

Fotosferik Hareketlerin Tayfsal Yansımaları

Mevlana Başal

İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34452, Bayezit/İstanbul
mbasal@istanbul.edu.tr

Özet: Güneş ışınımına katkıda bulunan maddenin radyal bileşene sahip her hareketi çizgi asimetrisi, genişlemesi veya kayması olarak bir yada birkaç şekilde spektruma yansır. Dolayısıyla, spektral çizgi profillerini analiz etmek suretiyle atmosferik yapı ve dinamikler hakkında çok önemli bilgiler edinilebilir. Çalışmamızın amacı, spektral çizgi profil asimetrisini tüm profil için çizgi şiddeti cinsinden ve güvenilir nicelikler olarak tanımlayan, bu sayede onların çeşitli atomik ve atmosferik parametrelerle ilişkilerinin incelenmesine imkan tanıyan alternatif bir asimetri tayin metodu kullanarak, atmosferik yapı ve dinamiklerin anlaşılmasına katkıda bulunmaktır.

Anahtar Kelimeler: Güneş: fotosfer: Fraunhofer çizgi asimetrisi: granüler konveksiyon.

Abstract: Every movement having a radial component, of material supporting solar radiance, is reflected to the spectrum in one or more ways as line asymmetry, line broadening or line shifting. Therefore, it is possible to gain very important information about atmospheric structure and dynamics by analyzing spectral line profile. The aim of the study is to contribute to the understanding of atmospheric structure and dynamics using an alternative method of establishing asymmetries which identifies spectral line profile asymmetries in terms of line strength and in reliable quantities, thus makes the study of their relationships to various atomic and atmospheric parameters possible.

Key words: Sun: photosphere: Fraunhofer line asymmetry: granular convection.

1. Giriş

Güneş, kendisini konu alan çalışmalar dışında, diğer yıldızlara ilişkin araştırmalar için de rakipsiz bir başvuru kaynağıdır. Oluşumları doğrudan gözlenemeyen, fakat spektroskopik ve/veyâ fotometrik çalışmalarla bir şekilde varlıklarından haberdar olunan yıldız olaylarının açıklanmasına yönelik ilk adım, çoğu zaman benzerlerinin Güneş'te aranması suretiyle atılır. Örneğin yıldızsal çizgi profillerinde asimetrisi gözlemlendiğinde, bunların sebeplerini ortaya koyabilmek umuduydu; Güneş'teki konvektif akışlar, türbülans, çevrimsel değişimler, dalgalar araştırılabilir. Veyâ tersine, Güneş'te gözlenen çizgi asimetrisinden itibaren, bunlara sebep olabilecek benzer olayların diğer yıldızlarda da cereyan edip-etmediği konu edilebilir. Asimetrisi bir yandan konvektif akışlarla açıklanmaya çalışılırken, bir yandan da alternatif mekanizmalar aranmaktadır. Çok küçük niceliklerin ($m\text{\AA}$ mertebesinde) konu edildiği spektral çizgi asimetrisi çalışmalarında gözlemsel verinin kalitesi çok önemlidir. Kullandığımız Liege Atlası (Elde edildiği yere atfen Jung-

fraujoch veyâ kısaca JJ Atlası olarak da anılır), müstesnâ özellikleri sayesinde, uzaysal olarak ayrılmamış spektrumlarla yapılabilecek bu türlü çalışmalar için çok uygun bir veri kaynağıdır (Ayrıntı için bkz. Delbouille ve ark., 1973).

2. Fotosfer

Güneş'in en alt atmosfer tabakası olan fotosfer, enerji taşınımında konveksiyonun önemli bir yer tuttuğu geç tip yıldızlara uygun tanımla ile; yıldız enerjisinin, neredeyse tamâmen konveksiyonla yüzeye taşındıktan sonra, radyasyon formunda yayıldığı katmanlardan oluşmaktadır. Konumuzla ilişkilendirilmek suretiyle; ayrıntısıyla incelediğimiz Fraunhofer çizgilerinin meydana getirildiği ve asimetri sebebi dinamiklerin barındırıldığı, diğer atmosfer tabakalarına kıyasla çok daha ince ve yoğun olan, "görünen" Güneş'i ve atmosfere geçişi belirleyen sınır tabaka olarak da tanımlanabilir. Dıştan içe doğru gidildikçe Güneş gazı özelliklerinin neredeyse tamâmen geçirgenlikten tamâmen opaklığa kadar değiştiği (Stix, 1989) kalınlığı bir kaç yüz kilometreyi geçmeyen bu en alt atmosfer tabakası (yaygın olarak kabul edilen kalınlık ≈ 500 km'dir), Güneş'ten kaydedilen ışınımın hemen hemen tamamına kaynaklık etmektedir. Yapısına

h (km)	τ_{5000}	T (°K)	n_e (cm^{-3})	P_{top} (dyn cm^{-2})	ρ (g cm^{-3})
528	2.537×10^{-4}	4400	2.445×10^{11}	1.406×10^3	4.897×10^{-9}
503	3.763×10^{-4}	4400	3.040×10^{11}	7.785×10^3	6.220×10^{-9}
478	5.704×10^{-4}	4410	3.793×10^{11}	2.266×10^3	7.883×10^{-9}
453	8.682×10^{-4}	4460	4.714×10^{11}	2.870×10^3	9.882×10^{-9}
428	1.318×10^{-3}	4510	5.886×10^{11}	3.628×10^3	1.236×10^{-8}
403	1.997×10^{-3}	4560	7.337×10^{11}	4.575×10^3	1.542×10^{-8}
378	3.015×10^{-3}	4610	9.128×10^{11}	5.755×10^3	1.918×10^{-8}
352	4.533×10^{-3}	4660	1.133×10^{12}	7.223×10^3	2.381×10^{-8}
301	1.008×10^{-2}	4770	1.733×10^{12}	1.132×10^4	3.645×10^{-8}
250	2.197×10^{-2}	4880	2.642×10^{12}	1.752×10^4	5.507×10^{-8}
200	4.712×10^{-2}	4990	3.997×10^{12}	2.679×10^4	8.205×10^{-8}
175	6.851×10^{-2}	5060	4.939×10^{12}	3.294×10^4	9.926×10^{-8}
150	9.897×10^{-2}	5150	6.142×10^{12}	4.038×10^4	1.192×10^{-7}
125	1.418×10^{-1}	5270	7.751×10^{12}	4.928×10^4	1.418×10^{-7}
100	2.018×10^{-1}	5410	1.001×10^{13}	5.982×10^4	1.672×10^{-7}
75	2.872×10^{-1}	5580	1.352×10^{13}	7.221×10^4	1.951×10^{-7}
50	4.130×10^{-1}	5790	1.977×10^{13}	8.659×10^4	2.249×10^{-7}
35	5.217×10^{-1}	5980	2.772×10^{13}	9.616×10^4	2.415×10^{-7}
20	6.744×10^{-1}	6180	4.052×10^{13}	1.064×10^5	2.582×10^{-7}
10	8.137×10^{-1}	6340	5.484×10^{13}	1.136×10^5	2.685×10^{-7}
0	9.994×10^{-1}	6520	7.676×10^{13}	1.211×10^5	2.780×10^{-7}

hâkim elementler çok büyük oranda nötral halindedir. Daha aşağıda (konveksiyon bölgesinde) ve 2000 km kadar yukarıda (üst kromosferde) iyonize maddenin etkinliği sözkonusu iken, fotosferde, Fe, Mg, Si gibi metallerin devreye girmesiyle, iyonize haldeki maddenin toplam maddeye oranı 10^{-4} 'e düşer (Priest, 1984). Yaygın kabul gören sınırlar dâhilinde, Maltby ve ark.'nın (1986) Sâkin Güneş için olan referans fo-tosfer modelinden alındığı üzere, önemli ortalama özellikler Tablo 1'de verilmektedir. Fotosfer tabanı-nın sıfır seviyesi alındığı bir ölçekte yüksekliğe göre olan diğer parametreler, öncesindeki ve sonrasın-daki gidişâtın belirlenebilmesi maksadıyla, fotos-ferin hemen altındaki üst konvektif bölge ve üzerin-deki alt kromosfere âit birtakım değerlerle birlikte, dıştan içe doğru kaydedilmişlerdir. Fotosfer boyun-ca enerji kaybına eşlik eden düzenli sıcaklık azal-ması, henüz tam olarak anlaşılammış enerji giri-şinin (bilinmeyen ısıtma mekanizmalarının) hâkim olmaya başladığı yüksekliğe kadar, yaklaşık 500 km boyunca devâm etmektedir (Zirin, 1992).

Sözkonusu model hesaplamalarından görüldüğü gibi, hepsi de azalma yönünde olmak üzere, tabanından ($\tau_{5000} = 1$: $h = 0$ km) üst sınırı olan sıcaklık minimumuna kadar ($T_{\text{min}} = 4400$ °K: $h = 528$ km) fotosfer boyunca sıcaklığın 6520 °K'den 4400 °K'e %67'lik tedrici değişimine karşılık, toplam basınç (P_{top}), elektron yoğunluğu (n_e) ve madde yoğunluğu (ρ) yaklaşık 10^2 mertebesinde, optik derinlik ise (τ_{5000}) 10^3 mertebesinde bir değişim göstermektedir. Bu değişimlerin çeşitli fotosferik dinamikleri doğurdıkları ve bu suretle spektral çizgi profil asimetriyelerine gebe oldukları açıktır.

Tablo 1. Maltby ve ark.'nın (1986) referans fotosfer modelindeki belli-başlı parametrelerin yükseklikle değişimi.

Güneş'in iç yapısı radyatif dengede iken, daha dışarıdaki fotosfer altı zarfta başlıca nötral helyum (HeI) ve hidrojenden (HI) kaynaklanan opasite radyatif transferi engeller ve böylece konveksiyonun etkinliği başlar. Bu iletim tarzı, yarıçapın, radyatif bölgenin üst sınırından dışarıya doğru olan yaklaşık %30'luk kısmında hâkimdir. Konveksiyonun, Güneş yüzeyinde gözlenen birçok olay gibi, spektral çizgi asimetrisinin de asli sebebi olduğu düşünül-mekle birlikte (Koch ve ark., 1979; Dravins ve ark., 1981; Livingston, 1986; Hansmeier ve ark. 1990; Bonet ve ark. 1991; Wilson, 1994), çalışmamız, konvektif akışların hakimiyetindeki alt fotosferden kaynaklanan zayıf çizgiler hâric, bunun bütünüyle fotosferi kapsayan doyurucu bir açıklama olmadı-ğın göstermektedir. Bu cümleden olarak, yukarı fotosfer tabakalarından katkılar taşıyan daha şid-detli çizgiler için, asimetri sebepleri arasında tur-bulans ve dalgalar gibi granüler konveksiyona ilâve mekanizmalar da sayılmalıdır.

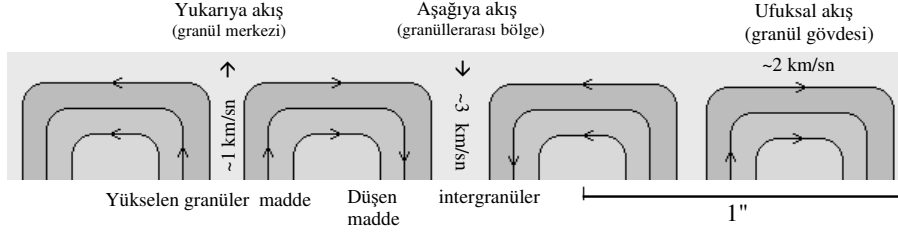
Başlıca sebep ister günümüzde yaygın olarak kabul edildiği gibi konvektif akışlar olsun, isterse dalgal-ar, türbülent girdaplar (Nesis ve ark., 1993) veyâ bir başka şey, spektral çizgi profil biçimlerinin yanı-sıttığı atmosferik şartlar ve oluşumlarla bunların et-kinliklerini tespit edebilmek için, öncelikle tüm çiz-giye ilişkin güvenilir bir asimetri ölçüsünün tanımlanmasına ihtiyaç vardır. Bu tanımın nicel sonuçlar vermesi, asimetrinin çeşitli atomik ve atmosferik parametrelerle ilişkilerinin araştırılabilmesi bakımından büyük önem taşır. Daha önce teklif etti-ğimiz (Kuli-Zade ve Başal., 1994; Başal., 1998) ve çalışmamızda sonuçlarını kullandığımız metod bu ihtiyâci gereğince karşılamaktadır.

3. Granülasyon ve Asimetri

Fotosfer altı Güneş akısının yüzeye taşınımında çok farklı büyüklüklerde olabilen hücresele konveksi-yonun rolü önemlidir. Görsel diski oluşturan sınır tabaka etkin bir granüler konveksiyon halindedir. Yüzeyde konvektif enerji nakli görüş sınırına ulaşabilen ve uzaya kaçabilen fotonlarla, yâni radyatif iletimle yer değiştirmektedir (Zirin, 1992). Sâkin fotosferin en belirgin özelliği olan ve birçoklarınınca spektral çizgi asimetrisinin asli sebebi olarak görülen granülasyon, tüm Güneş yüzeyini kaplayan ve %20 dolaylarındaki parlaklık kontrastı sâyesinde kolayca farkedilebilen (Anderson ve Avrett, 1991), ortalama büyüklükleri 1000 km ($\sim 1''$.35) ve ömürleri 10-15 dakika kadar olan, düzensiz çokgen yapılı irili-ufaklı konvektif hücrelerden oluşan bulgurlan-madır (Dravins ve ark., 1981). Fotosferin içine

nüfuz edebilen bu yapıların üst konvektif bölgenin yüzeydeki temsilcileri oldukları düşünülmektedir. Granüller, ~ 1 km/sn tipik hızlı merkezi yükselmeye eşlik eden sürekli enerji kaybıyla soğuyan sıcak maddenin, hücre sınırlarına doğru ~ 2 km/sn hızlı ufuksal akış sonrasında, ~ 3 km/sn'lik daha büyük

bir hızla aşağıya aktığı ~ 300 km eninde dar ve koyu oluklarla birbirlerinden ayrılırlar (Yükselme ve ufuksal akış hızları Anderson ve Avrett'ten (1991); aşağıya akış hızı Dravins ve ark.'dan (1981); oluk genişliği ise Zirin'den (1992) alınmıştır).

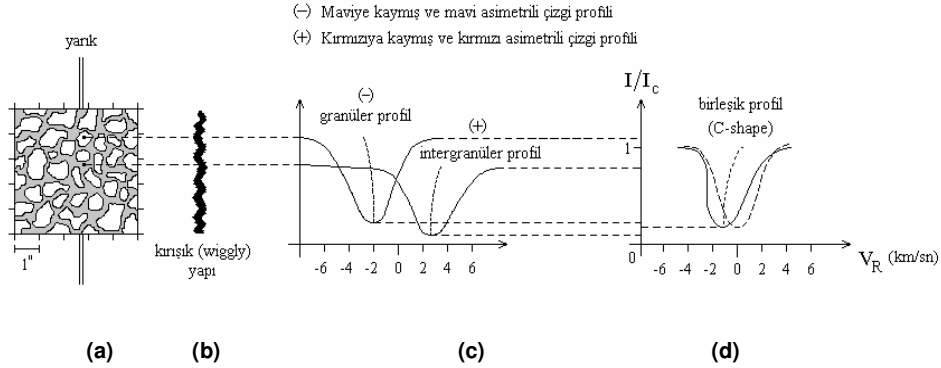


Şekil 1. Yükselen, alçalan ve ufuksal akan materyal ile bunların hızlarını gösteren bir granülasyon tasviri.

Şekil 1'de ölçekli bir çizimle ortalama granüler büyüklüklere ve akış hızlarına işaret edilmiştir. Görüldüğü gibi, herhangi bir anda irili-ufaklı bir milyon kadar benzer konvektif hücre barındıran sâkin fotosfer tekdüze olmaktan çok uzaktır. Granülasyon fotosferik dinamizmin en bâriz ve konumuz bakımından önemli göstergesidir. Öyle ki, Güneş fotosferi konvektif olarak sürüklenen ve granül adı verilen bu plâzma hareketleriyle karakterize edilmektedir (Hansmeier ve Nesis, 1994). Granülasyon basınç karışıklıklarının da bir kaynağı olmalıdır. Bu durum granüler gazın sıcaklık geçmişiinden görülebilir: Yüzeye doğru yükselen gaz 50 ila 100km'lik bir mesafede rayasyon kayıpları sonucu 5000 °K kadar ($\approx \%50$) soğutulmakta ve

yaklaşık 20 sn içerisinde tersine döndürülmektedir. Alçalmayla orantılı ve eş zamanlı olarak tekrar ısıtılan gaz, bu şekilde çevrimine devam eder gider (Nordlund, 1982).

Granülasyonun konvektif hücre karakteri üzerinde genel bir mutabakat olmakla birlikte, buna aykırı görüşler de vardır. Granüllerin sınırları şiddetli tubulans bölgeleriyle tanımlı turbulent girdaplar olabilecekleri fikri bunlardan biridir. (Roudier ve ark., 1991; Nesis ve ark., 1993). Zirin (1992) ise granülasyonu, sıcak ve parlak maddenin kolonlar halinde yüzeye yükselmesi ve soğuyarak kenarlarında aşağıya düşmesi şeklinde tanımlar.



Şekil 2. Elemanları uzaysal olarak ayrılmış ve ayrılmamış granüler alanlardan alınan spektrumlar itibarıyla, konveksiyonun çizgi asimetrilerine ve dalgaboyu kaymalarına nasıl sebep olduğunu gösteren bu seride; (a) yüksek ayrılmalı temsili bir granülasyon görüntüsünü, (b) yukarıya (~ 1 km/sn) ve aşağıya (~ 3 km/sn) akış örneklerinin sebep olduğu zıt yönlü Doppler kaymalarının spektral çizgiye abartılı yansımalarını (wiggly yapıyı), (c) yüksek şiddet ve sıcaklıklı yukarıya akış örnekleriyle daha düşük şiddet ve sıcaklıklı fakat daha hızlı aşağıya akış örneklerinin tek başlarına meydana getirecekleri monoton asimetrili ve dalgaboyları kaymış spektral çizgi profilleri ile bunların bisektörlerini, (d) aynı çizginin her iki akış örneğinden katkılar taşıyan birleşik spektrumda sahip olacağı profili ve klasik C-biçimli bisektörünü temsil etmektedir. Kesikli çizim hayali durağan bir atmosfere ait simetrik profili göstermektedir (Dravins ve ark., 1981'den uyarlamayla)

Radyal hareketlerin en belirgin olduğu disk merkezinde uzaysal ortalamayla alınan spektrumlar, hem yükselen sıcak ve parlak elemanları (granülleri) hem de bunları çevreleyen alçalan daha soğuk ve koyu bölgeleri (granüllerarası olukları) içerirler. Bu nedenle, herbiri kendine has bir derinlik aralığında meydana getirilen ve farklı kısımları farklı hızlı Doppler kaymalarına maruz kalan spektral çizgi profillerinin asimetrik olmaları beklenir (Şekil 2). Nitekim modeller de bu sonucu vermektedir (Bkz.ör. Dravins ve ark.,1981).

Netice olarak fotosferik homojensizliklerin göstergesi kabul edilen profil asimetrisi, derinliğe bağlı hareketlerin radyal yansımaları olarak düşünülmektedir. Bir başka deyişle, Fraunhofer çizgi asimetrisi fotosferik hız-derinlik ilişkisinin bir sonucudur.

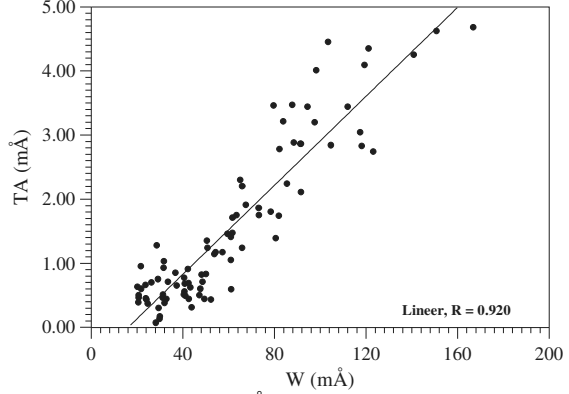
4. Çizgilerin Seçimi

Bu tür çalışmalarda hedef, meydana geliş şartları dışındaki unsurlara bağlı olmaksızın, çizgi oluşu mundan gelen doğal asimetrisi ortaya koymaktır. Spektral çizgilerin biçimlenmesine katkıda bulunan atmosferik dinamiklerin çizgi asimetrisiyle temsili ancak bu şekilde mümkün, çeşitli atomik ve atmosferik göstergelerle olan asimetri bağılıkları ancak bu durumda anlamlıdır. Dolayısıyla çizgilerin temiz olması, bağlı olarak çizgi seçimi, bu gibi çalışmalarda özel bir önemi hâizdir. Tablo 2, 4400 ilâ 7800 Å dalgaboyu aralığından seçerek değerlendirmeye aldığımız 87 adet optik bölge çizgisinin spektral tür ve iyonizasyon durumu itibarıyla dağılımını göstermektedir.

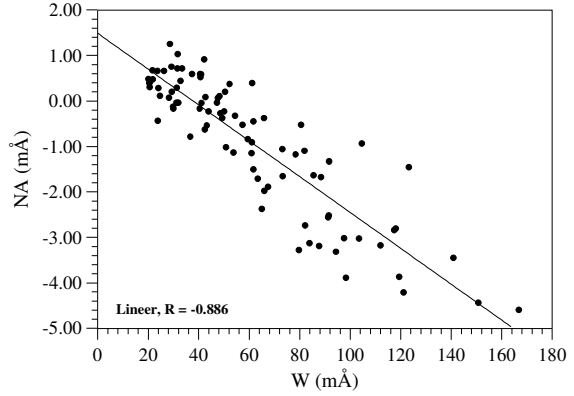
Tablo 2. Tüm çizgi örneğinin spektral tür ve iyonizasyon durumuna göre dağılımı.

Spektral Tür	Sayı	Spektral Tür	Sayı
FeI	54	TiI	5
FeII	6	TiII	1
NiI	9	CaI	3
CrI	6	CeI	1
CrII	1	CoI	1

Daha önce sunulan yeni bir metodla her bir çizgi için eşdeğer genişlik (W), Yarı maksimumdaki tam genişlik (Fwhm), merkezi derinlik (R_0), toplam asimetri (TA), net asimetri (NA) ve 3 özel profil derinliğindeki lineer asimetrisi (LA) hesaplanmışlardır (Seçim kriterleri, çizgi listesi, kullanılan metod, hesaplanan değerler, diğer bağılıklar ve sair ayrıntı için bkz. Başal, M., 1998).



Şekil 3. 4440-7850 Å dalgaboyu aralığından seçilen 87 çizgi için toplam asimetri-eşdeğer genişlik ilişkisi.



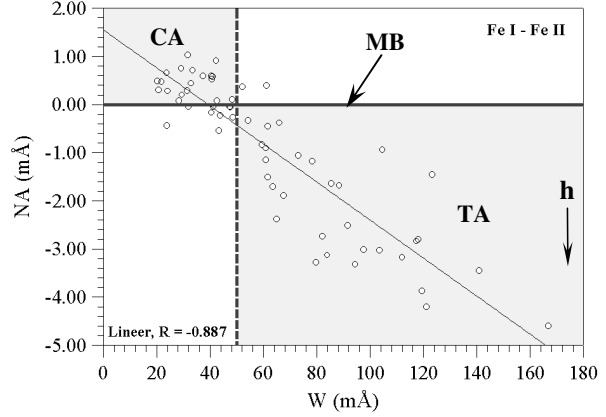
Şekil 4. Değişik elementlere ait 87 çizgili örneklerimiz için net asimetri-eşdeğer genişlik ilişkisi.

5. Asimetri-Şiddet İlişkileri

Çalışılan 87 çizgi için toplam asimetri-eşdeğer genişlik ilişkisinin sergilendiği Şekil 3'ten, asimetrinin çizgi şiddetiyle lineer temsile uygun bir artış sergilediği görülmektedir. Şiddetli çizgilerin daha kalın bir atmosfer aralığından katkılar taşımaları, dolayısıyla oluşumlarında farklı dinamiklerin de rol alabilecek olması sebebiyle, beklenen de budur. Ni-tekim granüler akışlar fotosferin tabanından itibaren yaklaşık 170 km'de etkinliğini kaybetmekte (Kneer, 1992; Hansmeier ve Nesis, 1994), daha yukarı ta-bakalarda asimetrisi farklı dinamiklerin katkısıyla oluşmaktadır. İlişki katsayısının yüksekliği dikkat çekicidir. Aynı bağılık tarafımızdan çizgi şiddetinin diğer temsilcileri olan merkezi profil derinliği ve profilin yarı derinliğindeki tam genişliği ile de araştırılmış, yine güçlü ilişkiler bulunmuştur. En az toplam çizgi asimetrisi kadar önemli olan ve radyal bileşenli fotosferik hareketlerin etkinliklerine dâir çarpıcı sonuçlar veren bir başka tanımlamamız, çizgi profilinde hangi asimetrinin ne kadar hâkim olduğunu gösteren net asimetridir. $NA < 0$ olduğu

mâvi asimetri hâkimiyetinde bir çizginin daha çok yükselen materyalin katkısıyla oluştuğunu söylemek mümkün iken, $NA > 0$ olduğu kırmızı hâkimiyetinde bir çizgi için yorum tersinedir. Böylece, çizgilerin takribi oluşum derinliklerinden itibâren, çeşitli fotosferik yüksekliklerde hangi tür hareketlerin daha etkili olduğuna dair fikir edinilebilir. Şekil 4'ten görüldüğü gibi net asimetriyle şiddet arasında da tartışmasız bir ilişki vardır ve bu ilişki çok mânidardır. Buna göre; çoğu yüksek eksitasyonlu (alt fotosfere ait) nispeten zayıf çizgiler için küçük ve pozitif değerler alabilen net asimetri, daha kuvvetli olanlara doğru hızla mâviye dönmekte ve giderek daha büyük negatif değerler almaktadır. Bir başka deyişle, asimetri hâkimiyeti şiddet artışıyla çok bâriz bir şekilde mâviye kaymaktadır. Genel kanı bunun tersinedir. Örneğin Dravins ve ark. (1981), granülasyonu başlıca asimetri sebebi kabul ederek; daha büyük alanlar kaplayan parlak, sıcak ve yükselen granüler bölgelerden gelen mâviye kaymış fotonların çizgi oluşumuna katkısının, daha küçük alanlar kaplayan sönük, nispeten soğuk ve alçalan granüllerarası oluklardan kaynaklananlardan daha fazla olduğu fikrinden hareketle, her iki bölgeyi de içeren uzaysal olarak ayrılmamış spektrumardaki çizgi profillerinin net mâvi asimetri göstermeleri gerektiği sonucuna varmışlardır. Oysa, daha önce arzettiğimiz gibi, zayıf çizgiler için durum bunun aksinedir ve yukarıya doğru hareketlerin fotosferik yükseklikle giderek belirginleşen hâkimiyetine işaret etmektedir. Bizce mesele; granülasyonun yegâne asimetri sebebi olmamasının yanısıra, sıcak ve yükselen granüler bölgelere atfedilen alanların gerçeğinden büyük, ufuksal akışlara atfedilenlerin ise gerçeğinden küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Fotosfer'in tabanından itibaren ($\tau_{5000}=1$ 'den T_{\min} bölgesine kadar) sıcaklık yükseklikle giderek daha hızlı azaldığı halde (Bkz. Tablo 1), nasıl olup da yükselme hareketlerinin etkinliği üst fotosfere doğru giderek artabilmektedir? Bu sonuç konveksiyon hârici dinamiklerin çizgi biçimlenmesine katkıları bakımından artan yükseklikle giderek önem kazandıklarını düşündürmektedir. Bu anlamda granüler etkinliğin kalmadığı yüksek fotosfer tabakalarında asimetriye net katkısı ihmal edilen düzensiz hareketlerin (turbulansın) yeni bir bakış açısıyla tekrar ele alınması, bunun yanısıra dalgalı taşınımın da ihmal edilmemesi yerinde olacaktır. Konveksiyon tabakası orijinal çeşitli periyotlu dalgalar belki orta ve üst fotosferdeki hareketleri tetikleyen mekanizmalar olarak düşünülebilirler (Başal, 1991). NA-W ilişkisinin fotosferik şartların en iyi gös-tergesi olan Fe çizgileri için araştırıldığı Şekil 5'teki durum da aynıdır. Buraya kadar verilen bilgiler ışığında yapılacak dikkatli bir

yorumla, Fraunhofer çizgilerinin şiddet ve net asimetrisine



Şekil 5. Örneğimizdeki Fe çizgileri için net asimetrinin eşdeğer genişliğe bağlılığı.

göre farklı özellikli fotosfer tabakalarının temsilcileri olarak sınıflanabilecekleri görülmektedir. Bunun için net asimetrinin işaretinin (dolayısıyla asimetriyi doğuran radyal hareketlerin rölâtif etkinliklerinin) değiştiği 0 mÅ ve onun dağılım üzerindeki yaklaşık şiddet tekâbülü olan 50 mÅ değerleri uygundur. Grafik, yazarın adını da çağrıştırır şekilde adına "Karışım Sınırı" (Mixing Boundary) MB diyeceğimiz bu noktadan geçen temsili bir sınırla ikiye ayrılabilir. Tanımladığımız karışım sınırı yalnızca hâkim asimetrinin değil, aynı zamanda bu asimetrisini doğuran etkenlerin de değişimine işaret etmektedir. Alt fotosferde granüler akışların hâkimiyetinde şekillenen çoğunlukla yüksek eksitasyonlu zayıf çizgilerin genellikle küçük kırmızı asimetrisi sergiledikleri dikkâte alındığında, MB'nin granüler konveksiyonun etkinliğini yitirdiği ve asimetrinin karakterini değiştirdiği sınıra karşılık geldiği görülür. NA'nın giderek büyüyen negatif değerlerine tekâbüle eden bundan yukarıya için artık turbulans ve/veyâ dalgalar gibi farklı asimetri mekanizmaları akla gelmelidir. Dolayısıyla; etkin oluşum yükseklikleri fotosferin tabanı ile (0 km) granülasyon sınırı ($\approx 170 \text{ km}$) arasında kalan ve eşdeğer genişlikleri 50 mÅ 'a kadar olup yalnızca küçük kırmızı asimetrisi gösteren çizgilerin yer aldığı MB'nin üstündeki kısım Konvektif Alan (Convective Area: CA), 50 mÅ 'dan daha büyük eşdeğer genişliklere ve şiddetle giderek artan negatif net asimetrisine sâhip çizgilerin yer aldığı MB'nin altında kalan kısım ise Turbulent ve/veyâ Dalgalı Alan (Ör. Turbulent Area: TA) olarak isimlendirilebilir. Üst fotosferin hakim dinamikleri güvenilir bir şekilde belirlenmeden bu bölge için nihâi isimlendirmede bulunmak makul görünmemektedir. NA'nın sıfır seviyesine istinâden granülasyon

sınırında olduğu düşünülen MB'nin, aynı zamanda ≈ 180 km'lik fotosferik basınç ölçek yüksekliğinin de (Zirin, 1992) yakınında olması kayda değerdir. Basınç ve yoğunluk bu yükseklikle sıcaklığın fonksiyonları olarak üst fotosfere doğru çok hızlı bir şekilde düşmektedir. Granüler akışların etkinliğini yitirdiği konveksiyon sınırına yerleştirdiğimiz MB civârında artık hücresel taşınım sonlanmakta, granüler enerji boşalımı ile muhtemelen daha üst tabakanın dinamiklerine katkıda bulunmaktadır. Dolayısıyla MB, üst fotosfere geçişi tanımlayan özel fiziksel şartlara sâhip çok dar bir sınır bölgesi olarak düşünülmelidir.

Sonuç olarak, keyfi kalınlıklı yatay dilimlere ayırdığımız absorpsiyon çizgi profilinin her bir dilimi için hesapladığımız diferansiyel asimetri ile işaretli toplamıyla tanımladığımız "net asimetri" kavramı kullanılarak, takribi çizgi oluşum derinlikleri itibâriyle alçak ve yüksek fotosfer tabakalarında etkin hareketlerin şiddet ve karakterleri hakkında bilgi edinilebilmektedir.

6. Kaynaklar

- ANDERSON, L.S., AVRETT, E.H. 1991, The Photosphere as a Radiative Boundary, Solar Interior and Atmosphere, The University of Arizona Press, ISBN 0-8165-1229-9, 670-687
- BAŞAL, M. 1991, Gözlemler ve Teoriler Işığında Yıldız Kromosferleri, Korona ve Rüzgârları, Yük. Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- BAŞAL, M. 1998, Güneş Spektrumundaki Fraunhofer Çizgilerinin Asimetrisi Problemi, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- BONET, J.A., MARQUEZ, I., VAZQUEZ, M. 1991, Asymmetries and Shifts of the Solar KI $\lambda 7699$ Å Line and Possible Evidence for Gravity Waves in the Solar Photosphere, A&A, Vol.244, 492-500
- DELBOUILLE, N., ROLAND, G., NEVEN, L. 1973, Photometric Atlas of the Solar Spectrum from $\lambda 3000$ to $\lambda 10000$, Institut d'Astrophysique de L'Universite de Liege, Belgium,
- DRAVINS, D., LINDEGREN, L., NORDLUND, A. 1981, Solar Granulation: Influence of Convection on Spectral Line Asymmetries and Wavelength Shifts, A&A, Vol.96, 345-364
- HANSLMEIER, A., MATTIG, W., NESIS, A. 1990, High Spatial Resolution Observations of Some Solar Photospheric Line Profiles, A&A, Vol.238, 354-362
- HANSLMEIER, A., NESIS, A. 1994, Non Linear Dynamics of the Solar Granulation (A first Approach), A&A, Vol.286, 263-268
- KNEER, F. 1992, Small-Scale Waves and Motions in Photosphere and Chromosphere of the Sun, Annales Geophysicae, Vol.10, 47-53
- KOCH, A., KUVELER, G., SCHROTER, E.H. 1979, On Depth-Dependence of Photospheric Oscillations, Solar Physics, Vol. 64, 13-25
- KULİ-ZADE, D.M., BAŞAL, M. 1994, The Quantitative Method for Line Asymmetry Determination, Tr. J. of Physics, Vol.18, 926-929
- LIVINGSTON, W.C. 1986, The Role of Fine Scale Magnetic Fields on the Structure of the Solar Atmosphere, Cambridge University Press, ISBN 0-521-342813
- MALTBY, P., AVRETT, E.H., CARLSON, M. 1986, A New Sunspot Umbral Model and its Variation with the Solar Cycle, Ap. J., Vol.306, 284-303
- NESIS, A., HANSLMEIER, A., HAMMER, R. 1993, Dynamics of the Solar Granulation: (II. Quantitative Approach), A&A, Vol.279, 599-609
- NORDLUND, A. 1982, Numerical Simulations of the Solar Granulation, A&A, Vol.107, 1-10
- PRIEST, E.R. 1984, Solar Magnetohydrodynamics, Reprinted with Corrections, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, ISBN 90-277-1374-X
- ROUDIÉ, T., MULLER, R., MEIN, P. 1991, Dynamics of Solar Granulation: II. Statistical Analysis, A&A, Vol.248, 245-255
- STIX, M. 1989, The Sun, Springer Verlag, Berlin, Germany, ISBN 3-540-50081-2
- WILSON, P.R. 1994, Solar and Stellar Activity Cycles, Cambr. Univ. Press, Cambridge, ISBN 0-521-43081-X
- ZIRIN, H. 1992, The Sun: A Laboratory for Astrophysics, NATO ASI Series, Series C. Mathematical and Physical Sciences- Vol.373, Kluwer Academic Publ., Netherlands, ISBN 0-7923-1811-0