

Gezegenli Yıldızların Asterosismik İncelenmesi

Cenk Kayhan^{1,2}*, Mutlu Yıldız¹, Zeynep Çelik Orhan¹

¹Ege Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İzmir

²İSTEK Bilim Merkezi, İstanbul

Özet

Güneş benzeri titreşim yapan yıldızların temel parametreleri asterosismoloji sayesinde duyarlı bir şekilde elde edilir. Gezegenlerin temel parametreleri yıldızlarının temel parametrelerine bağıllık gösterdiğinden, keşfedilen gezegenli yıldızların asterosismoloji ile incelenmesi gezegenin temel parametrelerinin türetilmesi açısından önemlidir. Bu çalışma kapsamında farklı evrim basamaklarında yer alan gezegen ve gezegen adayına sahip güneş benzeri titreşim gösteren 22 yıldız ayrıntılı olarak incelendi. İncelenen herbir yıldızın iç yapı modelleri sonucunda elde edilen temel parametreleri türetilmiştir.

Anahtar Kelimeler: asteroseismology, Yıldızlar, Ötegezegenler

1 Giriş

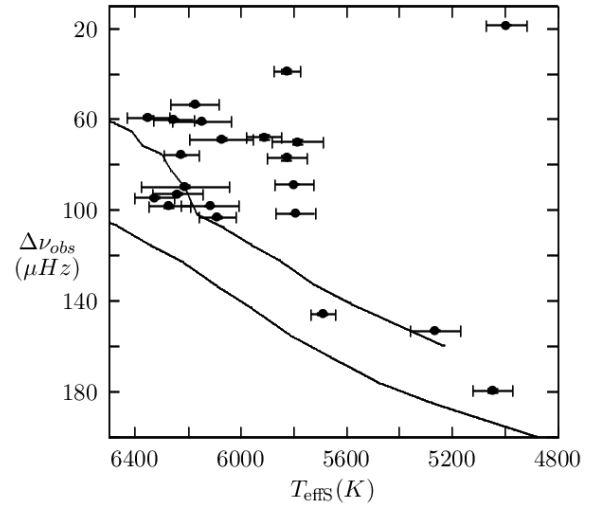
Günümüzün uzak hedeflerinden olan başka bir gezegende yaşama veya başka bir gezegende yaşamın bulunabileceği fikri, bizi gezegenli sistemlerin daha ayrıntılı incelenmesine yöneltti. Gezegenli sistemlerin birçok özelliği barınak yıldızın yapısı ve evrimi ile ilişkilidir. Gezegenlerin temel parametrelerinin duyarlı bir şekilde belirlenmesi barınak yıldızın özelliklerinin iyi belirlenmesine bağlıdır. Özellikle tek yıldızlar için etkin sıcaklık (T_{eff}), metal bolluğu ($[M/H]$) ve parlaklıklar (U,B,V,R vb.) tayf ve ışıkölçüm gözlemleri ile elde edilir. Bu değerler kullanılarak HR diyagramında işaretlenen yıldızın yapısı ve evrimi saptanmaya çalışılır. Ancak gözlemsel değerleri aynı olan farklı kütle ve metal bolluğu içeren birçok yıldız HR diyagramında aynı noktada yer alabilir. Bu nedenle bir yıldızın evrim durumunun anlaşılması için yalnızca HR diyagramının yeterli olmadığı açıktır. Bu amaçla yıldız iç yapı ve evrim modelleri yapılır. Gerçeğe daha yakın iç yapı modelleri için özeğe ve özeğe yakın katmanlar hakkında gözlemsel kısıtlara ihtiyaç duyulur.

Günümüzde iç yapıya dair gözlemsel veriler yıldız sismolojisi ile duyarlı bir şekilde elde edilir. Kepler ve CoRoT görevleri ile Güneş benzeri titreşim yapan gezegenli yıldızların gözlemi bu sistemlerin özelliklerini türetmede oldukça güçlü bir araç olan yıldız sismolojisinin kullanılmasını sağladı. Yıldız sismolojisi kullanılarak türetilen nicelikler bu yıldızların iç yapılarına ilişkin parametreleri diğer yöntemlerden çok daha yüksek duyarlılıkla hesaplanır. Sismik niceliklerden büyük ayrılma ($\Delta\nu$), ardışık sıralı ($n, n-1$) aynı dereceli (l) kiplerin frekanslarının farkıdır ($\Delta\nu = \nu_{n,l} - \nu_{n-1,l}$). Yoğunluğun karekökü ile orantılı olan büyük ayrılma, yarıçapa oldukça duyarlıdır. n değerleri ardışık ($n, n-1$), dereceleri arasında iki fark ($l, l+2$) bulunan frekansların farkı ise küçük ayrılma ($\delta\nu_{02} = \nu_{n,l} - \nu_{n-1,l+2}$) olarak adlandırılır.

Küçük ayrılma, Özektaki nükleer dönüşüm sonucu değişen ortalama molekül ağırlığına duyarlı olduğundan yaş ve evrim hakkında bilgi taşır. Bu niceliklere ek olarak model çıktı parametreleri ile de elde edilebilen en büyük genlik frekansı (ν_{max}), akustik kesme frekansı (ν_{ac}) ile orantılı olup;

$$\nu_{\text{max}} = g/T_{\text{eff}}^{0.5} \quad (1)$$

* cenkkayhan@gmail.com



Şekil 1. İncelenen yıldızların tayftan elde edilen etkin sıcaklığa karşı gözlemsel büyük ayrılma grafiği. Kalın ve ince çizgi sırasıyla SYAK ve TYAK'ı temsil etmektedir. Her iki kol da MESA evrim kodu ile 0.8-1.6 M_{\odot} kütle aralığında Güneş bolluğundaki modellerden elde edildi.

şeklinde hesaplanır (Brown v.ark. 1991). Hesaplanan bu üç sismik niceliğin yanı sıra Yıldız v.ark. (2014) tarafından önerilen ve referans frekansları olarak tanımlanan $\nu_{\text{min}0}$, $\nu_{\text{min}1}$ ve $\nu_{\text{min}2}$, $\Delta\nu - \nu$ grafiği çizilerek belirlenir. Bu minimumlar kullanılarak yıldızların temel parametreleri yüksek duyarlılıkla saptanır.

2 İncelenen Gezegenli Yıldızlar

Bu çalışma kapsamında farklı evrim basamaklarında yer alan gezegen ve gezegen adayına sahip güneş benzeri titreşim gösteren 22 yıldız ayrıntılı olarak incelendi. İncelenen yıldızların gözlemsel parametreleri Çizelge 1'de sunuldu. Bu yıldızlardan HD 52265 CoRoT, diğerleri Kepler uzay teleskobu tarafından gözlenmiştir.

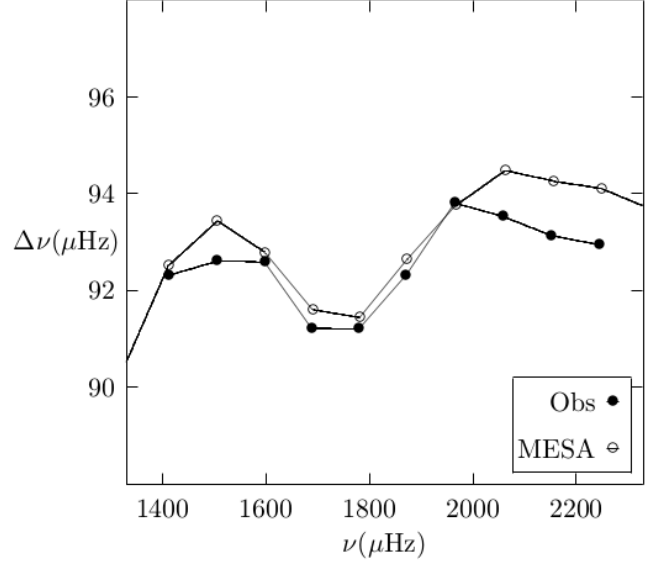
Bu yıldızların dördünde yıldızda (KIC 7199397, KIC 8866102, KIC 9592705 ve KIC 10666592) üç tane minimum referans frekansı $\Delta\nu - \nu$ grafiklerinde görüldü. Diğer yıldızlarda iki ya da bir minimum referans frekansı saptandı. Bu referans frekansları genellikle $\nu_{\text{min}0}$ ve $\nu_{\text{min}1}$ 'dir. Bu çalışmada incelenen yıldızların evrim durumları gözlemden elde

edilen etkin sıcaklığa karşı gözlemden elde edilen büyük ayrılma çizilerek Şekil 1'de gösterildi. Şekilde yer alan kalın ve ince çizgiler sırasıyla sıfır-yaş anakolu (SYAK) ve terk-yaş anakolu (TYAK)'nu gösterir. Hem SYAK hem de TYAK çizgileri MESA yıldız evrim kodu kullanılarak Güneş kimyasal bileşiminde 0.8-1.6 M_{\odot} kütle aralığındaki modellerden türetilmiştir. Yalnızca bir yıldız (KIC 10864656) kırmızı dev bölgesinde, diğerleri ya anakol yıldızı ya da altdevdir (Şekil 1). İncelenen güneş benzeri titreşim yapan yıldızların etkin sıcaklık aralığı 5000-6400 K'dir. KIC 10666592 en yüksek sıcaklığa sahip gezegenli yıldız olurken (6350 ± 80 K), bu çalışmadaki en soğuk yıldız 4995 ± 78 K ile KIC 10864656'dir.

3 Gezegenli Yıldızların Modellenmesi

Bu çalışma kapsamında yeterli gözlem verilerine sahip 22 barınak yıldız MESA evrim kodu (Paxton v.ark. 2011, 2013) ile modellenmiştir. İç yapı modellerinde konveksiyon kuramı için standart karışım uzunluğu kuramı (Böhm-Vitense 1958) varsayılmıştır. Konvektif overshooting etkisi ihmal edilmiştir. Yüksek ve düşük sıcaklıklardaki saydamsızlık için OPAL Iglesias & Rogers (1993, 1996) ve (Ferguson v.ark. 2005) saydamsızlık tabloları kullanılmıştır. Nükleer tepkime hızları için, Kunz v.ark. (2002) ve Cyburt v.ark. (2010) tarafından güncellenen Angulo v.ark. (1999) kullanılmıştır. Yüksek titreşim frekanslarının hesabı için atmosfer kosulları oldukça önemlidir. Yıldızdan yıldıza değişen bu kosulları basite indirgemek için MESA evrim kodu içerisinde yer alan simple_photosphere seçeneği kullanılmıştır (ayrıntılar için bkz. Paxton v.ark. (2011)). Elementlerin difüzyonu da hesaba katılmıştır (ayrıntılar için bkz. Paxton v.ark. (2011)). Difüzyon kütlesi $M_{\text{yil}} < 1.2M_{\odot}$ olan yıldızlar için hesaplanmıştır. Güneş bolluğu (Asplund v.ark. 2009) çalışmasındaki değerler kabul edilmiştir. Güneş değerleri olarak başlangıç hidrojen ve metal bolluğu, sırasıyla, $X = 0.70358$, $Z = 0.0172$, yaş $t = 4.57$ Gy ve karışım uzunluğu parametresi $\alpha = 2.175$ kullanılmıştır. Adyabatik titreşim frekansları ADIPLS kodu (Christensen-Dalsgaard 2008) ile türetilmiştir. Model ν_{max} değeri, (Brown v.ark. 1991) kullanılarak hesaplanmıştır (Güneş değerleri $\nu_{\text{max}\odot} = 3050$ μHz and $T_{\text{eff}\odot} = 5777$ K). Model titreşim frekanslarından elde edilen büyük ve küçük ayrılma için ortalama değerler hesaplanmıştır. Model referans minimumları Yıldız v.ark. (2014)'daki yöntem ile saptanmıştır. Yıldız evrim kodları yüzeye yakın bölgeleri modellemekte zorlanır. Bu nedenle titreşim frekanslarında yüzey düzeltmesi olarak adlandırılan bir yöntem başvurulmuştur. Bu çalışma kapsamında incelenen gezegenli yıldızlar için Kjeldsen, Bedding & Christensen-Dalsgaard (2008) tarafından geliştirilen düzeltme model titreşim frekanslarına uygulanmıştır.

İncelenen 22 gezegenli yıldızın iç yapı modelleri, tayf yoluyla elde edilen gözlem kısıtları olan etkin sıcaklık ve yüzey kütleçekim ivmesinin model ve gözlem arasındaki değerleri birbirine uyumlu olacak şekilde yapıldı. Bu gözlem kısıtlarının dışında gözlem titreşim frekansları ile bu frekanslar kullanılarak elde edilen asterosismik nicelikler (ν_{max} , $\Delta\nu$ ve $\delta\nu_{02}$) ile referans minimumları ($\nu_{\text{min}0}$, $\nu_{\text{min}1}$ and $\nu_{\text{min}2}$) göz önüne alındı. Titreşim frekansları yıldızın iç yapısı hakkında doğrudan bilgi taşıdığı için diğer gözlem kısıtlarından daha önemlidir. Elde edilen MESA model temel parametreleri gözlemsel parametrelerle kıyaslanırken titreşim frekansları ile gözlemsel titreşim frekansları $\Delta\nu - \nu$ grafiklerinde karşılaştırılarak en uygun modeller seçildi. Örnek olarak, incelenen yıldızlar arasında yer alan KIC 8292840 yıldızının $\Delta\nu - \nu$ grafiği Şekil 2'de çizildi. İncelenen yıldızların en iyi MESA modelinin parametreleri sismik nicelikleri sırasıyla Çizelge 2'de sunuldu.



Şekil 2. İncelenen yıldızlar arasında yer alan KIC 8292840 yıldızının gözlem (içi dolu) ve model (içi boş) titreşim frekansları kullanılarak çizilen $\Delta\nu - \nu$ grafiği. 1700 μHz civarında görülen min1 için model ve gözlem titreşim frekans desenlerinin uyumu grafikte görülür.

İncelenen yıldızlardan en düşük kütleli KIC 6278762 yıldızı ($0.74 M_{\odot}$), en büyük kütleli KIC 10864656 ($1.65 M_{\odot}$) yıldızdır. KIC 6278762 yıldız aynı zamanda listede bulunan en küçük yarıçaplı ($0.75 R_{\odot}$) ve en yaşlı (11.66 Gy) yıldızdır. En genç yıldız KIC 10666592 olup 1.91 Gy yaşındadır. İncelenen yıldızların etkin sıcaklıkları 5000-6400K aralığında ve başlangıç metal bollukları $Z_{\text{mod}} = 0.001 - 0.0265$ aralığında değişiyor.

4 Sonuç

Uzaydan yapılan gözlemler sayesinde elde edilen duyarlılığı yüksek verilerle yıldız sismolojisi alanında çok önemli gelişmeler oldu. Daha duyarlı veriler daha duyarlı gözlemsel kısıtların elde edilmesini sağladı. Böylece yıldız evrim modelleriyle daha duyarlı sonuçlar alındı. Yıldızların dış katmanlarından belirlenen gözlenebilir özellikleri, yıldız sismolojisi öncesine kadar, iç yapı hakkında oldukça az bir bilgi içerirken, duyarlı gözlemlerle birlikte titreşim frekansları kullanılarak yıldızların iç katmanları hakkında oldukça ayrıntılı fikir sahibi olduk. Kepler uzay teleskobu ile yapılan asterosismik çalışmalar, hem farklı evrim basamağında yer alan yıldızlar hem de gezegenli sistemler hakkında bilgi birikimini oldukça arttırdı. Gezegenlerin temel parametreleri barınak yıldızın parametrelerine doğrudan bağlıdır. Gezegenler hakkında bilgi edinmek için barınak yıldızların temel parametreleri yüksek duyarlılıkla elde edilmelidir. Birçok yıldızın yüzey metal bolluğu ve etkin sıcaklığı tayfsal ve ışıkölçüm gözlemleri sayesinde belirlenir. Asterosismoloji ile yıldız iç yapısı hakkında doğrudan bilgi taşıyan titreşim frekansları gözlenir.

Bu çalışma kapsamında gözlemsel verileri yeterli olan Güneş benzeri titreşim sergileyen 22 barınak yıldızın MESA evrim kodu kullanılarak iç yapı modelleri tayfsal ve sismik gözlemsel kısıtlar altında yapıldı. Farklı evrim basamaklarında yer alan 22 yıldızın MESA evrim kodu ile yapılan iç yapı modellerinden kütle, yarıçap, başlangıç bollukları (X, Y ve Z), yaş ve etkin sıcaklıkları hesaplandı. İncelenen yıldızların kütle aralığı

Çizelge 1. İncelenen yıldızların asterosismik ve tayf parametreleri. Sütunlar sırasıyla; yıldız ismi, etkin sıcaklık, metal bolluğu, yüzey kütleçekim ivmesi, en büyük genlik frekansı, titreşim frekansları arasındaki ortalama büyük ve küçük ayrılmalar, referans minimumları ve kaynaklar.

Yıldız	T_{effs} (K)	$[M/H]_s$ (dex)	$logg_s$	ν_{max} (μ Hz)	$\Delta\nu$ (μ Hz)	$\delta\nu_{02}$ (μ Hz)	ν_{min0} (μ Hz)	ν_{min1} (μ Hz)	ν_{min2} (μ Hz)	Kay.
HD 52265	6116 ± 110	0.22 ± 0.05	4.32 ± 0.20	2090.0 ± 20	98.1 ± 0.1	8.2	2338.1	1845.7	—	3,12,17
KIC 3544595	5689 ± 48	-0.15 ± 0.40	4.56 ± 0.06	3366.0 ± 81	145.8 ± 0.5	8.6	3283.2	2701.9	—	2,14,24
KIC 3632418	6148 ± 111	-0.19 ± 0.21	3.94 ± 0.21	1159.0 ± 44	60.9 ± 0.6	4.3	1422.1	1065.2	736.0	1,9,19,20
KIC 4349452	6270 ± 79	-0.04 ± 0.10	4.28 ± 0.03	2106.0 ± 50	98.3 ± 0.6	7.8	2365.2	1884.5	—	4,14,18
KIC 5866724	6211 ± 167	0.17 ± 0.06	4.23 ± 0.01	1880.0 ± 60	89.6 ± 0.5	7.6	2261.4	1698.3	—	8,14
KIC 6278762	5046 ± 74	-0.55 ± 0.07	4.60 ± 0.06	4538.0 ± 144	179.6 ± 0.8	9.5	4220.8	3411.7	—	6,10
KIC 6521045	5825 ± 75	0.02 ± 0.10	4.13 ± 0.03	1502.0 ± 31	77.0 ± 1.1	5.3	1643.2	1259.1	—	10,18
KIC 7199397	5824 ± 50	-0.22 ± 0.08	3.70 ± 0.10	644.0 ± 8	38.9 ± 0.8	—	747.0	552.8	—	10
KIC 7296438	5798 ± 75	0.30 ± 0.10	4.15 ± 0.15	1848.0 ± 16	88.7 ± 0.1	5.3	1983.2	1540.8	—	11,13
KIC 8077137	6072 ± 121	-0.09 ± 0.15	4.07 ± 0.03	1324.0 ± 39	68.8 ± 0.6	5.6	1494.3	1140.0	—	10,15
KIC 8292840	6239 ± 94	-0.14 ± 0.10	4.25 ± 0.04	1983.0 ± 37	92.9 ± 0.4	7.8	2245.6	1730.6	—	10,23
KIC 8866102	6325 ± 75	0.01 ± 0.10	—	2014.0 ± 32	94.5 ± 0.6	8.0	2420.8	1801.7	1342.0	10,25
KIC 9414417	6253 ± 75	-0.13 ± 0.10	—	1115.0 ± 32	60.1 ± 0.3	4.5	1059.6	730.2	—	10
KIC 9592705	6174 ± 92	0.22 ± 0.10	—	1008.0 ± 21	53.5 ± 0.3	4.9	1265.4	971.0	728.3	10
KIC 9955598	5264 ± 95	0.08 ± 0.10	4.29 ± 0.12	3546.0 ± 119	153.2 ± 0.1	9.0	3606.2	2842.8	—	1,14,19
KIC 10514430	5784 ± 98	-0.11 ± 0.11	—	1303.0 ± 30	70.0 ± 1.0	5.9	1388.2	1006.9	—	10
KIC 10666592	6350 ± 80	0.26 ± 0.08	4.07 ± 0.08	1115.0 ± 110	59.2 ± 0.6	4.5	1569.2	1182.2	796.5	10,21
KIC 10864656	4995 ± 78	-0.07 ± 0.10	3.35 ± 0.01	259.5 ± 4	18.6 ± 0.1	2.2	—	267.8	—	22
KIC 10963065	6090 ± 70	-0.25 ± 0.06	4.31 ± 0.08	2184.0 ± 62	103.2 ± 0.6	7.1	2338.8	1817.5	—	1,5,9,19
KIC 11295426	5793 ± 74	0.12 ± 0.07	4.28 ± 0.06	2154.0 ± 13	101.6 ± 0.1	5.6	2212.0	1767.4	—	14,16,24
KIC 11401755	5911 ± 66	-0.20 ± 0.06	4.05 ± 0.01	1250.0 ± 44	67.9 ± 1.2	5.2	1371.0	1100.9	—	7,10
KIC 11807274	6225 ± 66	0.06 ± 0.08	4.13 ± 0.01	1496.0 ± 56	75.7 ± 0.3	8.1	1680.9	1334.7	928.6	8,14

Kaynaklar 1: Appourchaux v.ark. (2012), 2: Ballard v.ark. (2014), 3: Ballot v.ark. (2011), 4: Benomar v.ark. (2014), 5: Bruntt v.ark. (2012), 6: Campante v.ark. (2015), 7: Carter v.ark. (2012), 8: Chaplin v.ark. (2013), 9: Chaplin v.ark. (2014), 10: Davis (2018), 11: Deheuvels v.ark. (2016), 12: Escobar v.ark. (2012), 13: Everett v.ark. (2013), 14: Huber v.ark. (2013), 15: Huber v.ark. (2014), 16: Gilliland v.ark. (2013), 17: Lebreton & Goupil (2014), 18: Marcy v.ark. (2014), 19: Metcalfe v.ark. (2014), 20: Molenda-Żakowicz v.ark. (2013), 21: Pál v.ark. (2008), 22: Quinn v.ark. (2015), 23: Rowe v.ark. (2014), 24: Santos v.ark. (2013), 25: Van Eylen v.ark. (2014)

Çizelge 2. İncelenen yıldızların MESA model sonuçları. Sütunlar şu şekilde sıralanmaktadır; Yıldız adı, MESA evrim kodu ile hesaplanan kütle (M_{mod}), yüzey helyum bolluğu ($Y_{yuzey,mod}$), başlangıç metal bolluğu (Z_{0mod}), yaş (t_{mod}), etkin sıcaklık ($T_{eff,mod}$), ısıtma (L_{mod}), yarıçap (R_{mod}), yüzey kütleçekim ivmesinin logaritması ($logg_{mod}$).

Yıldız	M_{mod} (M_{\odot})	$Y_{yuzey,mod}$	Z_{0mod}	t_{mod} (Gy)	$T_{eff,mod}$ (K)	L_{mod} (L_{\odot})	R_{mod} (R_{\odot})	$logg_{mod}$
HD 52265	1.23 ± 0.02	0.2739	0.0225	3.14	6144	2.24	1.32 ± 0.02	4.29
KIC 3544595	0.90 ± 0.08	0.2578	0.0145	6.31	5658	0.77	0.92 ± 0.02	4.47
KIC 3632418	1.27 ± 0.18	0.2830	0.0180	3.97	6208	4.55	1.85 ± 0.06	4.01
KIC 4349452	1.20 ± 0.15	0.2792	0.0172	2.70	6270	2.39	1.31 ± 0.06	4.28
KIC 5866724	1.27 ± 0.07	0.2145	0.0224	2.90	6155	2.61	1.42 ± 0.03	4.24
KIC 6278762	0.74 ± 0.14	0.2442	0.0121	11.66	5072	0.33	0.75 ± 0.04	4.56
KIC 6521045	1.10 ± 0.06	0.2248	0.0192	7.31	5856	2.41	1.51 ± 0.02	4.12
KIC 7199397	1.24 ± 0.13	0.2860	0.0104	3.74	5890	6.70	2.49 ± 0.03	3.74
KIC 7296438	1.13 ± 0.10	0.2196	0.0172	4.94	6036	2.26	1.38 ± 0.04	4.21
KIC 8077137	1.18 ± 0.08	0.2794	0.0170	5.23	6099	3.43	1.66 ± 0.02	4.07
KIC 8292840	1.12 ± 0.25	0.2894	0.0120	3.48	6328	2.54	1.33 ± 0.08	4.24
KIC 8866102	1.25 ± 0.12	0.2778	0.0186	2.32	6320	2.66	1.36 ± 0.04	4.27
KIC 9414417	1.27 ± 0.13	0.2799	0.0165	3.89	6236	4.72	1.86 ± 0.04	4.00
KIC 9592705	1.45 ± 0.09	0.2699	0.0265	3.30	6187	5.80	2.10 ± 0.02	3.96
KIC 9955598	0.89 ± 0.07	0.2368	0.0166	8.22	5412	0.60	0.88 ± 0.02	4.50
KIC 10514430	1.07 ± 0.05	0.2271	0.0159	7.53	5846	2.66	1.59 ± 0.02	4.06
KIC 10666592	1.55 ± 0.01	0.2814	0.0250	1.91	6381	5.92	1.99 ± 0.01	4.03
KIC 10864656	1.65 ± 0.14	0.3036	0.0250	2.75	5019	12.16	4.62 ± 0.08	3.33
KIC 10963065	1.10 ± 0.07	0.2214	0.0140	4.00	6090	1.88	1.23 ± 0.03	4.30
KIC 11295426	1.10 ± 0.02	0.2303	0.0236	6.81	5807	1.60	1.25 ± 0.01	4.28
KIC 11401755	1.10 ± 0.05	0.2085	0.0135	5.93	5998	3.12	1.64 ± 0.02	4.05
KIC 11807274	1.29 ± 0.07	0.2767	0.0197	3.52	6154	3.31	1.60 ± 0.02	4.14

Çizelge 3. Yıldız adı, model titreşim frekansları arasındaki küçük ve büyük ayrılma ($\delta\nu_{02,mod}$, $\Delta\nu_{mod}$), en büyük genlik frekansı ($\nu_{max,mod}$) ve model referans minimumlarıdır ($\nu_{min0,mod}$, $\nu_{min1,mod}$ and $\nu_{min2,mod}$).

Yıldız	$\delta\nu_{02,mod}$ (μHz)	$\Delta\nu_{mod}$ (μHz)	$\nu_{max,mod}$ (μHz)	$\nu_{min0,mod}$ (μHz)	$\nu_{min1,mod}$ (μHz)	$\nu_{min2,mod}$ (μHz)
HD 52265	7.5	98.8	2087.8	2398.0	1857.1	1340.9
KIC 3544595	8.8	146.5	3305.8	3286.7	2702.4	2034.0
KIC 3632418	4.5	60.9	1096.5	1473.3	1065.5	762.4
KIC 4349452	7.9	98.4	2040.9	2488.8	1884.5	1397.0
KIC 5866724	6.5	89.8	1855.8	2174.3	1633.6	1223.3
KIC 6278762	8.5	180.6	4305.2	4221.5	3324.0	2606.5
KIC 6521045	5.0	77.4	1461.5	1647.1	1259.7	894.3
KIC 7199397	3.4	39.0	604.6	748.0	552.2	400.2
KIC 7296438	5.8	89.3	1778.2	1987.9	1540.5	1118.3
KIC 8077137	4.9	69.4	1271.1	1594.6	1148.3	847.3
KIC 8292840	6.9	93.1	1856.3	2344.6	1742.8	1274.7
KIC 8866102	7.6	94.5	1964.9	2521.7	1830.8	1342.0
KIC 9414417	4.6	59.8	1074.2	1066.3	742.5	433.5
KIC 9592705	4.2	54.0	970.0	1298.6	963.7	670.4
KIC 9955598	8.1	154.1	3621.6	3609.3	2842.4	2228.4
KIC 10514430	5.2	70.4	1278.4	1385.5	1077.4	800.4
KIC 10666592	4.4	59.2	1132.5	1602.6	1183.6	829.3
KIC 10864656	—	17.4	253.2	—	273.9	—
KIC 10963065	7.4	103.4	2145.9	2394.4	1859.2	1376.9
KIC 11295426	5.2	101.8	2130.6	2238.6	1769.2	1364.8
KIC 11401755	5.0	68.0	1228.7	1371.9	1081.6	796.8
KIC 11807274	5.5	75.9	1483.5	1836.4	1336.7	1002.5

0.74 (M_{\odot}) $\dot{\iota}$ $\dot{\iota}$ Myıl $\dot{\iota}$ 1.65 (M_{\odot}) $\dot{\iota}$ olup incelenen gezegen adayı yıldızlardan KIC 7199397'nin iç yapı modeli ilk kez bu çalışma kapsamında yapıldı. CoRoT ve Kepler tarafından gözlenen bu barınak yıldızların titreşim frekansları incelenerek frekanslar arasındaki büyük ayrılma ile küçük ayrılma, en büyük genlik frekansı saptandı. Bunlara ek olarak Yıldız v.ark. (2014) ayrıntılı olarak açıklanan referans minimumları da yıldızların $\Delta\nu - \nu$ grafiklerinden elde edildi. İncelenen barınak yıldızların titreşim frekansları ayrıntılı olarak değerlendirildi. $\Delta\nu - \nu$ grafiklerinde incelenen yıldızların büyük çoğunluğunun iki referans minimumuna ($\nu_{min0,goz}$ ve $\nu_{min1,goz}$) sahip olduğu görüldü. Bu minimumların yanı sıra KIC 3632418, KIC 8866102, KIC 9592705, KIC 10666592 ve KIC 11807274 yıldızlarında $\nu_{min2,goz}$ ya da $min2\dot{\iota}$ nin son kısmı saptandı. Yapılan modeller sonucunda farklı kütle ve metal bolluğu göz önüne alındığında ν_{min2} 'nin diğer referans minimumlarından daha kararlı olduğu görüldü. Asimptotik ilişkiye yüzey teriminin etkisi yüksek frekanslı bölgede arttığı için incelenen barınak yıldızların $\Delta\nu - \nu$ grafiklerinde bu bölgelerde yüksek dalgalanmalar fark edildi. Bu nedenle bazı durumlarda saptanan $\nu_{min0,goz}$ değerlerinin yetersiz ya da geçersiz olduğu görüldü. $\Delta\nu - \nu$ grafiklerinde gözlem ve model frekans desen uyumunun diğer yöntemlerle elde edilen gözlemsel parametreler için en uyumlu model parametrelerini verdiği saptandı. Böylece yapılan iç yapı modellerinde yalnızca tayfsal ve sismik nicelikleri çıkarışmanın yeterli olmadığı görüldü. Diğer yıldızlardan farklı olarak, KIC 6278762, KIC 9414417 ve KIC 10963065 yıldızlarının $\Delta\nu - \nu$ grafiklerinde ν_{min0} 'dan daha yüksek frekanslı bölgede bir minimum saptandı. Ancak KIC 6278762 ve KIC 10963065 yıldızlarının MESA iç yapı modellerinde bu minimum doğrulanamadı. KIC 9414417 yıldızının MESA iç yapı modelinde ise bu minimuma ait belirteç görüldü. ν_{min-1} olarak adlandırılan minimumun referans minimumlarından biri olup olmadığı ve Güneş benzeri

titreşim yapan yıldızların temel parametrelerine etkisi için daha fazla araştırmanın yapılması gerekir.

Kaynaklar

- Angulo C. et al., 1999, Nucl. Phys. A, 656, 3
Appourchaux T. et al., 2012, A&A, 543, A54
Asplund M., Grevesse N., Sauval A. J., Scott P., 2009, ARA&A, 47, 481
Ballard S. et al., 2014, ApJ, 790, 12
Ballot J. et al., 2011, A&A, 530, A97
Benomar, O., Masuda K., Shibahashi H., Suto Y., 2014, PASJ, 66, 94
Böhm-Vitense E., 1958, Zs. Ap., 46, 108
Brown T. M., Gilliland R. L., Noyes R. W., Ramsey L. W., 1991, ApJ, 368, 599
Bruntt H. et al., 2012, MNRAS, 423, 122
Campante T. L. et al., 2015, ApJ, 799, 170
Carter J. A. et al., 2012, Science, 337, 556
Chaplin W. J. et al., 2013, ApJ, 766, 101
Chaplin W. J. et al., 2014, ApJS, 210, 1
Christensen-Dalsgaard J., 2008, Ap&SS, 316, 113
Cyburt R. H. et al., 2010, ApJS, 189, 240
Davies G. R. et al., 2016, MNRAS, 456, 2138
Deheuvels S., Brandão I., Silva Aguirre V., Ballot J., Michel E., Cunha M. S., Lebreton Y., Appourchaux T., 2016, A&A, 589, A93
Escobar M. E. et al., 2012, A&A, 543, A96
Everett M. E. et al., 2013, ApJ, 771, 107
Ferguson J. W., Alexander D. R., Allard F., Barman T., Bodnarik J. G., Hauschildt P. H., Heffner-Wong A., Tamanai A., 2005, ApJ, 623, 585
Gilliland R. L. et al., 2013, ApJ, 766, 40
Huber D. et al., 2013, ApJ, 767, 127
Huber D. et al., 2014, ApJS, 211, 2
Iglesias C. A., Rogers, F. J., 1993, ApJ, 412, 752
Iglesias C. A., Rogers, F. J., 1996, ApJ, 464, 943
Kjeldsen H., Bedding T. R., Christensen-Dalsgaard J., 2008, ApJ,

683, L175

- Kunz R., Fey M., Jaeger M., Mayer A., Hammer J. W., Staudt G.,
Harissopulos S., Paradellis T., 2002, ApJ, 567, 643
Lebreton Y., Goupil M. J., 2014, A&A, 569, A21
Marcy G. W. et al., 2014, ApJS, 210, 20
Metcalfé T. S. et al., 2014, ApJS, 214, 27
Molenda-Żakowicz J. et al., 2013, MNRAS, 434, 1422
Pál A. et al., 2008, ApJ, 680, 1450
Paxton B. et al., 2011, ApJS, 192, 39
Paxton B. et al., 2013, ApJS, 208, 49
Quinn S. N. et al., 2015, ApJ, 803, 49
Rowe J. F. et al., 2014, ApJ, 784, 45
Santos N. C. et al., 2013, A&A, 556, A150
Van Eylen V. et al., 2014, ApJ, 782, 14
Yıldız M., Çelik Orhan Z., Aksoy Ç., Ok S., 2014, MNRAS, 441,
2148

Erişim:

O41-0940: [UAK-2018 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A](#).