

Güneş Kromosferindeki Salınımlar

Z. Funda Bostancı^{1*}, Nurol Al¹, Asuman Gültekin¹

¹İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, Güneş kromosferinin sakin ve yarı-aktif bölgelerinde gözlenen koyu iplikli yapıların periyodik özellikleri araştırılmıştır. Çalışmaya konu olan veriler, Kanarya adalarından biri olan Tenerife'de kurulu Vakum Kule Teleskopu'ndaki iki boyutlu Fabry-Perot Spektrometresi kullanılarak elde edilmiştir. Gözlemler sırasında H α spektral çizgisi 125 mÅ'lık adımlarla 18 farklı dalgaboyu noktalarında taranmıştır. Güneş atmosferindeki farklı derinlikleri incelemek için H α çizgi merkezinden 0.3 ve 0.7 Å uzaklıktaki kanatlara ait Doppler ve şiddet görüntü serileri oluşturulmuş, wavelet analizi kullanılarak güç, koherans ve faz spektrum haritaları elde edilmiştir. Burada, bir ağyapı bölgesi ile bir yarı-aktif bölgede gözlenen ince yapılarıdaki salınımların periyodik özellikleri birbirleri ile karşılaştırılarak incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Sun: oscillations, Yıldızlar, Ötegezegenler

1 Giriş

Sakin Güneş kromosferine H α çizgi profilinin kanatlarında bakıldığında manyetik ağyapı olarak da bilinen süpergranül hücre sınırlarında koyu ince iplikli yapılar gözlenmektedir. Ağyapı içerisindeki parlak noktalardan çıkıyormuş gibi görünen bu yapılar Güneş diski üzerinde gözlemlendiğinde *mottle*, Güneş diski kenarında gözlemlendiğinde *spikül* olarak tanımlanır. Konumlarına göre mottleler iki farklı şekilde gruplaşır; eğer üç süpergranül hücrenin birleştiği yerde bulunuyor ise *rozet*, süpergranül hücre kenarında bulunuyor ise *zincir* adını alırlar (Beckers, 1963, 1968; Bray ve Loughhead, 1974; Suematsu ve diğ., 1995).

Aktif Güneş kromosferine H α çizgisinde bakıldığında farklı bir özellik sergileyen koyu ince uzun yapılar gözlenmektedir. Fibril adı verilen bu yapılar, geleneksel fibril ve dinamik fibril olarak iki gruba ayrılmaktadır. Dinamik fibriller aktif bir plaj bölgesinde bulunan kısa ömürlü, uzunluğu daha kısa olan jet benzeri yapılar iken geleneksel fibriller yüzeye daha paralel, daha uzun ömürlü ve daha uzun olan kararlı yapılarıdır (De Pontieu ve Erdelyi, 2006; Hansteen ve diğ., 2006; Tsiropoula ve diğ., 2012).

Bu ince yapıların kromosferin ısıtılmasında katkıda bulunan önemli birer kaynak olduğu düşünüldüğü için, yapılarda gözlenen salınımların ayrıntılı araştırılması son zamanlarda oldukça önem kazanmıştır. Bu çalışmada, iki boyutlu spektroskopik gözlem verilerinin avantajından faydalanılarak, güneş atmosferinin farklı derinliklerinde gözlenen bu koyu ince yapılarıdaki salınımlar araştırılacaktır.

2 Gözlemler ve Analizler

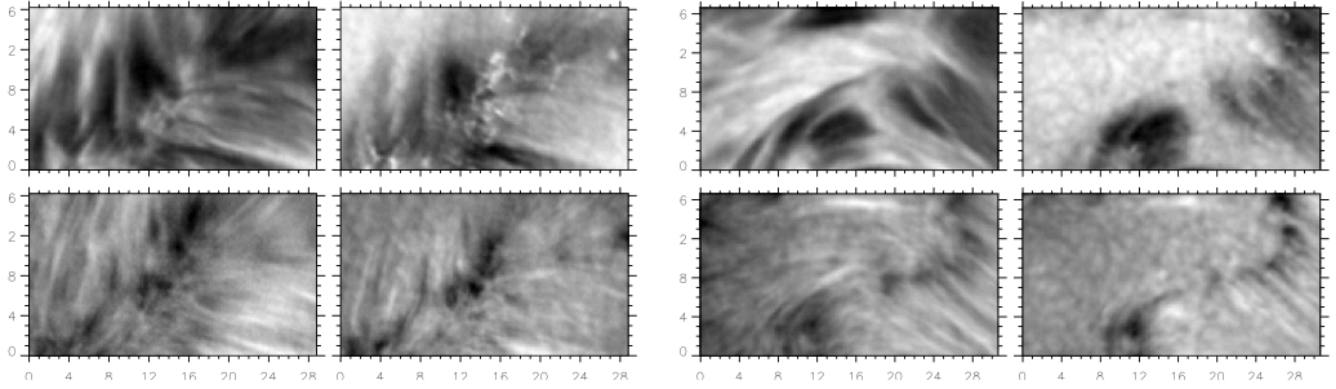
Bu çalışmada kullanılan veriler Güneş kromosferinde bir ağyapı bölgesi ile küçük bir aktif bölgenin, Tenerife'de bulunan VTT teleskobunda kurulu olan iki boyutlu Fabry-Perot spektrometresi ile H α 'da gözlenmesiyle elde edilmiştir. Gözlemler sırasında H α spektral çizgisi 125 mÅ adımlarla taranarak 18 farklı dalgaboyunda görüntüler alınmıştır. Geniş bant ve dar bant görüntüleri eşzamanlı kayıt edilmiştir. Gözlemler sonunda 49 s aralıklarla toplam 60 taramadan oluşan bir seri elde edilmiştir. Görüntü ölçeği piksel başına 0".1 olup, görüş alanı

38".4 × 28".6 büyüklüğündedir. Standart CCD indirgemele-
rinin ardından, spekl yeniden oluşturma tekniği kullanılarak geniş ve dar bant görüntüleri üzerindeki arz atmosferinin neden olduğu bozucu etkiler uzaklaştırılmıştır. Darbant görüntülerinin üst üste çıkartma işlemi sonunda görüş alanının son büyüklüğü ağyapı bölgesi için 28".8 × 16".2, aktif bölge için 30".6 × 16".7 olmuştur (Bostancı, 2009; Gültekin, 2010).

Görüş alanı içerisindeki ince yapıların hem morfolojik özelliklerini hem de dinamiğini araştırmak için şiddet ve Doppler hız görüntülerine gerek duyulmaktadır. Bu çalışmada H α çizgi merkezinden 0.3 ve 0.7 Å uzaklıklardaki görüntüler dikkate alınarak, iki farklı atmosferik derinlik için şiddet ve Doppler görüntüleri, her bir taramanın söz konusu derinliğine karşılık gelen görüntüleri toplanarak ve farkı alınarak oluşturulmuştur. H α çizgi merkezinden 0.3 Å uzaklıkta alınan görüntü kromosfer tabakasının, merkezden 0.7 Å uzaklıktaki ise fotosfer tabakasının özelliklerini yansıttığı düşünülmektedir. Şekil 1'de ortalama şiddet ve Doppler görüntüleri sunulmuştur. Şekildeki sol dördümlü panelin görüş alanında bir ağyapı bölgesi vardır. Ağyapı sınırlarını belirleyen parlak noktalar çizgi merkezinden 0.7 Å uzaklıkta alınan görüntüde dikkati çekerken, çizgi merkezine yakın görüntüde mottleler kendini daha iyi belli etmektedir. Şekildeki sağ dördümlü panelin görüş alanında ise yarı-aktif bir bölge vardır. Görüş alanının sol alt ve sağ üst kısımlarında yer alan iki parlak nokta grubu çizgi merkezinden 0.7 Å uzaklıktaki görüntüde kendini belli ederken, fibriller çizgi merkezine yakın görüntüde daha belirgin görülmektedir. Doppler görüntülerindeki koyu bölgeler aşağıya doğru, parlak olanlar ise yukarıya doğru madde hareketini göstermektedir. Doppler haritalarından da görüleceği gibi hem mottle hem de fibrillerin olduğu yerlerde madde her iki yönde hareket etmektedir.

Gözlenen her iki bölgenin periyodik özelliklerini incelemek için Doppler görüntü serilerine wavelet analizi (Torrence ve Compo, 1998) uygulanarak Doppler güç spektrum haritaları elde edilmiştir. Daha sonra çapraz wavelet dönüşümü yardımıyla seçilen iki atmosferik derinliğe karşılık gelen Doppler değişimleri arasındaki faz farkı spektrum haritaları oluşturulmuştur. En son olarak üç farklı frekans aralığı (0.7-1.7, 2.4-4.1 ve 4.9-8.3 mHz) için elde edilen güç ve faz farkı haritalarının ortalaması alınmıştır. Seçilen bu frekans aralıkları sırasıyla, uzun, 5 dakikalık ve 3 dakikalık periyot aralıklarına karşılık gelmektedir (Bkz Bostancı ve diğ., 2014).

* funda.bostanci@istanbul.edu.tr



Şekil 1. İki farklı atmosferik derinlik için ortalama şiddet (ilk sıra) ve Doppler görüntüleri (ikinci sıra). Atmosferik derinlik sağdan sola doğru artmaktadır. Soldaki dörtlü panelin görüş alanında bir ağyapı bölgesi gözlenirken, sağdaki dörtlü panelde yarı aktif bir bölge vardır. Doppler görüntülerindeki koyu bölgeler aşağıya doğru, parlak olanlar ise yukarıya doğru hareketi göstermektedir. Görüş alanının büyüklüğü $28'' .8 \times 16'' .2$ (sol dörtlü panel) ve $30'' .6 \times 16'' .7$ (sağ dörtlü panel)'dir.

3 Tartışma ve Sonuç

Ortalama Doppler güç ve faz farkı haritaları sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir. Güç haritalarındaki parlak bölgeler güçlü kuvvetli olduğu yerlere karşılık gelmektedir. Faz farkı haritalarındaki pozitif (kırmızı) ve negatif (mavi) değerler sırasıyla yukarıya ve aşağıya doğru ilerleyen dalgaları göstermektedir.

3.1 Doppler Güç Haritaları

Uzun periyot aralığı; ağyapı bölgesine bakıldığında kromosfer tabakasında gücün yapılar üzerinde bir dağılım sergilediği, fotosferde ise daha çok ağyapı üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Yarı aktif bölgede ise, güç kromosferde tüm görüş alanında bir dağılım gösterirken, fotosferde gücün ağırlıklı olarak fibriller üzerinde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Özellikle sol alt bölgedeki fibril grubu üzerindeki güç yoğunlaşması dikkat çekmektedir. Yapıların olmadığı yerde güç granüler dağılım göstermektedir.

5 dakikalık bant aralığı; kromosferde ağyapı bölgesinde gücün tüm görüş alanına yayıldığı, ağyapı üzerinde ve çevresinde ise biraz bastırıldığı gözlenmektedir. Fotosferde ise güç daha çok ince yapılar üzerinde yoğunlaşmıştır. Yarı aktif bölgede de gücün kromosferde tüm görüş alanına yayıldığı, fotosferde ise fibriller üzerinde kuvvetlendiği görülmektedir.

3 dakikalık bant aralığı; ağyapı bölgesinde, yüksek atmosferik tabakalarda gücün ağyapı çevresinde kuvvetli bastırıldığı, alt tabakalarda ise ağyapı ve çevresinde arttığı görülmektedir. Yarı aktif bölgede, gücün kromosferde fibrillerin olmadığı bölgelerde yoğunlaştığı, fibriller üzerinde tamamen bastırıldığı, fotosferde ise fibriller üzerinde yoğunlaşmış olduğu görülmektedir. Ancak fibriller üzerindeki bu güç artışı 5 dakikalık bölgedeki artışa göre daha zayıftır.

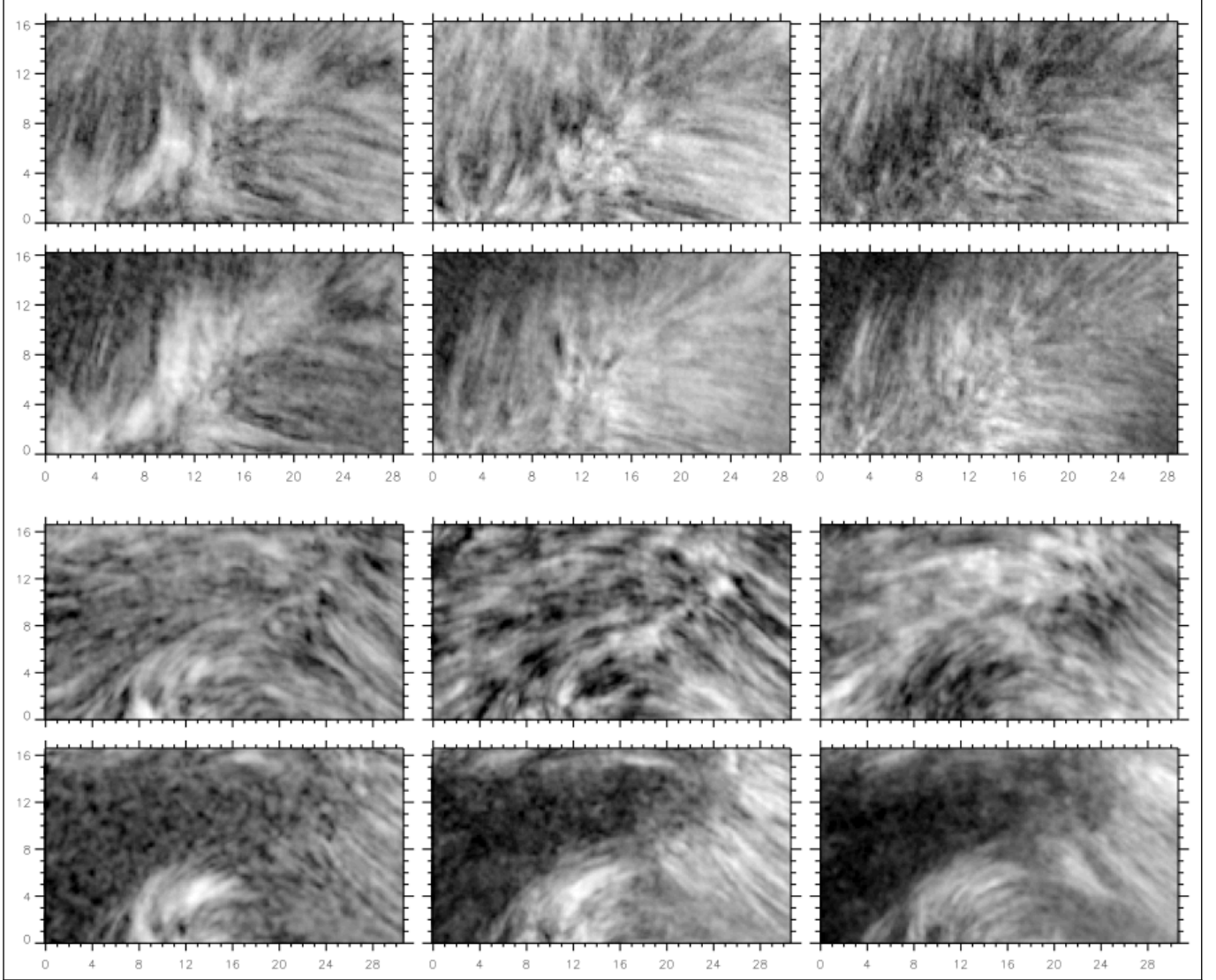
3.2 Faz Farkı Haritaları

Uzun periyot aralığı; ağyapı bölgesinde, manyetik alan çizgilerinin yüzeye hemen hemen dik olduğu manyetik ağyapı üzerinde yukarıya doğru ilerleyen dalgalar gözlenirken yapıların eğimli manyetik alan boyunca uzandığı ağyapı içi bölgede hem yukarıya hem de aşağıya doğru yayılan dalgalar gözlenmiştir. Benzer bir bulguyu Gupta ve diğ., (2013) de rapor etmişlerdir. Vecchio ve diğ., (2007) frekans akustik cut-off frekansının altında olan dalgaların manyetik elemanlar içerisinde fotosferden kromosfere doğru ilerleyebildiğini göstermişlerdir. Fib-

ril bölgesine bakıldığında, sol alt grupta iki yönlü dalgaların olduğu, sağ üst grupta ise yukarıya ilerleyen dalgaların baskın olduğu tespit edilmiştir. Benzer farklılık güç haritalarında da ortaya çıkmıştır; sol alt grupta fotosferden kromosfere doğru güç azalışı gözlenirken sağdaki grupta güç artışı gözlenmiştir. Güçteki bu artış p-modların eğimli manyetik alan çizgileri boyunca üst tabakalara sızması (De Pontieu ve diğ., 2004) şeklinde yorumlanabilir.

5 dakikalık bant aralığı; mottleların sıklaştığı ağyapı çevresinde manyetik alan tarafından aşağıya doğru yansıtılmış dalgalar gözlenmekte iken, yapıların daha seyrek olduğu yerlerde yukarıya doğru ilerleyen dalgalar dikkat çekmektedir. Aşağıya doğru yansıtılan dalgalar kendini güç haritalarında da göstermektedir. Ağyapı çevresindeki güç fotosferde kuvvetli görünürken kromosferde bastırılmıştır. Üst tabakalarda gözlenen bu güç azalması 'manyetik gölgelenme' olarak adlandırılmaktadır. İki boyutlu simülasyonlarla manyetik alanın oldukça eğimli olduğu yerlerde dalgaların aşağıya yüzeye doğru geri yansıtıldığı gösterilmiştir (Rosenthal ve diğ., 2002). Fibril bölgesinde, sol alt grupta ağırlıklı olarak aşağıya yönelen dalgalar baskın iken sağ üst grupta hem aşağıya hem yukarıya doğru ilerleyen dalgalar gözlenmektedir.

3 dakikalık bant aralığı; ağyapı bölgesinde mottlelar üzerinde hem aşağıya hem de yukarıya doğru ilerleyen dalgalar gözlenmektedir. Fakat güç haritalarına bakıldığında kromosferdeki güç baskılanmasının 5 dakikalık bant aralığındaki güç baskılanmasından daha kuvvetli olduğu görülmüştür. Dolayısıyla dalgaların aşağıya doğru kuvvetli yansımaları beklenirken faz haritaları bu sonucu desteklememektedir. Bu durum aşağıya doğru yönelen dalgaların yukarıya doğru ilerleyen akustik dalgalar tarafından boğulması şeklinde açıklanabilir. Benzer şekilde her iki gruptaki fibriller bölgede de hem pozitif hem negatif faz farkı değerleri gözlenmektedir. Pozitif faz farkı değerlerin eğimli manyetik alan tarafından engellenmeyen ve yukarıya ilerleyebilen dalgalara, negatif değerlerin ise eğimli manyetik alanlar tarafından yansıtılan akustik dalgalara işaret ettiği düşünülmektedir. Diğer taraftan bu durum fibriller yapısının olmadığı ve akustik dalgaların yukarıya ilerleyebilmesi gereken bölgedeki negatif faz değerlerini açıklamamaktadır. Söz konusu bölgede aynı zamanda kromosfere doğru bir güç artışı da gözlenmektedir. Gözlenen bu bulgunun aşağıya doğru yönelmiş sönümlenen dal-



Şekil 2. Ağyapı bölgesi (üst panel) ve yarı-aktif bir bölge (alt panel) için iki farklı atmosferik derinliğe (panelin üst satırı kromosfere, alt satırı fotosfere) ait Doppler görüntü serilerinden elde edilen ortalama güç haritaları. Sütunlar seçilen üç frekans aralığını göstermektedir. Görüntü ölçeği logaritmiktir ve parlak yerler gücün kuvvetli olduğu bölgelerdir.

gaların bir sonucu olup olmadığı belirsizdir. Yine aynı bölgede 5 dakikalık bantta beklenmeyen pozitif faz değerleri ve üst atmosferik tabakada da bir güç artışı görülmektedir. Bu güç artışının dalga kırılmasının bir sonucunda ortaya çıkmış olabileceği düşünülmektedir.

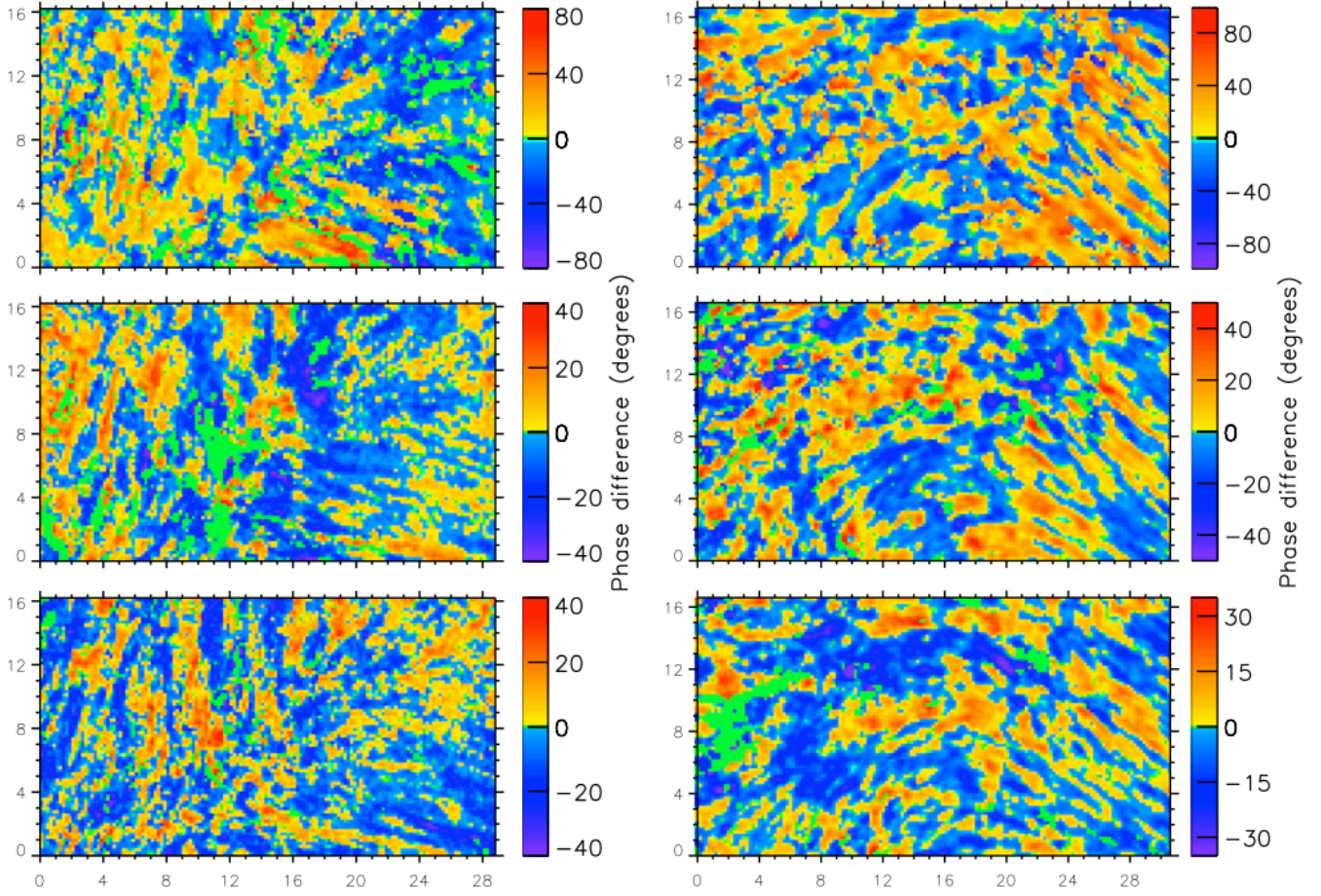
Bu çalışmadan da görülebileceği gibi elde edilen bazı sonuçlar literatürdeki çalışmalarla açıklana-bilmektedir. Ancak fibril bölgesinde 3 dakikalık bant aralığında fibriler yapının olmadığı bölgedeki negatif faz değerlerinin ya da 5 dakikalık bantta yine aynı bölgedeki pozitif faz değerlerinin ve komosferik yüksekliklerde gözlenen güç artışının sebebinin daha iyi anlaşılabilmesi ve açıklanabilmesi için Güneş atmosferinde koro-nayı da içeren çok daha geniş bir yükseklik aralığı eş zamanlı gözlenerek wavelet analizi yardımıyla dalgaların özelliklerinin ortaya konması gerekmektedir.

4 Teşekkür

Z. Funda Bostancı, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 51394 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Beckers J. M., 1963, ApJ, 138, 648
 Beckers J. M., 1968, Sol. Phys., 3, 367
 Bray R. J., Loughhead R. E., 1974, The Solar Chromosphere. Chapman and Hall, London
 Bostancı, Z. F., 2009, PhD Tez. İstanbul Üniversitesi
 Bostancı, Z. F., Gültekin, A. ve Al, N., 2014, MNRAS, 443, 1267-1273
 De Pontieu B., Erdelyi R., James S. P., 2004, Nature, 430, 536
 De Pontieu B., Erdelyi R., 2006, R. Soc. Lond. Phil. Trans. Ser. A, 364, 383
 Gupta G. R., Subramanian S., Banerjee D., Madjarska M. S., Doyle J. G., 2013, Sol. Phys., 282, 67
 Gültekin, A., 2010, PhD Tez. İstanbul Üniversitesi



Şekil 3. Ağyapı bölgesi (sol panel) ve yarı-aktif bölge (sağ panel) için $H\alpha$ çizgi merkezinden 0.3 ve 0.7 Å uzaklıklardaki Doppler değişimleri arasındaki ortalama faz farkı haritaları. Satırlar yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla 0.7-1.7, 2.4-4.1 ve 4.9-8.3 mHz aralığındaki ortalama faz farkı haritalarını göstermektedir. Kırmızı ve mavi bölgeler ise yukarıya ve aşağıya doğru ilerleyen dalgalara karşılık gelmektedir.

Hansteen V. H., De Pontieu B., Rouppe van der Voort L., van Noort M., Carlsson M., 2006, ApJ, 647, L73
 Rosenthal C. S. et al., 2002, ApJ, 564, 508
 Suematsu Y., Wang H., Zirin H., 1995, ApJ, 450, 411
 Torrence C., Compo G. P., 1998, Bull. Am. Meteorol. Soc., 79, 61
 Tsiropoula G., Tziotziou K., Kontogiannis I., Madjarska M. S., Doyle J. G., Suematsu Y., 2012, Space Sci. Rev., 169, 181
 Vecchio A., Cauzzi G., Reardon K. P., Janssen K., Rimmele T., 2007, A&A, 461, L1

Erişim:

O53-1420: UAK-2015 Program — UAK Bildiri — Turkish J.A&A.