

GÜNEŞ LEKE ÇEVİRİMİ SÜRESİNCE AKTİVİTENİN YER DEĞİŞTİRMESİ

Adnan Ökten
İ.Ü.Fen Fakültesi
Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü
34452 Üniversite-İSTANBUL

Güneş lekelerinin keşfinden bu yana üçbuçuk asırdan daha fazla bir zaman geçmesine rağmen hala güneşin bir değişen yıldız olarak aktivite problemi bütün açıklığı ile ortaya konamamıştır. Güneş lekelerinin yaklaşık 11-yıllık, magnetik polaritenin 22-yıllık bir çevrim gösterdiği iyi bilinmesine karşın bunların çevrim süresince güneş yüzeyi üzerindeki özellikleri hala kesinlik kazanmamış, tartışmaya açık durumdadırlar.

Son yıllarda üzerinde en çok tartışılan bir konu da güneş yüzeyi üzerinde büyük ölçekte global sirkülasyonlardır. Bu global sirkülasyonları büyük ölçekte hız alanları olarak gözönüne alıp bunu 4 bileşene ayırmak mümkündür. Bunlar: Diferansiyel rotasyon ($d\omega$), Torsional osilasyonlar (TOs), Meridyenel Sirkülasyonlar ($m\omega$) ve Dev Hücreler (dh).

Diferansiyel Rotasyon

Diferansiyel rotasyonun konvektif bölge-

deki global hareketlerin rotasyonla etkileşmesi sonucu ortaya çıktığı bilinmektedir. İlk sistematik mevcudiyetini 1860 larda güneş lekelerini kullanarak Carrington göstermiştir. Günümüzde ise farklı teknikler kullanılarak dr ölçümleri yapılmaktadır. (fotografik metot, fotoelektrik detektörler, Doppler-compensator metodu, vb.)

dr'nin en belirgin özellikleri ekvatorial ivmenin mevcudiyeti, açısal hızın kutuplara doğru monoton bir azalma göstermesi ve rotasyon hızının ekvator civarında kutuplardakinden hemen hemen %40 daha yüksek olmasıdır. Leke çevrimi içindeki özelliklerinden bazısı ise:

- Güneş lekelerinden elde edilen sonuçlarda, fotosferik plazma, Doppler ölçümlerinden elde edilenlerden %5 daha hızlı döner.
- Manyetik özellikler ve filamentler ise daha az dr gösterir.
- Son zamanlarda kutup bölgelerinde çok düşük rotasyon hızları rapor edilmektedir (manyetik elemanlar gözönüne alındığında)
- Çok uzun yaşam süreli manyetik özelliklerden elde edilen sonuçlarda, koronal deliklerin dr göstermedikleri görülmüştür.
- Büyük güneş lekelerinin küçük güneş lekelerinden yaklaşık %2 kadar yavaş döndüğü saptanmıştır.
- Uzun ömürlü x-ışın özellikleri, küçük kompakt ö-

zelliklerden yüzde bir kaç daha hızlı dönerler.

Bütün bu özelliklerin dışında dr'nin çevrime bağımlılığı üzerine gözlemsel gerçekler ortaya konmaya çalışılmaktadır. dr de böyle bir değişimin genliğinin 20 m/s den az olması beklenmektedir. Bunun ancak uzun dönem yapılan rutin ölçümlerden ve diğer dinamik etkilerin elimine edilmesi ile elde edileceği ve şu anda kullanılabilir üç tip materyalin uygun olduğu araştırmacılar tarafından kabul edilmektedir. (i) Greenwich heliografik sonuçlar ve Mt. Wilson plak koleksiyonu (buna Kanzelhöhe ve Catania verileride katılabilir) (ii) Ca⁺ spektrogram ve filtergram koleksiyonu (Meudon, Sacramento Peak, Wendelstein) (iii) Mt. Wilson ve Stanford'un plazma rotasyon verileri. Rotasyon ölçümlerinde kullanılan farklı tekniklerde %1 mertebesinde (20 m/s) farklı sonuçlar alındığı gözönüne alınırsa bunun ne kadar zor bir görev olduğu ortaya çıkar.

Balthasar ve Wöhl (1980) 1940-1968 yılları arası Greenwich verilerini inceleyerek güneş leke minimumu civarında ekvator bölgesinin daha hızlı döndüğünü bulmuşlardır. Arévalo ve ark. (1982) aynı datayı 1874-1902 yılları için kullanmış ve benzer değişimleri onlarda ortaya çıkarmıştır. Lustig (1983) Kanzelhöhe gözlemevinin

dört çevrimi kapsayan (1947-1981) güneş-leke kayıtlarını inceleyerek, diğerlerinin bulduklarına karşın ekvatoryal dönmenin biraz daha hızlı ve güneş leke minimumu süresince dönmenin daha kararlı olduğunu bulmuştur. Yakın zamanda Gilman ve Howard (1984) 6 çevrimi kapsayan Mt. Wilson verilerini kullanarak $+30^{\circ}$ enlem sınırları içinde 0.1 der/gün, maksimuma yakın ise açısal hızda daha zayıf değişimler bulmuşlardır. Diferansiyel rotasyonla ilgili şu andaki mevcut bilgimiz Schröter (1985) tarafından çok ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

Torsional Osilasyonlar (TOs)

Howard ve La Bonte (1980) Mt. Wilson gözlem evinin fotosferik plazma radyal hız verilerini inceleyerek ortalama diferansiyel hızdan daha hızlı ve daha yavaş dönen enlem kuşaklarını bularak rotasyon hızının enleme bağımlılığını ortaya koydular. Bu olaya "Torsional Osilasyon" ismini verdiler. Plazma örnekleri herbir yarımkürede iki dalga ihtiva etmekte ve her bir dalga güneş leke maksimumundan hemen sonra başlamakta ve 22-yılda kutuplardan ekvatora doğru hareket etmektedir. Dalganın genliği yaklaşık 2 m/s dir. Güneş aktivitesinin, bu hızlı dönen bölgelerin kutba bakan kenarlarında yoğunlaştığını gözönüne alınacak olursak, TOs 'ın güneş aktivitesini yönlendiren önemli bir olay olduğunu görürüz.

Doppler dadasında TO görmek mümkündür. Güneş lekelerini takip ederek yapılan dr ölçümleri çevrim süresince değişimler göstermesine karşın bu değişimler TO dan bir kaç kez daha büyüktür. Fakat hızlı ve yavaş bölgeler için herhangi sistematik meridyensel kayma gerekmemektedir.(Gilman ve Howard,1984). Keza Godoli ve ark. (1983) ve Tuominen ve ark.(1983) rotasyonun enleme kesişim bölgelerini Greenwich leke-grupları verilerinde gözlemişlerdir. Hızlı ve yavaş bölgelerin mevcudiyeti Ribes ve ark. (1985) tarafından keşfedilen azimutal roll'ler için iyi bir belirti olmuştur. Ribes (1986) Ca II 3933 Å çizgi kanadında alınan Meudon spektrohelyogramlarını kullanarak büyük ölçekteki sirkülasyon örneklerini ortaya çıkarmış ve bunu yaparken digital prosesing metodu uygulamıştır.

Meridyenel Sirkülasyonlar (ms)

Meridyensel hareketler açısal momentum naklini mümkün kıldıklarından güneşin yüzeyindeki diferansiyel rotasyonun açıklanmasında teoriler için önemlidir. Bugüne kadar onların gerçek mevcudiyetini ortaya koymak için bir çok teşebbüsler yapılmış fakat hiç biri doyurucu sonuçlara ulaşamamıştır. Yapılan araştırmalarda güneş üzerindeki olaylardan (leke, faculae, vs) elde edilen ortalama meridyensel hızların $\pm 15^{\circ}$ - 20° enlemleri için 1-2 m/s mertebesinde olduğu Tuominen (1961) tarafından ortaya konmuştur.

Çeşitli araştırmacılar (Richardson ve Schwarzschild, 1953); Becker, 1954; Tuominen, 1976; Tuominen ve Kyröläinen, 1982; Ribes ve ark., 1986) meridyensel hareketlerin enlemsel profilinin güneş çevrimi ile değiştiğini teklif etmişlerdir. Richardson ve Schwarzschild kutba ve ekvatora doğru olan hareketler arasında 60 cm/s lik genliğe sahip 22-yıllık bir osilasyonun belirtisini buldular. Ribes ise profilin zamanla işaret değiştirdiğine dikkat çeker. Ward (1965, 1973) 5° enlemindeki üst limiti 1 m/s ye varan yer değiştirmelerin istatistik öneme haiz olduğunu vurgular. Balthasar ve ark. (1985) Greenwich leke gözlemlerini kullanarak elde ettikleri sonuçlarda 0.01 der/gün (1.4 m/s) 'e karşılık gelen fakat uzun süre kararlı olmayan ve her iki yarımkürede genelde güneye doğru olan meridyensel hareketler buldular.

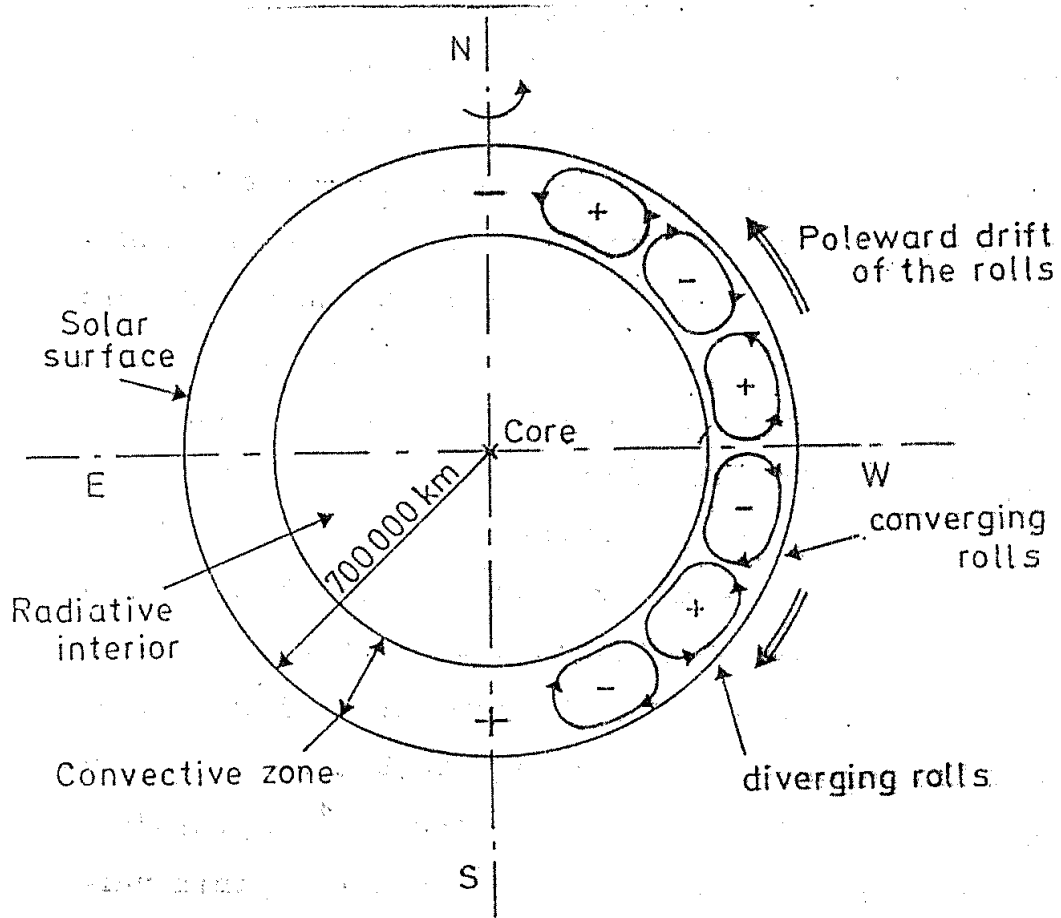
Duvall (1979) Stanford, La Bonte ve Howard (1982), Snodgrass (1984) Mt. Wilson Doppler data-sından çeşitli enlemlerde 10-20 m/s ye varan kutba doğru kaymalar için deliller buldular. Topka ve ark. (1982) kutup bölgesindeki filamentlerin dağılımı ile gene bu bölgedeki manyetik alanın dağılımını mukayese ederek, aktif bölge enlemlerinden tek kutuplu bölgelerin kutba doğru yaklaşık 10 m/s lik hızlarla ilerledikleri tesbit ettiler.

Dev Hücreler (dh)

Teoriler güneşin iç kısmındaki konveksiyonun bir kaç yüzbin km büyüklüğünde dev hücreler oluşturması gerektiğini ortaya koyar. Bu hücreler muhtemelen konveksiyon bölgesinin derinlerinden hemen hemen güneşin tüm ısı akısını taşımaktadır. Bu hücresel akımların güneşin rotasyonu tarafından ortaya çıkarılan coriolis kuvvetleri tarafından kuvvetlice etkilendikleri beklenmektedir. Bu kuvvetler, eksenleri dönme eksenine paralel uzanan ve yaklaşık iki boyutlu roll'ler şeklinde akımı zorlarlar ve kuzey güney doğrultusunda yönelmiş bir muz şeklini almasını sağlarlar. Fakat bütün bu kavramlar çok önemli olmasına rağmen dev hücrelerin mevcudiyeti gözlemlerle henüz kesin bir şekilde sağlanamamıştır. Teorilerde bu durumu ilk Gilman (1981) ifade etmiş ve bir çok global sirkülasyon modeli güneşe uygulanmaya başlanmıştır.

Güneş lekelerinin bu tür hareketleri ortaya çıkarmak için uygun olmayacağı düşüncesi ile Schröter ve Wöhl (1976) küçük ölçekteki Ca^+ yapısından ve bunların hareketlerinden böyle bir yapının varlığını ortaya çıkarmaya teşebbüs ettiler. Genliği 80 m/s olan hız bölgeleri buldular. Çeşitli araştırmacılar spektroskopik olarak dh varlığını tesbit etmeye çalıştılar. La Bonte ve ark. (1981) bölgesel hız alanlarını tesbit etmek için boylamsal dalga sayısı 1 den 40'a kadar olan Mt. Wilson

Doppler dadasını kullanarak en yüksek dalga sayısı için 3 m/s, en düşük dalga sayısı için 12 m/s lik hızlar bulmuşlardır. Ribes henüz yayınlanmamış çalışmasında (Şekil I) güneşin her bir yarımküresinde 3 er adet olmak üzere toplam 6 diverging roll'un varlığından bahsetmekte ve bunların dönüş ve sürüklenme yönlerini vermektedir.



Şekil I

Güneş Leke Gruplarının Çevrim Süresince Enlemsel Dağılımı

Bilindiği gibi güneş lekelerinin güneşin üzerinde gerçekten var olduğunun 1610 da Galileo tarafından ilk keşfinden yaklaşık 200 yıl kadar sonra 1843 de Schwabe 11-yıllık bir leke çevriminin varlığını ortaya koymuştur. 1858 de Carrington leke gruplarının çevrimin başlangıcında yüksek enlemlerde doğduğunu ($\approx 40^\circ$) çevrimin ilerleyen yıllarında ise grupların daha alçak enlemlerde ortaya çıktığını fark etmiş ve bu durum daha sonra 1861 de Spörer tarafından güneş-leke dağılım kanunu olarak genelleştirilmiştir.

Leke-çevriminin temel özelliği olarak kabul edilen bu durum (çevrimin başlangıcında leke gruplarının yüksek enlemlerde doğması ve çevrim sonuna doğru ekvator yönünde global bir sirkülasyonla sürüklenmesi) gözönüne alınarak leke-çevrimini açıklamak için bir çok teorik modeller yapılmıştır. Bu modellerin içinde en çok tutulan Babcock (1961) teorisinde lekelerin yüksek enlemlerde doğma esasına dayanmaktaydı. Babcock teorisinde, güneş leke çevrimi başlamadan hemen önce güneşin üzerinde genel bir manyetik alanın oluştuğunu, manyetik alanın kuvvet çizgilerinin kuzey kutbundan güney kutbuna doğru uzandığını, güneş plazmasından geçerken de özelliğini kaybetmediğini ve diferansiyel rotasyondan dolayı bu kuvvet çizgilerinin sıkışarak alan şiddetini

arttıracağını, bundan dolayı ilk güneş lekelerinin
biraz gradyentinin en büyük olduğu yerlerde ortaya
çıkacağını söylemektedir.

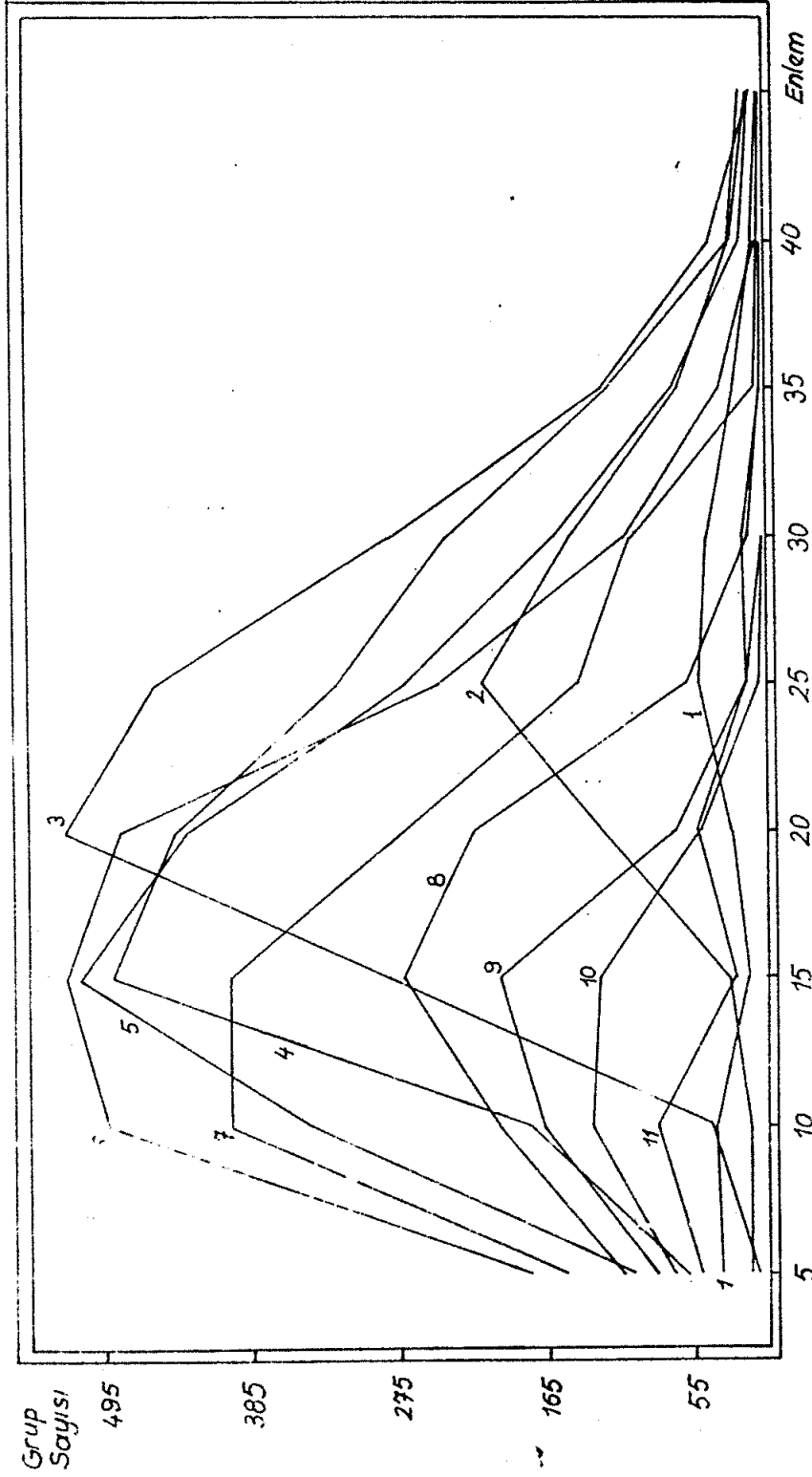
Dönme hızının enleme bağlı gradyentinin
sin 2θ ile orantılı olduğunu ve bunun $dz/d\theta: 0.052$
sin 2θ ile verildiğini gözönüne aldığımızda (dz:gü-
neş rotasyonunun günlük sideral açısı, $d\theta$: enlem)
manyetik alanın lekelerin oluşması için gerekli
ilk kritik değerine 45° enleminde ulaştığını gö-
rürüz. Bunun da gözlemlerle teyid edildiği söy-
lenmekteydi. Fakat çevrimin gerçek özelliklerinin
1960 lardan sonra daha ayrıntılı ortaya konması
bunun böyle olmadığını göstermiştir. İlk Kopecky
(1958) Babcock teorisinden elde edilen enlemsel
kaymaların gözlemlerden elde edilenlerle uyuşma-
dığı ortaya konmuş daha sonra Kopecky ve Kotrc
(1974), Gleissberg ve Th. Damboldt (1971) yük-
sek enlemlerde lekelerin oluşumunun maksimum dö-
nemden hemen önce olduğunu söylemişlerdir.

Gnevyshev (1967,1977) ise sonuçları biraz
daha ileriye götürerek 11-yıllık leke çevriminin
farklı fiziksel özellikli iki aktivite dalgası
ihtiva ettiğini söyler. Leke gruplarının çevrim
içinde enlemsel dağılımlarına bakıldığında bunun
gerçekten öyle olduğu görülmektedir.

Bizim İstanbul Üniversitesi Gözlemevinin
son üç çevrimlik gözlemlerini (1954-1986) incele-
diğimizde bu sonucu teyit edici neticelere vardık.

Çalışma genişletilerek söz konusu durumun Greenwich leke gözlemlerinden de elde edilip edilemeyeceği araştırılmaya başlandı. İlk aşamada, neticeyi başlangıçta farkedebilmek için 80-yıllık uzun çevrimin (Gleissberg, 1944) en şiddetlisi olan 19. çevrimi (1954-1964) incelemeye başladık. Hem leke grubu sayısında hem de leke alanlarında aynı sonuçlara ulaşıldı. Çalışmayı geriye dönük önceki çevrimleri de içine alacak şekilde genişletebilmek için 103 yıllık Greenwich datasının manyetik teybe kayıtlı kopyasını Freiburg'daki Kiepenheuer Enstitüsünde çalışan Dr. Wöhl'den istedik. Teyp şu anda elimizde bulunup konu ile ilgili üzerinde çalışılmaktadır.

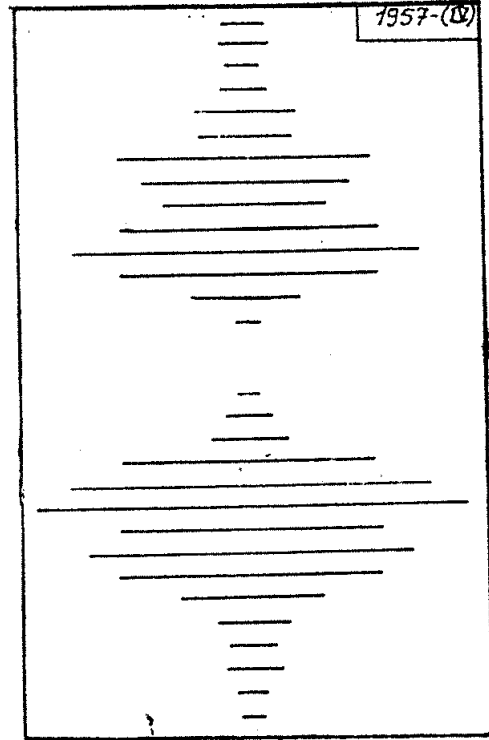
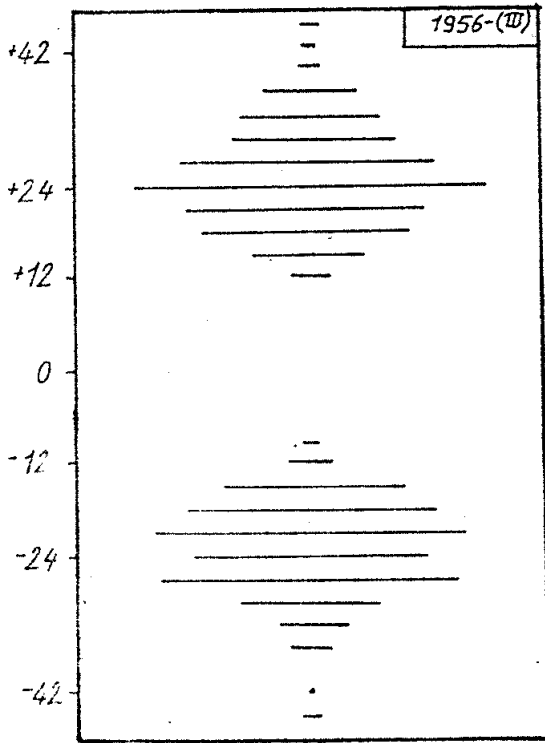
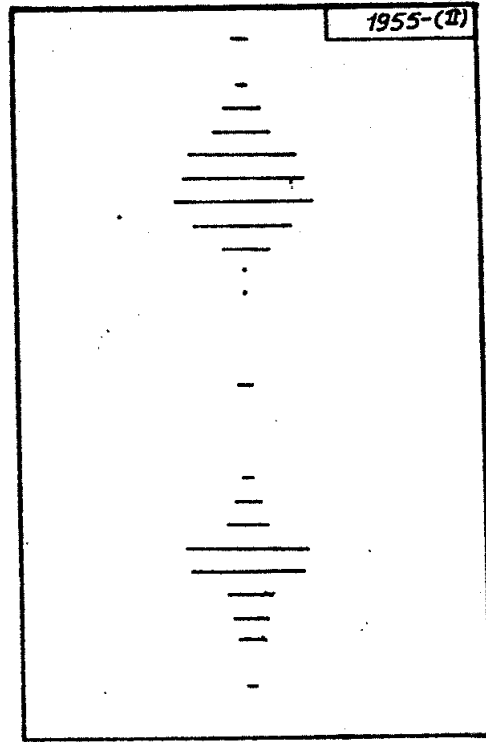
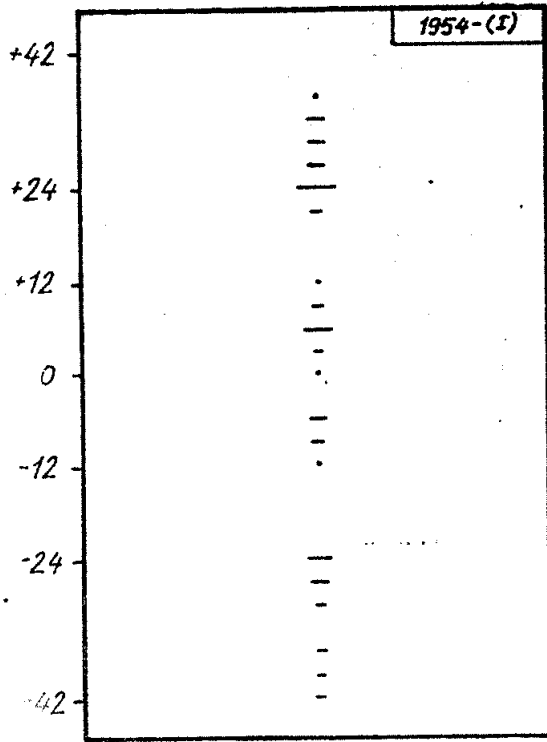
Şekil II de İstanbul Üniversitesinde yapılan gözlemlerden elde edilen son üç çevrime ait güneş-leke gruplarının sayılarının enleme değişimi görülmektedir. Üç çevrime ait veriler birleştirilerek elde edilmiştir. Her bir eğri çevrimin bir yılını gösterir. Çevrimin yılları başlangıçtan bitimine kadar I den II e kadar numaralandırılmıştır. Şekildeki eğrileri incelediğimizde 1. yılda 5° - 10° ve 20° - 25° enlemlerinde güneş leke sayısında maksimumlar görülmektedir. Bunlardan birincisi yalancı olup, önceki çevrimlerin artık leke gruplarından kaynaklanmaktadır. Bunun böyle olduğu çevrimin hemen 2. yılında kendini göstermektedir. 2. yılda mak-



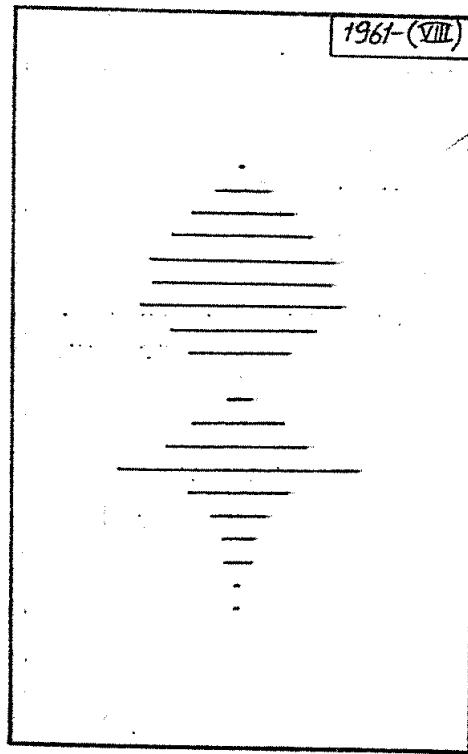
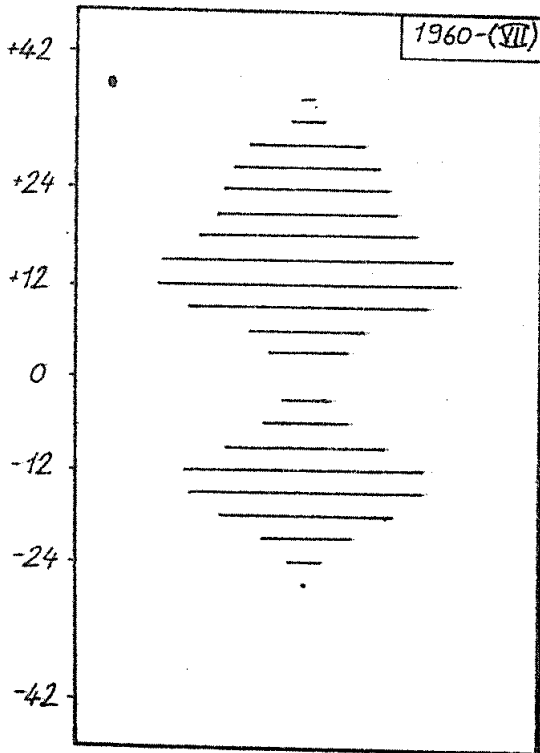
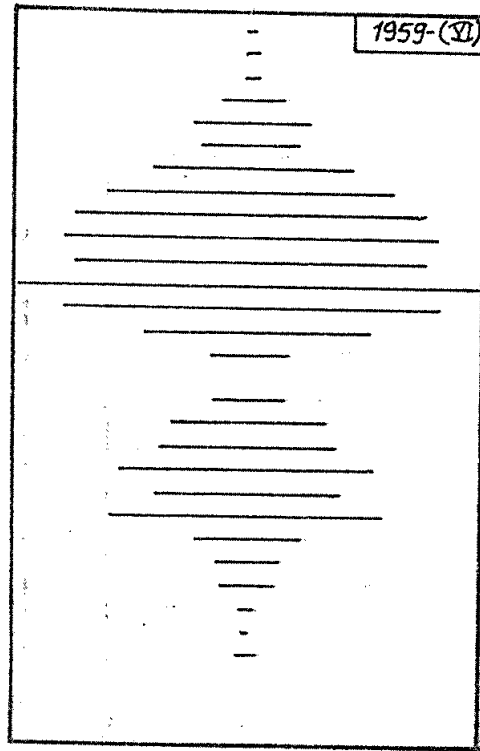
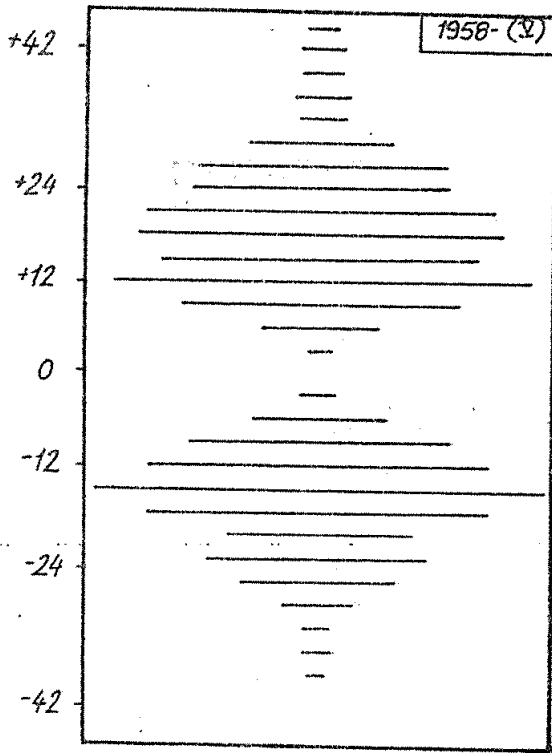
Şekil II. Üç çevrim üzerinden ortalama alınarak elde edilen grup sayılarının enlemle değişimi.

simum 20° - 25° enlemindedir. Gene çevrimin 3. yılında 20° - 25° enlemi maksimum leke grubu sayısını korurken eğrinin yüksek enlemlerdeki kolu ilk üç yılda yükselmiştir. Bunun anlamı doğan leke gruplarının sayısının artmasıdır. Çevrimin 4. yılında aktivite bölgesinin bin anda 10° - 15° enlem kuşağına düştüğünü görüyoruz. Bu yıldaki aktivite şiddeti üçüncü yıldaki şiddet kadardır. Daha sonraki 5. ve 6. yıllarda aktivite şiddeti artmakta fakat 10° - 15° enlem kuşağı sabit kalmaktadır. 7., 8., 9., kısmen 10. ve 11. yıllarda da aktivite kuşağı hep 10° - 15° enlem kuşağında kalmakta ve tedricen sürekli azalmaktadır. Bu durum hemen akla Gnevyshev'in (1967) çift maksimumunu getirmektedir. Gözlemlerimizin sonuçlarından da teyid edildiği gibi çevrimin başlangıcında merkezi 20° - 25° enlem kuşağı olan bir aktivite dalgası güneşin iç kısımlarından gelip fotosfere çarpmakta ve yaklaşık üç yıl sürmektedir. Dalga bu süre zarfında 10° - 40° enlemlerine kadar yayılmaktadır. Daha sonra bu dalga şiddetini kaybederken (Şekilde 4. yılda kendisini 17.5° - 22.5° enlemlerinde göstermektedir) ikinci bir aktivite dalgası merkezi 10° - 15° enlem kuşağı olan bölgede kendini göstermektedir. Bu dalga her iki yarımkürede ekvatora doğru yayılmaktadır.

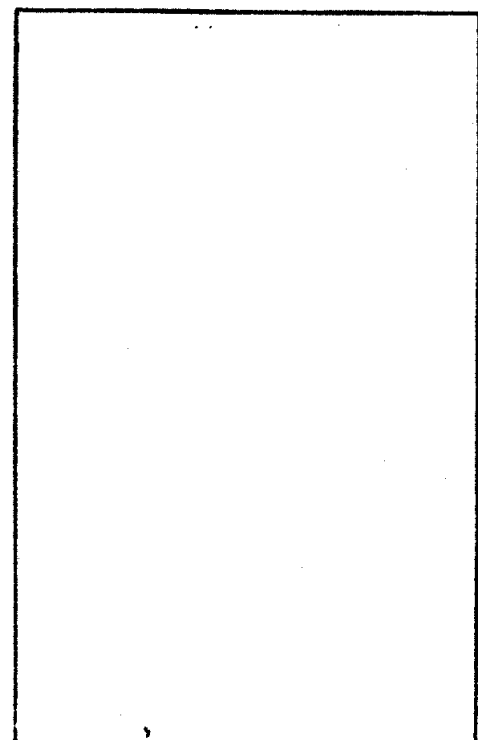
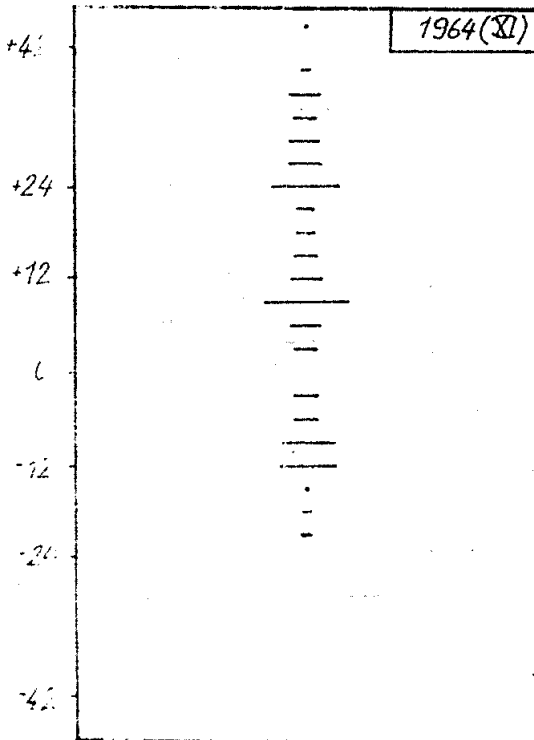
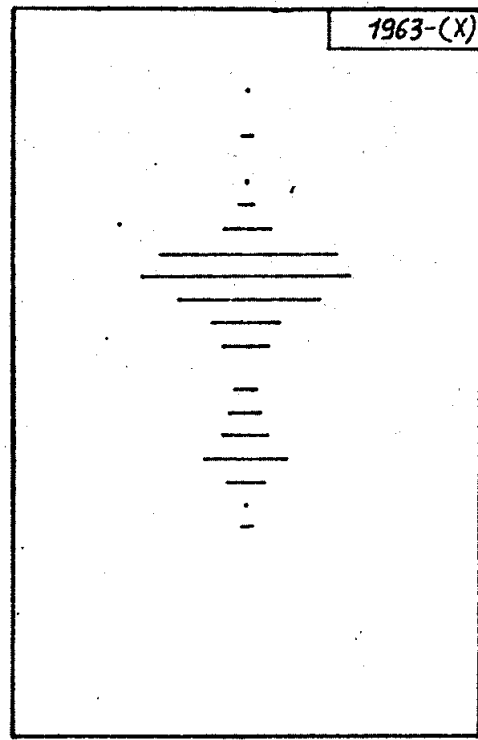
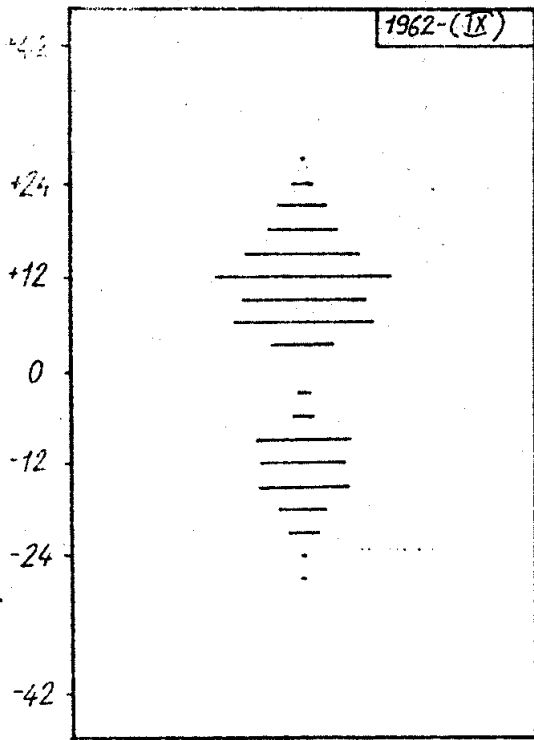
Bu sonuçları genelleştirmek için çalışmayı genişlettik ve 19. çevrim Greenwich gözlemlerini kullandık. Gerek leke grupları sayısından gerekse



Şekil IIIa: 3° lik enlem kuşakları için grup sayılarının yıllarla değişimi. (0.7 mm, bir leke grubuna karşılık gelir.)



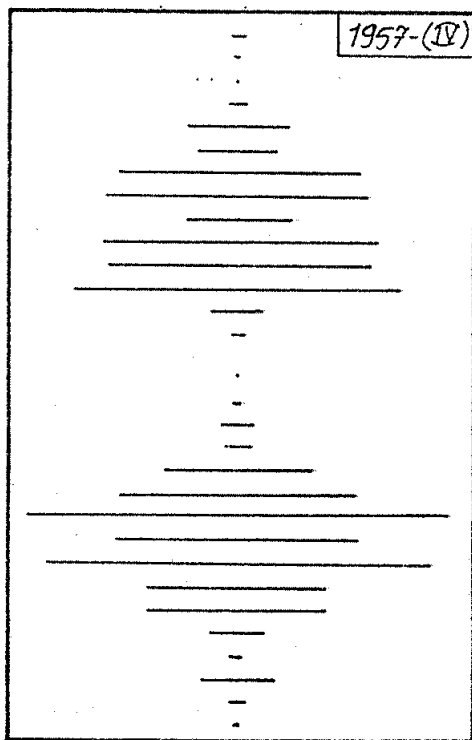
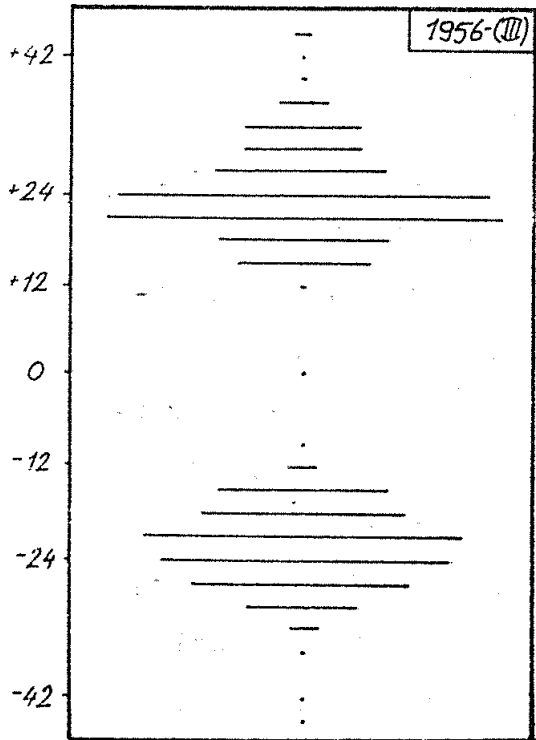
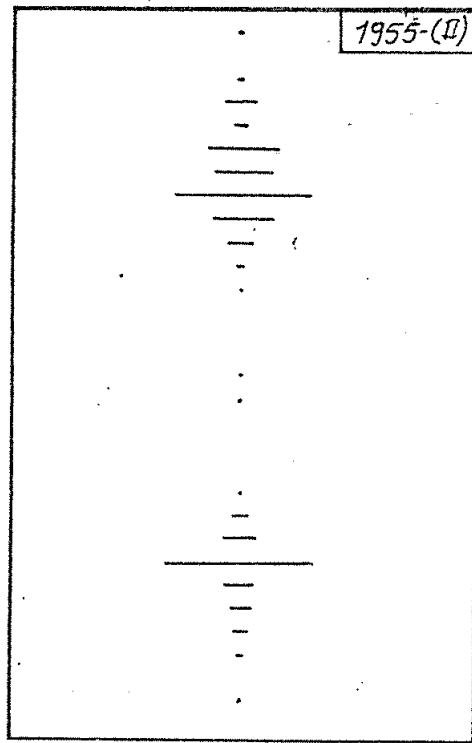
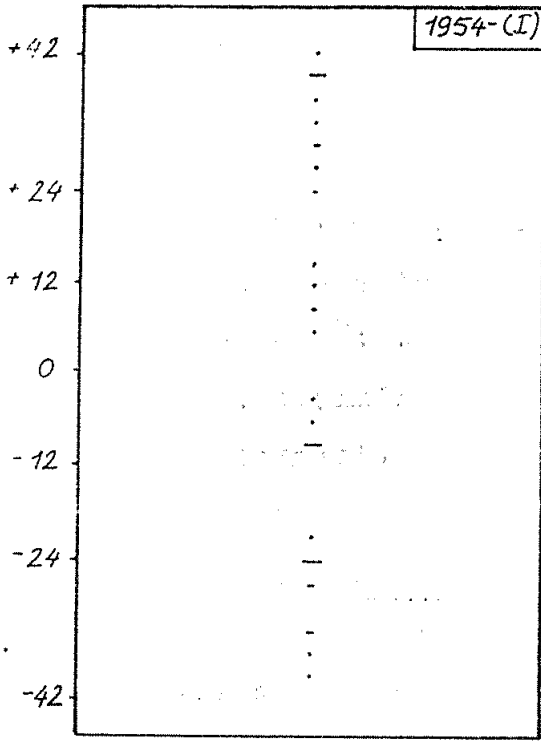
Şekil IIIa



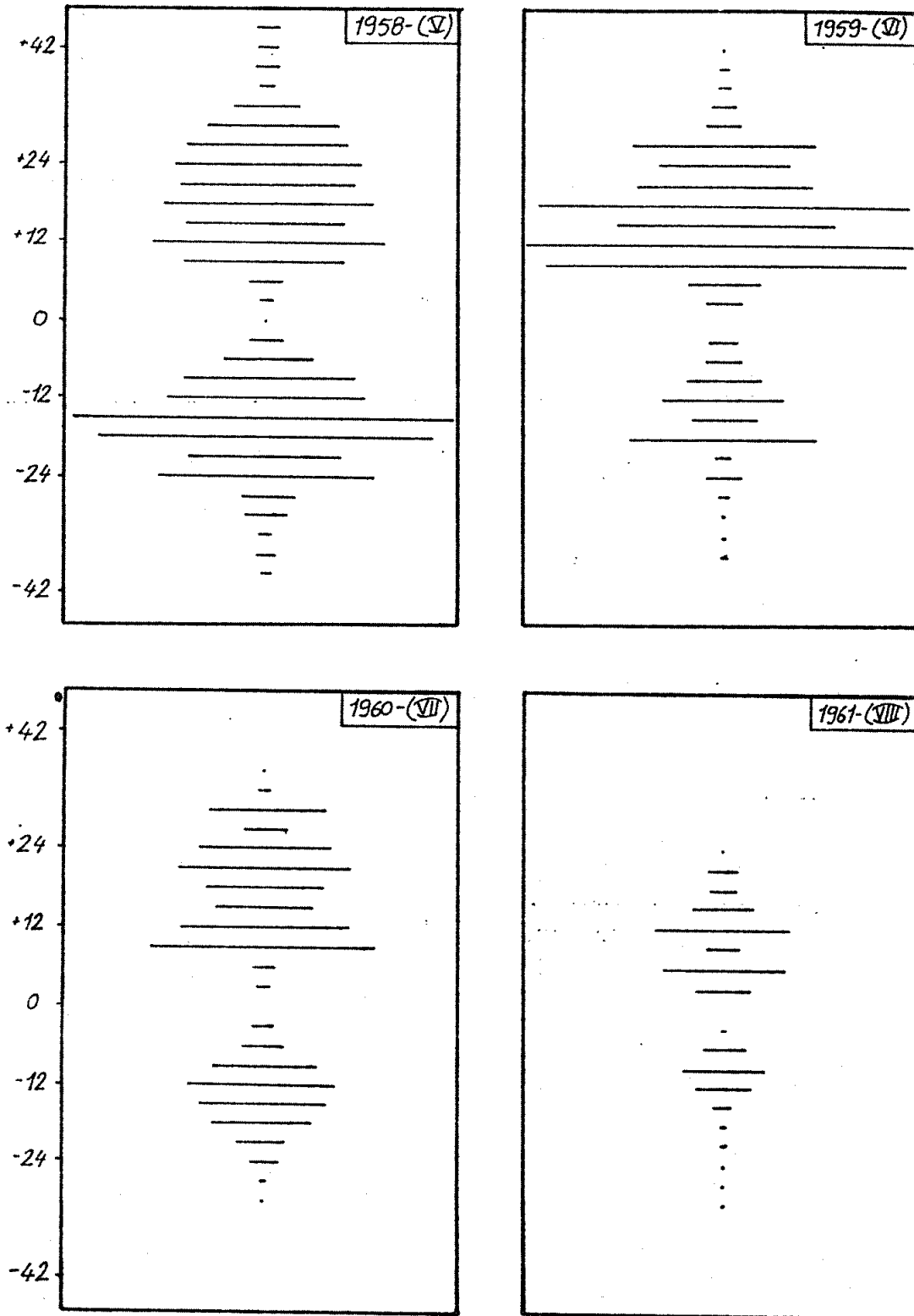
Şekil IIIa

leke alanlarından elde edilen ilk sonuçlar Şekil III a,b de verilmiştir. Şekil IIIa 'da yıllara göre leke gruplarının sayısının nasıl değiştiği verilmektedir. Çevrimin 1. yılı olan 1954 yılında önceki çevrime ait bazı gruplar ekvator bölgesinde görülmektedir. Yüksek enlemlerde $+24^{\circ}$ enlem kuşağı (3° lik enlem kuşakları kullanılmıştır.) en aktiftir. 2. yılda bu durum daha da belirginleşir ekvator kısmında hiç leke grubu kalmaz. kuzeyde 24° güney yarımkürede 21° ve 24° enlem kuşağı çok belirgin kendini gösterir. 3. yılda 24° kuşağı aktivitesini maksimuma çıkarırken yüksek enlemlerdeki leke grubu sayısında artmaktadır. 1957 yılında yani çevrimin 4. yılında 24° aktivitesini azaltırken her iki yarım kürede alçak enlemler faaliyete geçmiştir. Bu yılda yüksek enlemler maksimum faaliyettedir. Sonraki yıllarda yüksek enlemlerin etkinliği azalmakta ve şekilde de açıkça görüldüğü gibi 12° enlem kuşağı çevrim sonuna kadar aktivitesini etkin bir şekilde sürdürmektedir.

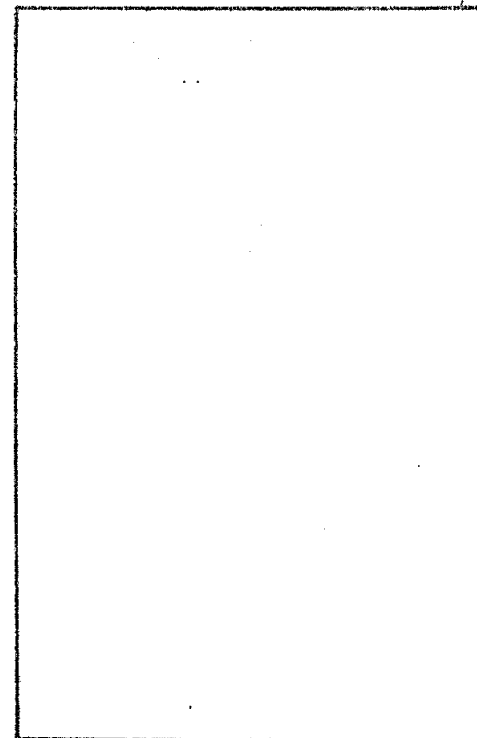
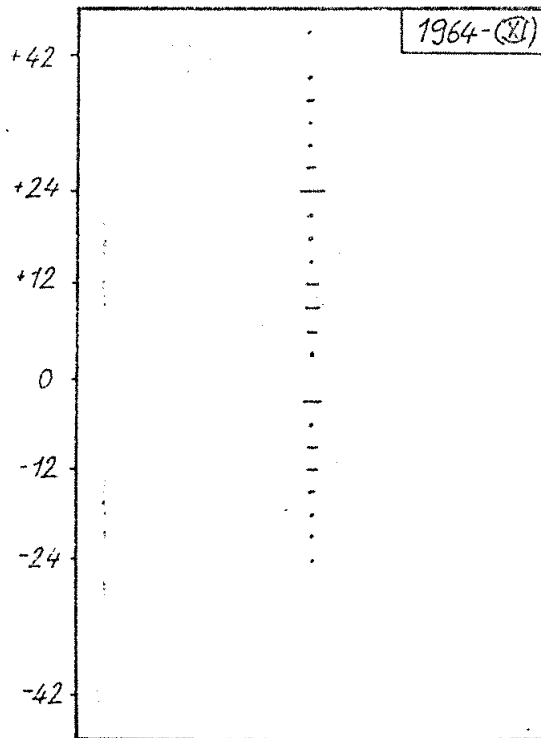
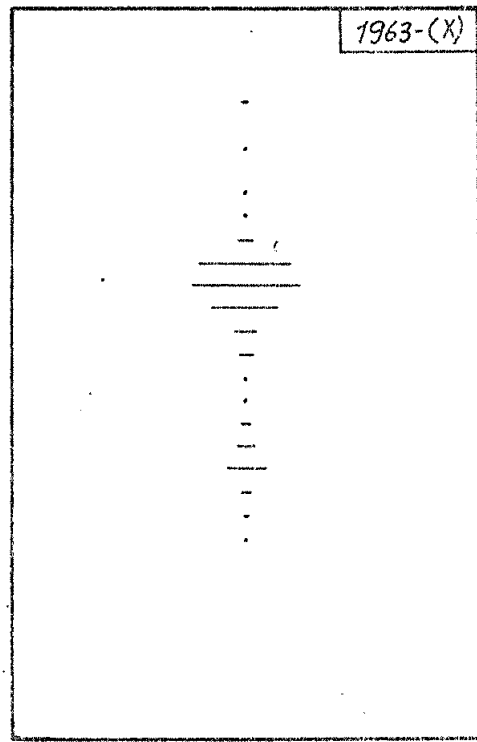
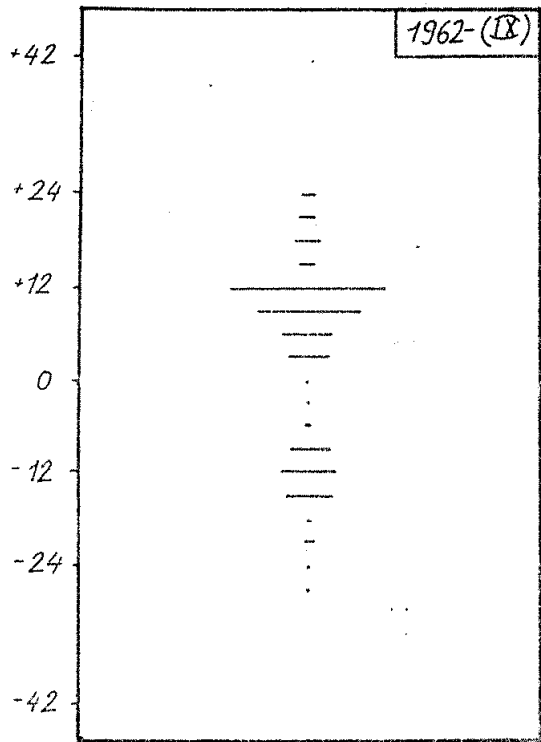
Benzer özellikleri Şekil IIIb de leke gruplarının alanlarında da görmek mümkündür. 1955 yılında (çevrimin 2. yılı) $+24^{\circ}$ kuşağı bir anda belli etmekte ve bu durum 1956 da $+21^{\circ}$ ve $+24^{\circ}$ kuşağında devam etmektedir. 1957 yılında ise yüksek enlemler şiduetini azaltırken $+12^{\circ}$ ve $+15^{\circ}$ kuşağı kendini hissettirecek kadar etkinliğini arttırmış ve çevrim sonuna kadar bu durumunu sürdürmüştür.



Şekil IIIb: 3° lik enlem kuşakları için leke gruplarının düzeltilmiş alanlarının yıllarla değişimi. (1 mm, 210×10^{-6} güneş yarı yüzeyi büyüklüğüne eşittir.)



Şekil IIIb



Şekil III b

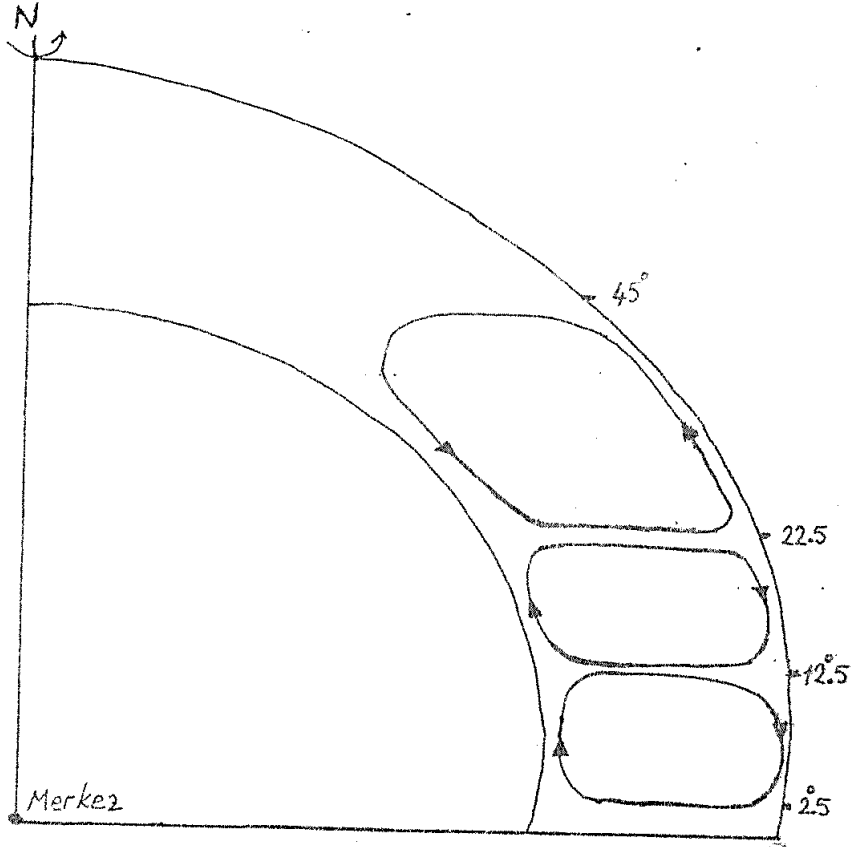
Gerek İstanbul Üniversitesi Gözlemevinin son üç çevrimine ait leke gözlemlerinden gerekse Greenwich gözlemevinin verilerinden elde edilen sonuçlar bizi şöyle bir sonuca götürdü:

Güneş leke gruplarının çevrim süresince enlemsel dağılımı, bize, leke gruplarının bulunduğu bölgedeki kütle hareketleri hakkında, kaba da olsa bir bilgi vermelidir. Şayet teorilerde söylendiği ve hatta bazı araştırmacıların varlığını ispat ettiklerini söyledikleri gibi dev hücreler varsa ve bu dev hücreler dönüyorsa, aktif bölgeleri çevrim süresince üzerlerinde taşıyacaklar ve lekelerin oluşum yerlerini değiştireceklerdir.

• Biz, çevrim içinde çevrimin hangi fazında leke gruplarının nerelerde doğduklarını iyi biliyorsak bu bize dev hücrelerin gerek büyüklüğü, gerek adedi gerekse dolanım yönlerinin kaba tahmini verecektir. Bunun bir modeli Şekil IV de verilmiştir. Ribes (1986)'in diverging roll'lerine benzeyen bu roll'lerin adedi Ribes'in önerdiği sayıda olmakla birlikte bizim gözlemlerimizden bunların yönlerinin farklı olduğu sonucuna vardık. Belkide roll'in yönleri çevrimden çevrime değişmektedir. Bunu anlayabilmek içinde her bir çevrim bağımsız kendi arasında değerlendirilip sonra diğer çevrimlerle mukayese edilmelidir.

Ümid edilen yakın gelecekte bu ilk yaklaşımların spektroskopik ve diğer güneş üzerindeki olu-

şumlardan elde edilen sonuçlarla doğrulanmasıdır.



Şekil IV. Muhtemel konvektif roll'ler

Kaynaklar

- 1- Arévalo, M. J. ve ark.: 1982, Astron.Astrophys. 111, 266.
- 2- Babcock, H. W.: 1961, Astrophys. J. 133, 572.
- 3- Balthasar, H., Wöhl, H.: 1980, Astron. Astrophys. 92, 111.
- 4- Balthasar, H. ve ark.: 1986, Astron. Astrophys. 155, 87-98.
- 5- Becker, U.: 1954, Z. Astrophys. 34, 129.
- 6- Duvall, T. L.: 1979, Solar Phys. 63, 3.
- 7- Gilman, P.A., Howard, R.: 1984, Solar Phys. 93, 171.
- 8- Gilman, P.A.: 1981, The Sun as a Star, Jordan S^c (ed.), NASA, 231.
- 9- Gleissberg, W.: 1944, Publication of the Istanbul University Observatory, 26.
- 10- Gleissberg, W., Damboldt, Th.: 1971, J. Brit. Astron. Assoc. 81, 270.
- 11- Gnevyshev, M. N.: 1967, Solar Phys. 1, 107.
- 12- Gnevyshev, M. N.: 1977, Solar Phys. 51, 175.
- 13- Godoli, G. ve ark.: 1983, Solar Phys. 83, 339.
- 14- Howard, R., La Bonte, B.J.: 1980, Astrophys. J. 239, L33.
- 15- Kopecky, M.: 1958, Bull. Astr. Inst. Czech. 9, 34.
- 16- Kopecky, M., Kotrc, P.: 1974, Bull. Astr. Inst. Czech. 25, 171.
- 17- La Bonte, B.J., Howard, R.: 1982, Solar Phys. 80, 361.
- 18- La Bonte, B.J. ve ark.: 1981, Astrophys. J. 250, 796.
- 19- Lustig, G.: 1983, Astron. Astrophys. 125, 355.

- 20- Ribes, E. ve ark.: 1985, Nature, 318, 170.
- 21- Ribes, E.: 1986, c.r.acad.Sc (Paris) no.14.
- 22- Ribes, E.: 1986, Adv. Space.Res. Vol.6,No.8,221.
- 23- Richardson, R.S., Schwarzschild, M.: 1953, Accad. naz. Lincei, Fondaz. Alessandro Volta, Atti dei convegni 11, 228.
- 24- Schröter, E.H., Wöhl, H.: 1976, Solar Phys. 49, 19.
- 25- Schröter, E.H.: 1985, Solar Phys. 100, 141-169.
- 26- Snodgrass, H.B.: 1984, Solar Phys. 94, 13.
- 27- Topka, K. ve ark.: 1982, Solar Phys. 79, 231.
- 28- Tuominen, J.: 1961, Z. Astrophys. 51, 91.
- 29- Tuominen, J.: 1976, Solar Phys. 47, 541.
- 30- Tuominen, J. ve ark.: 1982, Solar Phys. 79, 161.
- 31- Tuominen, J. ve ark.: 1983, M.N.R.A.S., 205, 69.
- 32- Ward, F.: 1965, Astrophys. J. 141, 534.
- 33- Ward, F.: 1973, Solar Phys. 30, 527.