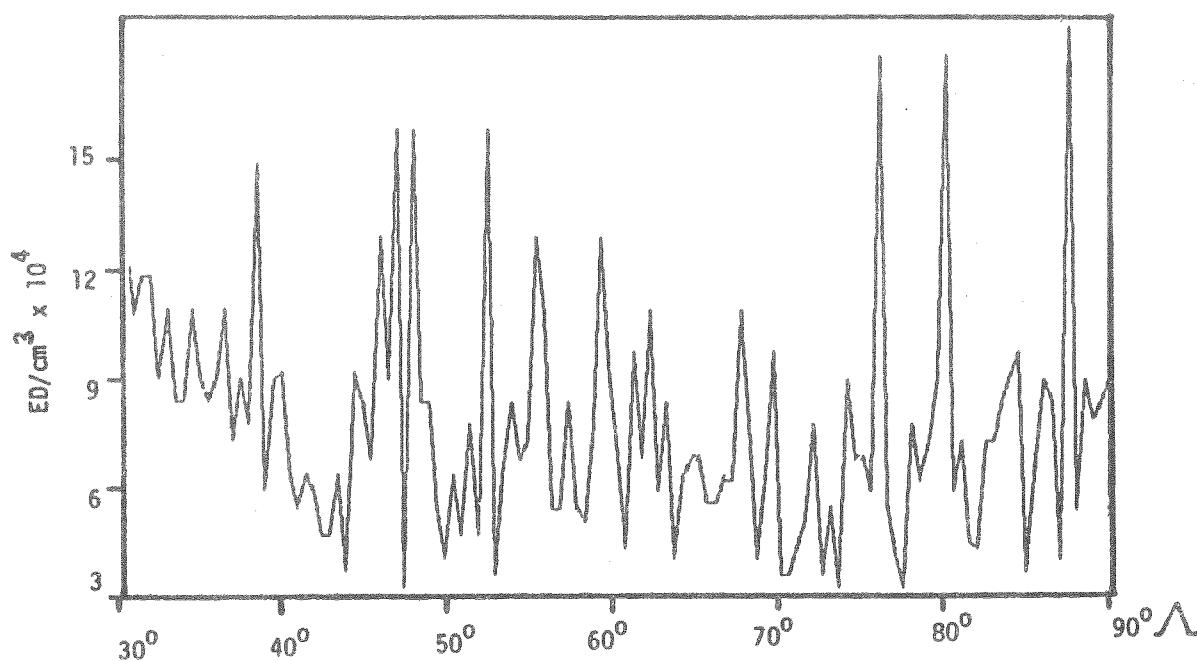
Şekil 2. Viking uydusunun parçacık verileri kullanılarak bulunmuş olan cusp ve çevresindeki cleft bölgesinin yapısı(3).



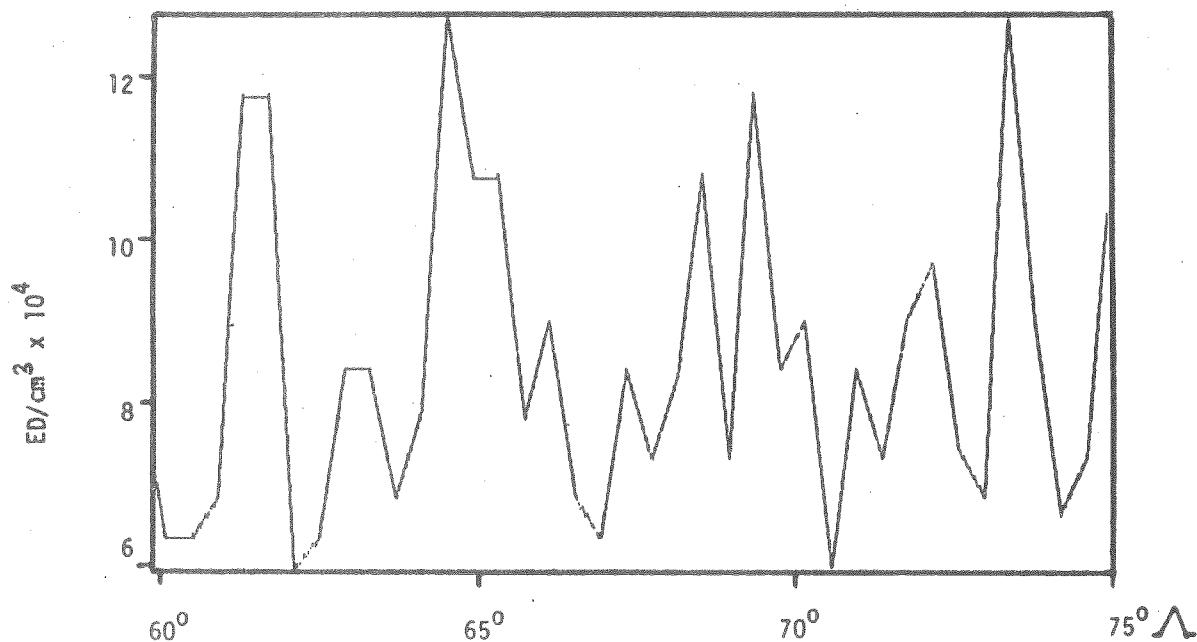
Şekil 3. Tüm veriler için elektron yoğunluğunun invariant enleme göre değişimi.



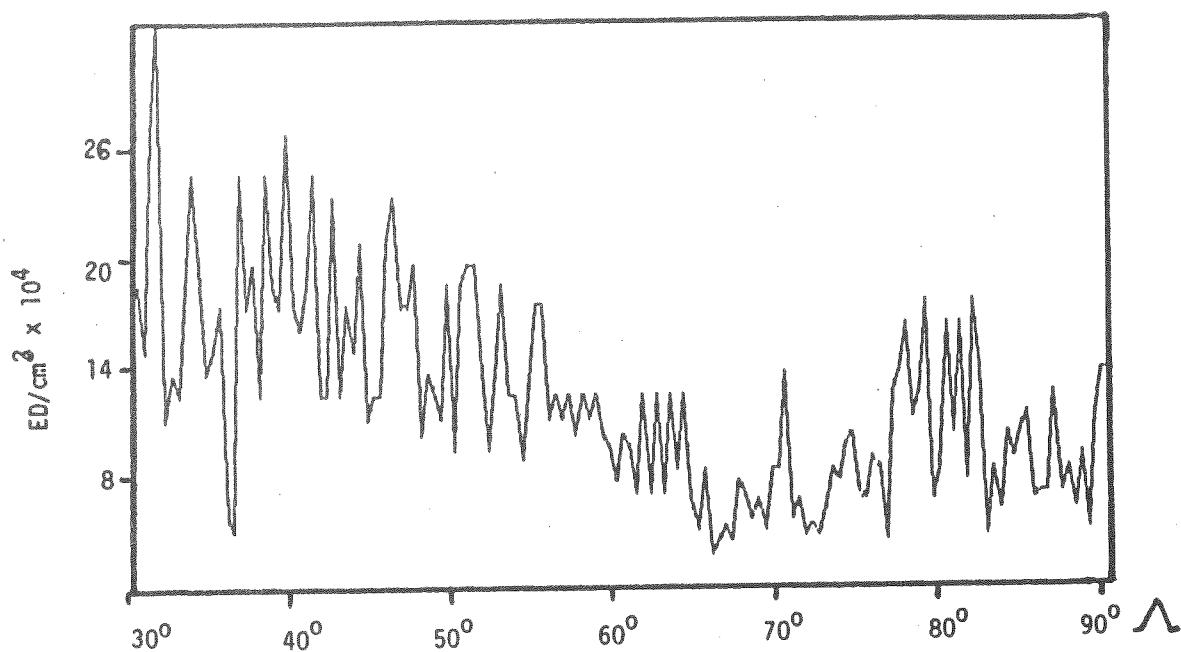
Şekil 4.  $K_p=0$  olan günler için elektron yoğunluğunun invariant enleme göre değişimi.



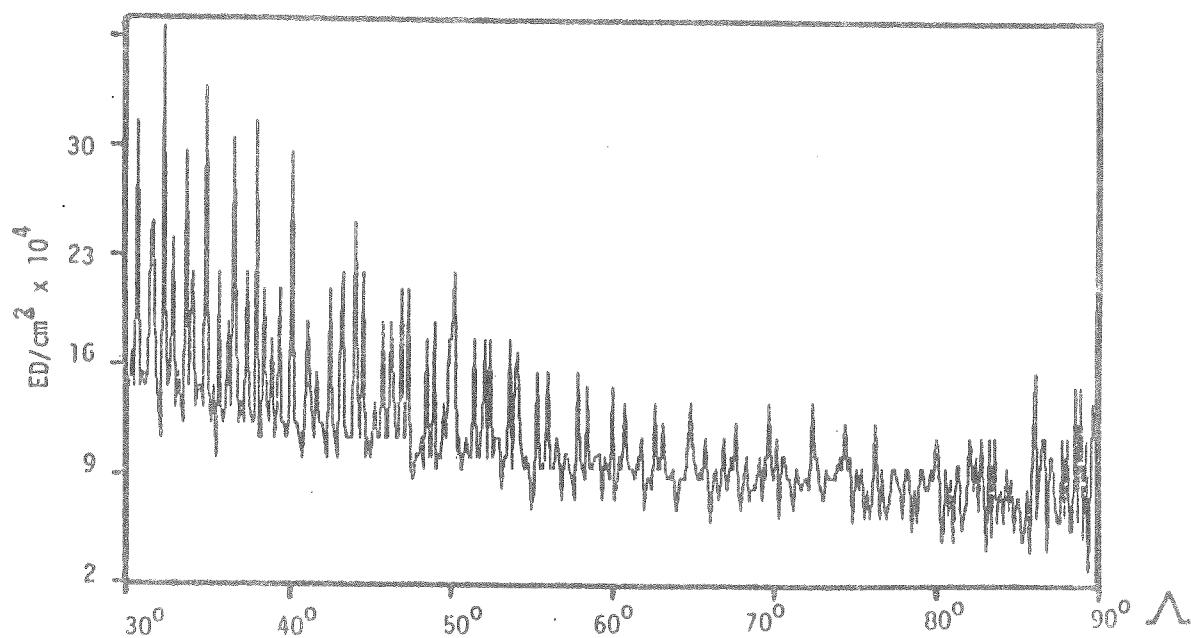
Şekil 5.  $K_p=5$  olan günler için elektron yoğunluğunun invariant enleme göre değişimi.



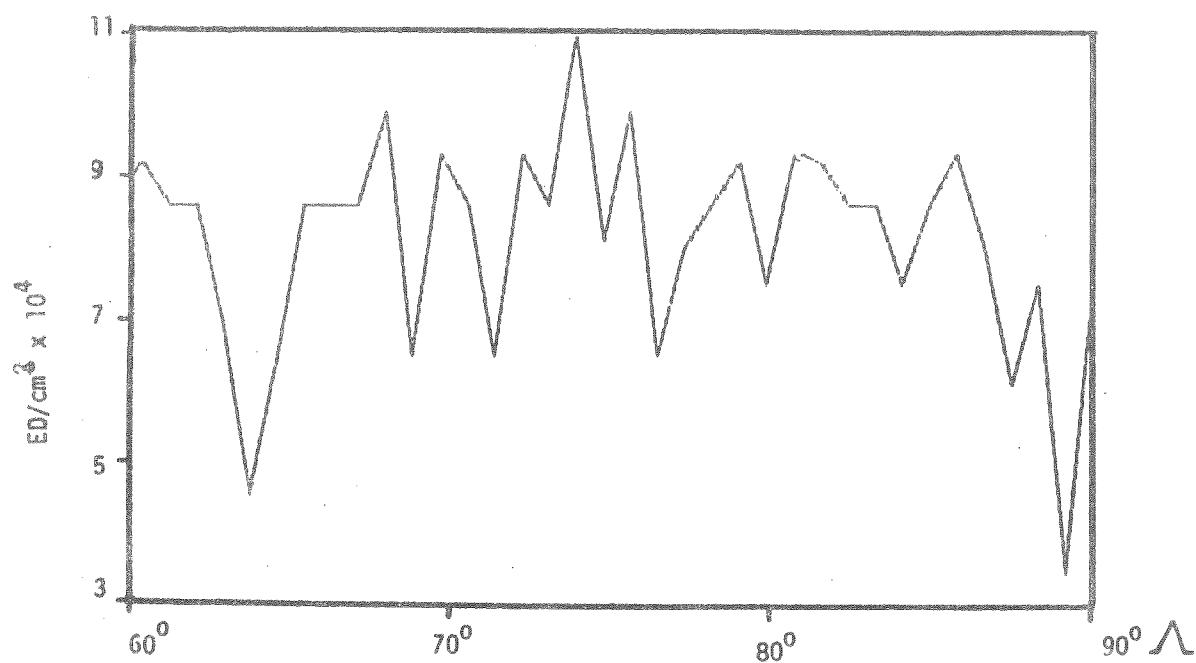
Şekil 6. GMLT = 11 ve LT = 11 saatleri için elektron yoğunluğunun invariant enleme göre değişimi.



Şekil 7. GMLT = 12 ve LT = 12 saatleri için elektron yoğunluğunun invariant enleme göre değişimi.



Şekil 8. GMLT = 13 ve LT = 13 saatleri için elektron yoğunluğunun invariant enleme göre değişimi.



Şekil 9. GMLT = 14 ve LT = 14 saatleri için elektron yoğunluğunun invariant enleme göre değişimi.

R. PEKUNLU: Bu sınırlarınız gezegenler arası magnetik alan sektör yapısı sınırlarını geçmesi sırasında önemli bir değişiklik gösteriyor mu?

G. KANDEMİR: Onu kontrol etmedik, aslında etmek lazım. Fakat 94 gün belki aynı kalmış olabilir, bileyemiyorum. Bu 1972 yılında ya iki ya dört sektör geçmiş olması lazım.

E. DERMAN: Geomagnetik genel zaman, yeni öğrendiğimiz yeni gördüğümüz bir kavram. Tanımı nasıl acaba.

G. KANDEMİR: Güneş yerel zamanı biz coğrafi boylama göre tanımlıyoruz. Burada geomagnetik boylama göre tanımlıyorsunuz. Aynı tanımı Dünyanın dönmeye eksenine yerine magnetik eksene göre yapmış oluyorsunuz.

E. DERMAN: Bayağı uzundur herhalde değil mi?. Yani gün olarak aynı mı?

G. KANDEMİR: Aynı.

A. ÖKTEN: Sıfır meridyeni nereden geçiyor?

G. KANDEMİR: Aynı yerden.

M. ÖZEL: Bu ham verilerin üzerinde  $70^{\circ}$ de bir maximum var. Elektron yoğunluğu acaba orada neden artıyor?. Aynı yapı daha sonraki Cusp bölgesinde bulduğunuz şeyin  $70^{\circ}$  içinde de yine bir maximum var. Elektron yoğunluğu neden artmış olabilir?.

G. KANDEMİR: Uydu verilerinin  $70^{\circ}$ de aslında bir azalma bekleniyor. İste onun üzerine superpoze olarak birsey varsa o yağan elektronlardır.

M. ÖZEL: Bu bir günlük veri mi?

G. KANDEMİR: Hayır hepsi 94 günlük veri.

