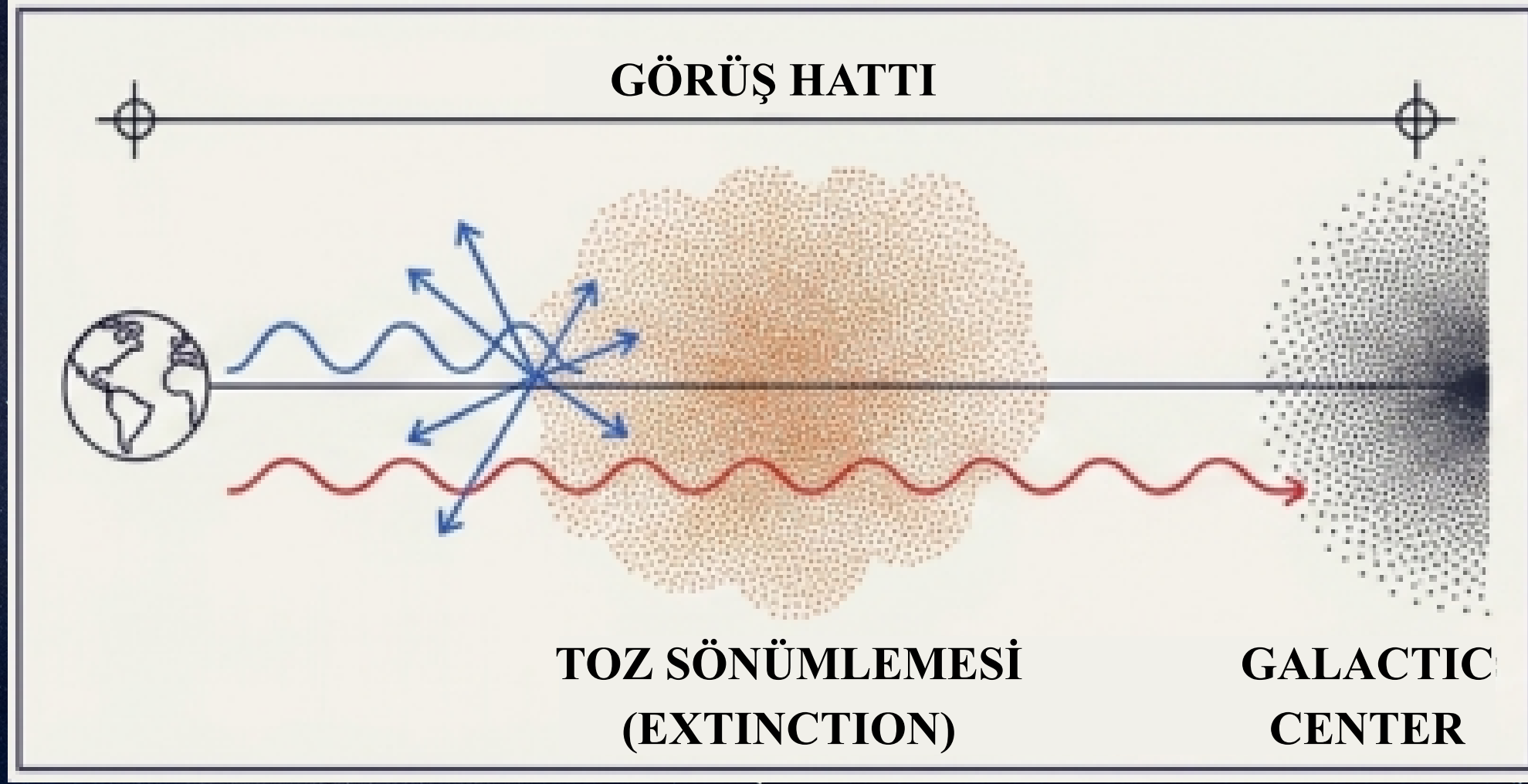


Sena Aleyna ŞENTÜRK¹, Timur ŞAHİN¹, Selçuk BİLİR², Ahmet DERVİŞOĞLU³

¹AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ, ANTALYA, TÜRKİYE; ²İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ, İSTANBUL, TÜRKİYE

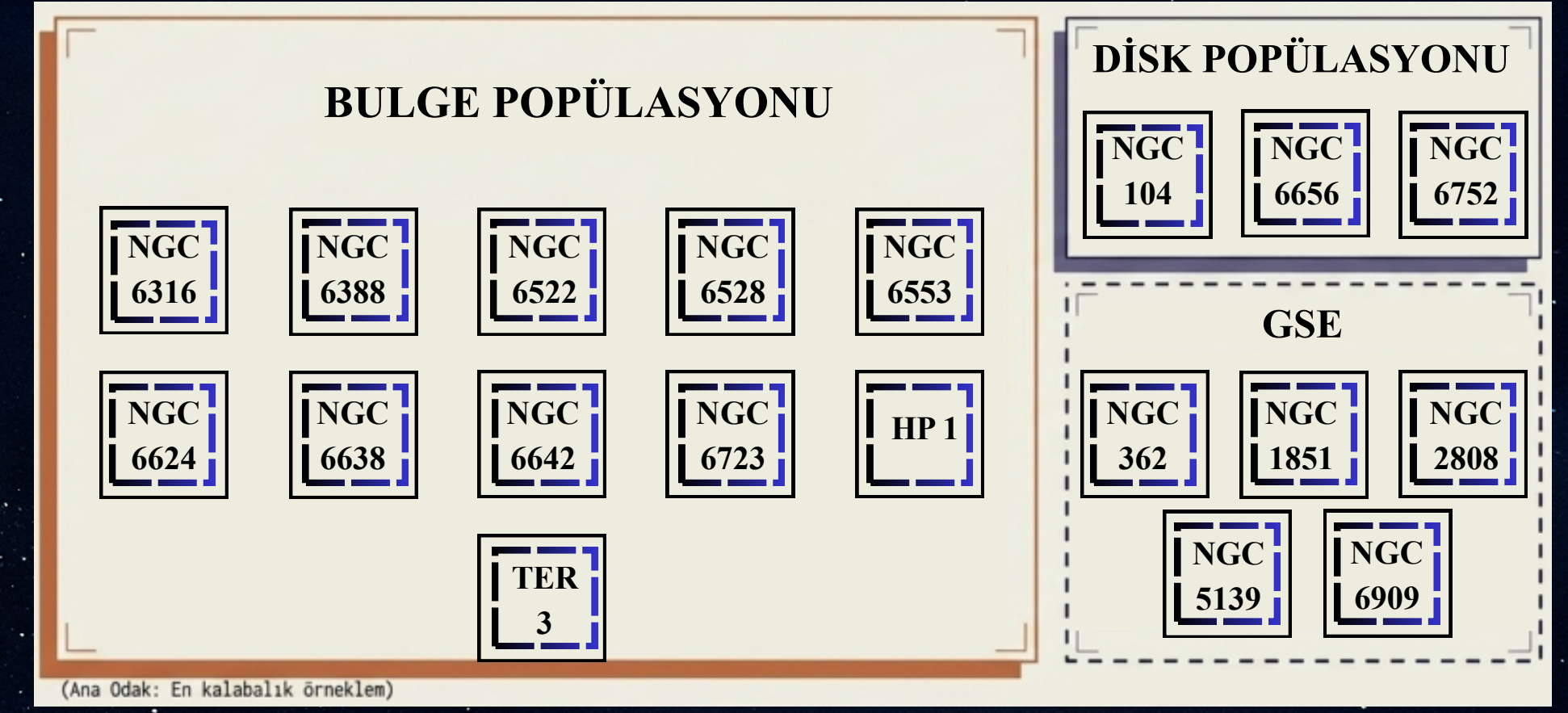
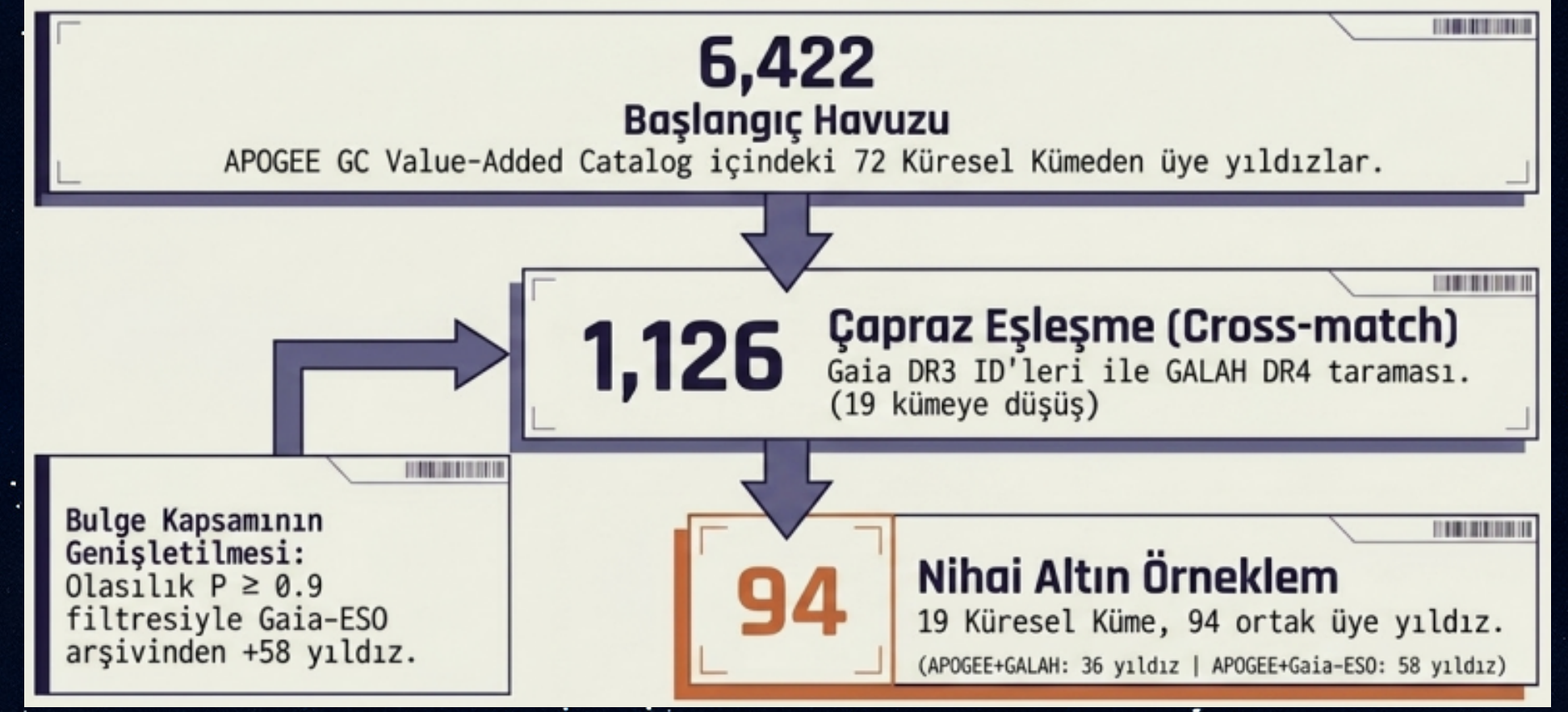
³ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ, ERZURUM, TÜRKİYE

GİRİŞ



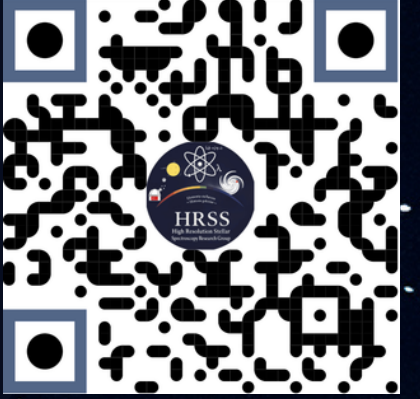
Küresel kümeler, Samanyolu'nun erken oluşum ve kimyasal zenginleşme tarihine ilişkin en eski fosil kayıtlarını temsil eder (Harris 1996; Bica vd. 2019). Galaktik bulge kümeleri, halo kümelerinden dinamik ve kimyasal açıdan belirgin biçimde ayrışır; hafif elementlerde (C, N, O, Na, Al) yıldızdan yıldıza farklılık gösteren ve bazı durumlarda demir bolluğunda yayılım sergileyen çoklu popülasyon yapıları barındırır (Carretta vd. 2009; Milone vd. 2017; Henao vd. 2025). Bu kümelerin kinematik özellikleri, yörünge parametreleri ve yaş dağılımları, bulge'nin oluşum tarihine ve kalın disk/halo ile olan ilişkisine dair önemli kısıtlamalar sunar (Massari vd. 2019; Ferraro vd. 2025). Galaktik merkeze yönelik yüksek optik sönmülme nedeniyle bu bölgenin incelenmesinde APOGEE gibi kızılötesi taramalar vazgeçilmez hale gelmektedir (Majewski vd. 2017; Geisler vd. 2021).

METODOLOJİ



MOTİVASYON

Bulge küresel kümeleri, Samanyolu'nun erken oluşum ve kimyasal zenginleşme tarihinin fosil kayıtları olarak Galaktik arkeoloji için eşsiz bir laboratuvar sunar. Ancak aynı kümenin optik ve kızılötesi (NIR) tayflarından bağımsız çalışmalarla elde edilen kimyasal bolluklar, farklı atomik veri kaynakları ve analiz yöntemleri yüzünden birbirinden 0.1-0.3 dex mertebesinde sapabilmektedir. Bu durum, bir kümenin in-situ mı yoksa Samanyolu'na sonradan yığılmış mı (GSE, Sequoya, Kraken) olduğuna dair güvenilir bir hüküm vermeyi engellemektedir. **125F196** numaralı bu proje, APOGEE (NIR) ile GALAH/Gaia-ESO (optik) verilerini tek, kalibre edilmiş bir çizgi listesi ve homojen bir yöntemle birleştirerek bu sistematik belirsizliği ortadan kaldırmayı ve kümelerin gerçek kökenini gösteren tutarlı bir "kimyasal parmak izi" ortaya koymayı amaçlamaktadır.



VERİ SETİ

 APOGEE (SDSS-V/DR19)	 GALAH DR4	 Gaia-ESO Survey (DR5.1)
Dalga Boyu: H-bandı (1.5-1.7 μ m) [Kızılötesi]	Dalga Boyu: Optik (4 bant, 4718-7890 Å)	Dalga Boyu: Geniş Optik (VLT/UVES & GIRAFFE)
Çözünürlük: R $\approx$ 22,500	Çözünürlük: Yüksek (R $\approx$ 28,000)	Çözünürlük: Çok Yüksek (R $\approx$ 16,000-47,000)
Güçlü Yön: ASPCAP boru hattı ile tozlu bulge bölgesine nüfuz etme yeteneği.	Güçlü Yön: 32 farklı element için yüksek hassasiyetli sentez analizi.	Güçlü Yön: Mükemmel veri kalitesi ve yüksek sinyal-gürültü oranı.

BEKLENEN ÇIKTILAR



Proje, üç bağımsız gökyüzü taramasına dayanmaktadır: APOGEE (SDSS-V/DR19; R $\approx$ 22.500, H-bandı, $\sim$ 965.000 yıldız; Majewski vd. 2017; García Pérez vd. 2016; Abdurro'uf vd. 2022), GALAH DR4 (R $\approx$ 28.000, optik, $\sim$ 917.000 yıldız; De Silva vd. 2015; Buder vd. 2025) ve Gaia-ESO Survey DR5.1 (R $\approx$ 16.000-47.000, GIRAFFE/UVES; Gilmore vd. 2012; Hourihane vd. 2023). APOGEE Küresel Küme Kataloğu'ndaki (Schiavon vd. 2024) 72 kümeye ait 6422 yıldız, Gaia DR3 koordinatlarıyla GALAH DR4'e eşlenerek 19 küme/1126 yıldız indirgenmiş; Gaia-ESO arşivine genişletmeyle (P $\geq$ 0.9; Vasiliev & Baumgardt 2021; Massari vd. 2019, 2025) nihai örneklem 19 küme/94 üye yıldız ulaşmıştır. Tayfsal süreklilik LIME koduyla normalize edilmekte (Şahin 2017); çizgi teşhisi, Rowland Multiplier tekniğiyle NIST/VALD3 veritabanları kullanılarak yapılmaktadır (Ryabchikova vd. 2015). NIR bölgesi için Şentürk vd. (2024) tarafından geliştirilen YJHK çizgi listesi, optik bölge için ise Şahin (2024) tarafından geliştirilen çizgi listesi kullanılmaktadır. Bolluklar, Fe I/II uyarılma-iyonizasyon dengesi esas alınarak MOOG (Snedden 1973) ve ATLAS9 (Castelli & Kurucz 2003) ile LTE altında hesaplanmaktadır. Yaşlar PARSEC (Bressan vd. 2012) ve BaSTI (Pietrinfermi vd. 2004) izokronlarıyla Bayesian yöntemle; kinematik ve yörünge parametreleri ise Gaia DR3 astrometrisi ve galpy/MWPotential2014 (Bovy 2015) ile belirlenmektedir.

Elde edilecek homojen bolluk katalogları ile:

- Bulge kümelerindeki Fe ve α -element yayılımlarının gerçek mi yoksa analiz kaynaklı mı olduğunu,
- Bulge-disk $[\alpha/\text{Fe}]$ - $[\text{Fe}/\text{H}]$ dağılımlarının ortak bir kimyasal evrim tarihine işaret edip etmediğinin,
- $[\text{Al}/\text{Fe}]$ - $[\text{Mg}/\text{Mn}]$ düzleminde geçmiş birleşme olaylarına (GSE, Sequoya, Kraken) ait yığılmış kümelerin (Belokurov & Kravtsov 2022),
- Erken hızlı zenginleşme ile uzun süreli yıldız oluşumu senaryolarını ayırt edecek yaş-metaliklik ilişkisinin sınanmasına imkân tanıyacaktır.

Proje halen veri indirgeme ve çizgi-listesi doğrulama aşamasındadır. Nihai analizin $\sim$ 18 ay içinde tamamlanması, örneklem Gaia DR4 ve DAG/DIRAC NIR spektrografiyle genişletilmesi hedeflenmektedir.