

Gezegensimsi Bulutsuları Kullanarak Galaksimizin Element Bolluğunu Belirlemek

Nurullah Erzincan¹  , Nazım Aksaker^{1,2} , Aysun Akyüz^{1,3} 

¹ Uzay Bilimleri ve Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (UZAYMER), Çukurova Üniversitesi, 01330 Adana, Türkiye.

² Çukurova Üniversitesi Adana Organize Sanayi Bölgesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 01410 Adana, Türkiye.

³ Çukurova Üniversitesi, Fizik Bölümü, 01330 Adana, Türkiye.

Accepted: April 8, 2025. Revised: April 8, 2025. Received: March 5, 2025.

Özet

Ata yıldızlar kütleleri $1-8 M_{\odot}$ arasında değişen Gezegenimsi Bulutsular (PNe), galaksilerin kimyasal evriminde önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışma, HASH veritabanından PNe'lerdeki oksijene göre α -elementlerinin (C, N, O, Ne, S, Cl, Ar) bolluklarını araştırmakta ve bunları Samanyolu'nun bileşenleriyle karşılaştırmaktadır. Gaia EDR3'ten alınan Galaktik koordinatlar ve mesafeler analiz edilerek PNe'ler şişkinlik, ince disk, kalın disk ve halo olarak kategorize edildi. Sonuçlar, He ve Cl bolluklarının Güneş değerlerine daha yakın olduğunu, O, Ne, S ve Ar'nın ise özellikle haloda daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, yıldızlar arası ortamın kimyasal zenginleşmesi ve Samanyolu'nun evrimsel süreçleri hakkında fikir vermektedir.

Abstract

Planetary nebulae (PNe), whose progenitor stars range in mass from 1 to $8 M_{\odot}$, play an important role in the chemical evolution of galaxies. This study investigates the abundances of α -elements (C, N, O, Ne, S, Cl, Ar) relative to oxygen in PNe from the HASH database, comparing them with the components of the Milky Way. By analyzing the Galactic coordinates and distances from Gaia EDR3, PNe were categorized into the bulge, thin disk, thick disk, and halo. The results show that He and Cl abundances are closer to solar values, while O, Ne, S, and Ar are lower, particularly in the halo. These findings offer insights into the chemical enrichment of the interstellar medium and the evolutionary processes of the Milky Way.

Anahtar Kelimeler: planetary nebulae: general – methods: spectroscopic

1 Giriş

Gezegensimsi bulutsular (PNe), ata yıldızlarının $1-8 M_{\odot}$ kütle aralığında, yaklaşık 3 ile 10 Milyon yıl ömürlerine sahip olmaları nedeniyle galaksilerin geçmiş evrim zamanına ışık tutmaktadır (Zijlstra & Pottasch 1991). PNe'lerin ata yıldızları asimtotik dev kolu (AGB) ve beyaz cüce evreleri arasında yıldızlararası ortamı (ISM) zenginleştirerek galaksilerin kimyasal evrimine katkıda bulunur. Hidrojen (H) ve helyum (He) elementlerinden sentezlenen karbon (C), nitrojen (N), oksijen (O), neon (Ne), sülfür (S), klor (Cl) ve argon (Ar) (bundan sonra α -element) gibi elementlerin emisyon çizgileri, PNe'nin kimyasal ve fiziksel özelliklerini anlamak için kritik bilgiler sağlar (Kwitter & Henry 2022, bundan sonra KH22; Mollá ve diğ. 2017). PNe'deki metal bolluğu ölçümü genellikle O bolluğunun tespitiyle gerçekleştirilir. Bunun yanı sıra, α -elementlerinin bollukları da metal bolluğunun değerlendirilmesinde önemli bir role sahiptir. α -elementler, büyük kütleli yıldızlarda gerçekleşen helyum yanmasıyla oluşur ve Tip II süpernovalar aracılığıyla ISM'ye yayılır (KH22). PNe'lerin evrimi sırasında sentezleyebileceği elementleri anlamının en etkili yollarından biri, elementler arasındaki ilişkilerin element-element grafiklerinde incelenmesidir (KH22).

Bu çalışmada, PNe'lerin α -elementlerinin O elementine

karşı çizilen grafikleri ve Galaksimizin bileşenleri (bkz. §2) arasındaki ilişki incelenmiştir.

2 HASH PN ve Gaia EDR3 Veritabanı

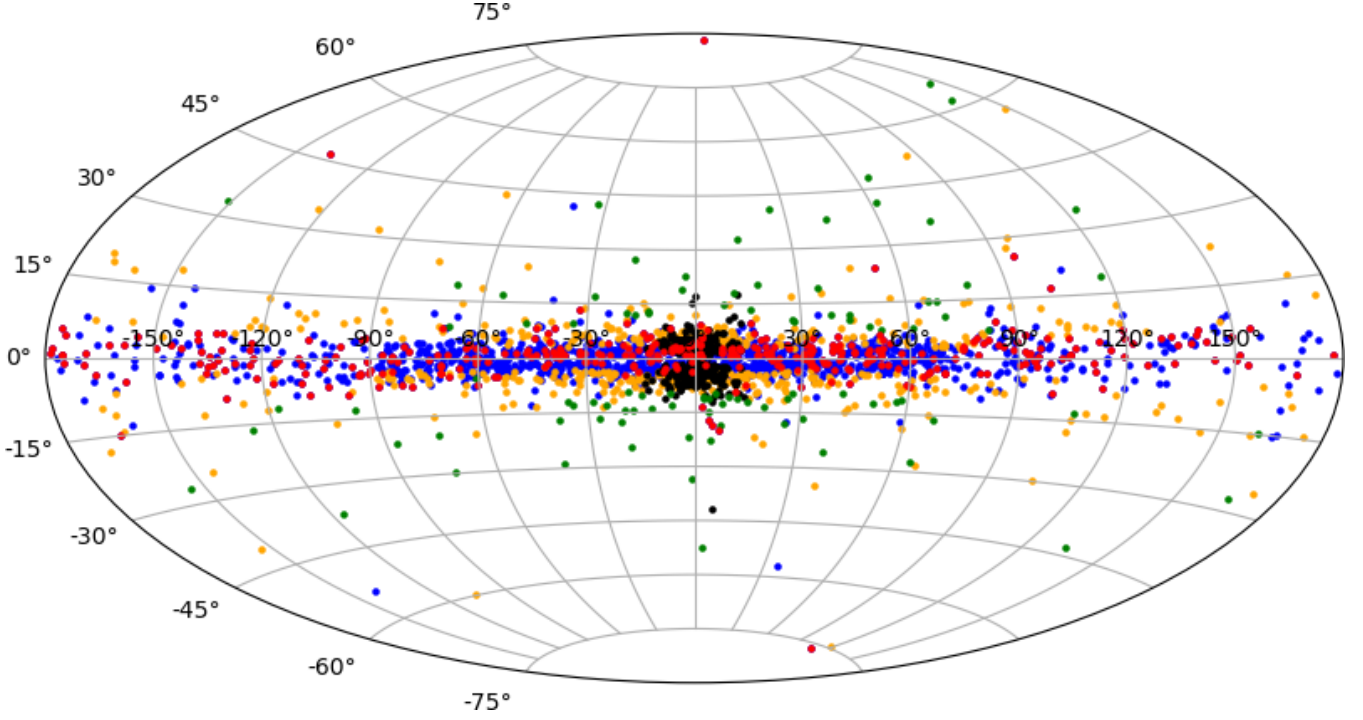
Optik, kızılötesi ve radyo dalgaboylarında yapılan astronomik gözlemler, PNe'lerin keşiflerine ve tanımlamalarına imkan sunar. Bu çalışmada, "Hong Kong/Avustralya Astronomik Gözlemevi/Strasbourg Gözlemevi H α Planetary Nebula" (HASH) PN veritabanındaki (Parker ve diğ. 2016; Liu ve diğ. 2017) doğruluğu kesinleşmiş 2591 PNe kullanılmıştır. Bu veritabanında PNe'lerin koordinat verileri, açılal boyutları, mor ötesinden radyoya kadar görüntüler, optik bölgede alınmış $\sim 5,000$ tayf verileri vb. bilgiler yer almaktadır.

PNe'in merkezi yıldızı ve/veya kompakt bulutsuların özelliklerine dayanarak uzaklıklar belirlenebilir (KH22). Bu çalışma, HASH veritabanında yer alan PNe'lerin Galaktik koordinatlarını kullanarak ve Gaia veritabanındaki (Gaia Collaboration ve diğ. 2021), Bailer-Jones ve diğ. (2021) verilerine dayanarak geometrik mesafenin medyanı olan R_{geo} verilerini içermektedir.

3 Veri Analizi

Galaksi bileşenlerinin sınırları henüz net bir şekilde tanımlanmamış olup, bu konu hala tartışma konusudur. Galaksimizin merkezindeki çubuksu yapıyı dikkate alarak, şişkin bölge için Zoccali & Valenti (2016) ve Ak (2021)

* nerzincan@student.cu.edu.tr



Şekil 1. PNe'nin Galaktik koordinat sisteminde konumlarının aitoff projeksiyonu üzerinde gösterimi. Siyah (şişkin bölge), mavi (ince disk), turuncu (kalın disk), yeşil (halo) ve kırmızı (mesafesi bilinmeyen konum) renkler Ş3'de açıklanan sınırlarda yer alan PNe'ı temsil etmektedir.

çalışmalarında 1.5-4.5 kpc yarıçapına sahip küresel bir alan olduğu belirtilmiştir. İnce ve kalın disk bileşenlerinin yükseklik ölçekleri Yan ve diğ. (2019) ve Ak (2021) çalışmalarında, Galaksimizin düzleminde sırasıyla 200-370 pc ile 600-1.000 pc ve 250-400 pc ile 600-1.500 pc arasında bulunduklarını ifade edilmiştir. Halo bölgesi için ise Ak (2021) çalışmasında sınırların 3 ile 100 kpc arasında olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, Reid ve diğ. (2014) çalışmalarında, Güneş ile Galaksi merkezi arasındaki mesafeyi $R_0 = 8.34 \pm 0.16$ kpc olarak belirlemişlerdir.

Galaksimizin bileşen sınırları, Güneş ile Galaksi merkezi arasındaki mesafenin 8.34 kpc olduğu kabulüyle, Tunçel Güçtekin ve diğ. (2019) çalışmasındaki sınırlar doğrultusunda ele alınmıştır. PNe'nin HASH PN veritabanındaki galaktik koordinatlarını kullanarak 437'si şişkin bölgede, 1222'si ince diskte, 475'i kalın diskte, 98'i haloda ve 359'u mesafesi bilinmeyen konumda bulunmaktadır. PNe'nin galaksimizin hangi bileşeninde bulunduğu Şekil 1'de gösterilmiştir.

PNe'lerin tayf verilerinde emisyon çizgi akılarını hesaplamak için sinyal gürültü seviyesi sigma 5 oran ile "Automatic Line Fitting Algorithm" (alfa v2.21) (Wesson 2016) kodu kullanılarak belirlendi. alfa, PNe'lerde bulunması muhtemelen çizgiler ile tayf verisi arasında sentetik bir tayf üretmek hızlı bir şekilde ölçüm yapmaktadır. Galaksideki yıldızlararası gaz ve toz, PNe'lerin tayfsal verilerini etkileyebilir. Bu veriler, PNe'nin etrafındaki yıldızlararası sönümlemeden kaynaklanmaktadır (Frew ve diğ. 2016). alfa kodu ile elde edilen dalgaboyuna karşılık akı değerleri "Nebular Empirical Analysis Tool" (neat v2.3) kodu (Wesson ve diğ. 2012) kullanılarak her bir PN'e sönümleme düzeltmeleri Fitzpatrick & Massa (1990) çalışmasında yer alan yasa ile ve iyonik bollukları kullanarak Delgado-Inglada ve diğ. (2014) çalışmasındaki iyonizasyon düzeltme faktörü ile α -elementlerinin bollukları

Çizelge 1. Element bollukları, X/H şeklinde ifade edilmiştir (Element bolluk değeri: $\log(X/H) + 12$). Element bollukları KH22'den, Güneş bollukları ise Asplund ve diğ. (2009) (1) alınmıştır ve çalışmamızdaki (2) element bolluklarının ortalaması sunulmuştur.

Ref.	Bileşen	He/H	N/H	O/H	Ne/H	S/H	Cl/H	Ar/H
(1)	Güneş	1.26	0.90	8.69	0.91	0.82	0.63	0.74
KH22	Şişkin Bölge	1.28	0.95	8.63	0.92	0.80	0.67	0.73
	Disk	1.28	0.94	8.61	0.93	0.79	0.59	0.73
	Halo	1.36	0.97	8.09	0.92	0.78	0.47	0.71
(2)	Şişkin Bölge	1.37	0.95	8.28	0.89	0.79	0.79	0.69
	İnce Disk	1.35	0.95	8.38	0.91	0.79	0.78	0.70
	Kalın Disk	1.35	0.91	8.36	0.91	0.77	0.76	0.68
	Halo	1.34	0.89	8.34	0.93	0.74	0.74	0.66

elde edilmiştir. Elde edilen α -elementlerin ortalama bollukları bileşenlere göre Çizelge 1'de verilmiştir.

4 Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında, HASH PNe veritabanında yer alan PNe'ler ile Galaksimizin bileşenleri arasındaki α -elementlerinin element-element bollukları arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Çalışmamızda örneklem sayısının fazla olması, elde edilen sonuçların güvenilirliğini artırmış olup, Güneş bolluk verilerine göre He ve Cl bolluğu Güneş bolluğu üzerinde hesaplanmışken O, Ne, S ve Ar daha az bolluk değeri hesaplanmıştır (N hariç: şişkin bölge ve ince disk yüksek iken kalın disk ve halo düşük değerdedir.). Her bir grafik KH22 çalışması ile karşılaştırılarak ayrıntılı sonuçlar şu şekildedir:

- He/O dağılımında, 11.3-8.3 aralığında öbeklenme

gözlenmekte ve Güneş bolluğunda logaritmik olarak 0.045 daha düşük He bolluğu görülmektedir.

- N/O dağılımında, diğer çalışmalar arasında uyum bulunmaktadır.
- Ne/O dağılımında, diğer α -elementlerine kıyasla daha az bolluk hesaplaması yapılmış olup, Ne en az hesaplanan bolluk olduğu için çalışmalar arasında benzer değerler gözlenmektedir.
- Ar/O dağılımında, KH22 çalışması ile Güneş bolluğu uyum gösterirken, çalışmamızdaki ortalama bolluk dağılımında Ar bolluğu daha düşük ölçülmüştür.
- S/O dağılımında, KH22 ve çalışmamızda Güneş bolluğuna göre daha düşük S bolluğu gözlenmektedir.
- Cl/O dağılımındaki sapma, KH22 çalışmasındaki halo ve disk bolluk değerlerinin örneklem sayısının az olması nedeniyle Güneş bolluğunun altında kalmaktadır. Çalışmamızda örneklem sayısının daha fazla olması, elde edilen değerlerin güvenilirliğini artırmakta ve bu değerlerin Güneş bolluğunun üzerinde yer almasını sağlamaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma, yüksek lisans tezinde daha ayrıntılı olarak incelenmiş olup, ayrıca PASA'da yayımlanma sürecinde olan bir çalışmanın temel bulgularını içermektedir. TÜBİTAK 122F122 numaralı proje tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Ak S., 2021, in , Galaktik Astronomi Çalıştay Bildiriler Kitabı / Galactic Astronomy Workshop Proceedings Book. İstanbul Üniversitesi Press, İstanbul, Türkiye, p. 95, [doi:10.26650/PB/PS01.2021.001.012](https://doi.org/10.26650/PB/PS01.2021.001.012)
- Asplund M., Grevesse N., Sauval A. J., Scott P., 2009, *ARA&A*, 47, 481
- Bailer-Jones C. A. L., Rybizki J., Fouesneau M., Demleitner M., Andrae R., 2021, *AJ*, 161, 147
- Delgado-Inglada G., Morisset C., Stasińska G., 2014, *MNRAS*, 440, 536
- Fitzpatrick E. L., Massa D., 1990, *ApJS*, 72, 163
- Frew D. J., Parker Q. A., Bojičić I. S., 2016, *MNRAS*, 455, 1459
- Gaia Collaboration ve diğ., 2021, *A&A*, 649, A1
- Kwitter K. B., Henry R. B. C., 2022, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 134, 022001
- Liu X., Stanghellini L., Karakas A., eds, 2017, Planetary Nebulae: Multi-Wavelength Probes of Stellar and Galactic Evolution IAU Symposium Vol. 323, [doi:10.1017/S1743921317003581](https://doi.org/10.1017/S1743921317003581).
- Mollá M., Cavichia O., Costa R. D. D., Maciel W. J., 2017, in Liu X., Stanghellini L., Karakas A., eds, IAU Symposium Vol. 323, Planetary Nebulae: Multi-Wavelength Probes of Stellar and Galactic Evolution. pp 339–340, [doi:10.1017/S1743921317001685](https://doi.org/10.1017/S1743921317001685)
- Parker Q. A., Bojičić I. S., Frew D. J., 2016, in Proceedings of the Journal of Physics Conference Series. p. 032008
- Reid M. J., ve diğ., 2014, *ApJ*, 783, 130
- Tunçel Güçtekin S., Bilir S., Karaali S., Plevne O., Ak S., 2019, *Advances in Space Research*, 63, 1360
- Wesson R., 2016, *MNRAS*, 456, 3774
- Wesson R., Stock D. J., Scicluna P., 2012, *MNRAS*, 422, 3516
- Yan Y., Du C., Liu S., Li H., Shi J., Chen Y., Ma J., Wu Z., 2019, *The Astrophysical Journal*, 880, 36
- Zijlstra A. A., Pottasch S. R., 1991, *A&A*, 243, 478, *ADS*
- Zoccali M., Valenti E., 2016, *Publ. Astron. Soc. Australia*, 33, e025

Access:

M25-0381: *Turkish J.A&A* — Vol.6, Issue 3.