

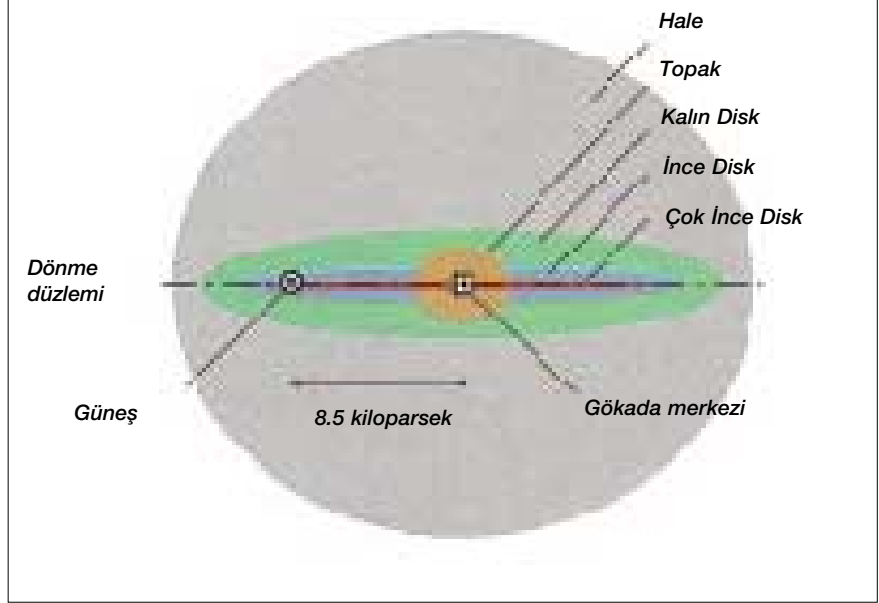


Bir Gökada Portresi Samanyolu

Geniş bir evde oturuyoruz. Dünyamızın içinde yer aldığı Samanyolu, en az 100 milyar yıldızıyla, evrende görebildiğimiz en büyük sarmal gökadalardan. Belki en güzeli değil. 12 milyar küsur yıllık yaşına karşın hâlâ oluşumunu sürdürüyor. Bu da gördüğümüz öteki sarmalların, gökada merkezi üzerine sarılmış ve genç mavi yıldızlarla ışıl ışıl kollarının sergilediği güzelliği ortadan kaldırıyor. Kütleçekimiyle birer birer avladığı cüce uydu gökadalara, simetrisini bozuyor. Güneş sistemimizin Orion kolu üzerindeki konumu nedeniyle gökadamızı ancak yatay olarak görebiliyoruz. Eğer Samanyolu'nu dev bir küre gibi çevrelemiş halesi üzerindeki bir yıldız çevresinde dönseydik, gökadamızın büyük bir olasılıkla Eridanus takımyıldızındaki üç kollu NGC 1232 gökadasına benzediğini görecektik. Samanyolu'nu ancak kendi düzleminde görebiliyoruz. Bu durumda kollarını doğrudan gözleyip sayılarını belirleyemiyoruz. Ancak, gökbilimciler, genellikle sarmal kollarda toplanan büyük hidrojen bulutlarının 21 cm dalgaboyundaki ışınımalarını izleyip gökadanın gerçeğe yakın bir haritasını çıkarabiliyorlar. Samanyolu Gökadası, kendi sınıfı içindekilerin en güzeli olmayabilir. Ama en özeli olduğu kesin. En azından şimdilik. Gökadamız, içinde yaşam yaratmış, bilinen tek gökada.

SAMANYOLU, "Yerel Grup" diye adlandırılan küçük bir gökada kümesinin üyesi. Küme, Virgo (Başak) süperkümesinin dış sınırına yakın bir bölgede bulunan pek çok başka grup ya da kümeden yalnızca biri. Yerel Küme'nin merkezinden 450 000 parsek (1 parsek= 3.26 ışık yılı) uzaklıkta, kümenin bugün bilinen yaklaşık 40 üyesinin yarısını oluşturan grup, iki büyük sarmal gökadanın, Samanyolu ile Andromeda'nın çevresinde toplanmış bulunuyor. Samanyolu'nun bilinen 11 uydusu arasında en parlak olanları, sırasıyla 50 ve 60 kiloparsek uzaklıkta bulunan Büyük ve Küçük Magellan Bulutları. Güney yarımküreden çıplak gözle izlenebilen bu gökadalardan Büyük Magellan Bulutu, yaklaşık 10 milyar yıldızdan oluşmuş büyük bir gökada. Samanyolu'nun kendisininse, en az 100 milyar yıldızdan oluştuğu sanılıyor. Bu sayıyı 300 milyara kadar çıkararak gökbilimciler de var. Samanyolu'nun, muazzam kütleçekimiyle yönettiği öteki uydularıyla, düşük kütleli ve sönük, cüce gökadalardır. Bunlar, içinde gözlemlendiği, takımyıldızlar olarak bölünmüş gökyüzü bölümlerinin adlarını alıyorlar. Örneğin Samanyolu'ndan yalnızca 25 kiloparsek (25 000 parsek) uzaklıktaki Sagittarius (Yay) uydusu gökadası. Kısa süre önce keşfedilen bu uydusu gökada, halen gökadamız tarafından yutulmakta.

Gökadamızın ışıklı bölümü, birbiri içinde yer alan dört temel parçadan oluşuyor. Yıldızlardan oluşmuş seyrek ve hareketsiz, küresel bir hale, 100 kiloparsek (326 000 ışık yılı) yarı çaplı bir kabuk oluşturuyor. Gökada diskine



göre çok ağır bir hızla, hatta ters yönde dönüyor olabilecek bir yapı. Bildiğimiz sıradan maddeden oluştuğu için baryon halesi olarak da adlandırılan bu bölüm, son derece seyrek ve sönük. Güneş yakınlarındaki yüzey parlaklığı, "karanlık" gökyüzünden yüzlerce kat daha soluk ve bu nedenle özel aygıtlar olmadan saptanması güç. Baryon halesi, gökadanın toplam parlaklığının yalnızca yüzde 2'sini sağlıyor. Gökadanın toplam kütesine katkısıysa daha da küçük. Yalnızca binde 2. Halede 170 küresel küme de bulunuyor. Bunlar, bazılarında sayıları yüz binleri bulan sık yıldız kümeleri. Hale, ayrıca çok daha sık biçimde bir araya gelmiş yıldızlar ve açık yıldız kümelerinden oluşmuş, çeşitli kalınlıklarda, eş merkezli üç diski de çevreliyor. Haleye göre çok daha yoğun gaz ve toz bulutlarına sahip bu diskler, merkezde, hale çapının yalnızca dört-

te biri uzunluğunda bir yer kaplıyorlar. Kalın diskin ortasında ince disk yer alıyor. En ortada da bir zar gibi "çok ince disk" bulunuyor. Samanyolu'nun görünen ışığının %95'ini bu ince ve çok ince diskteki yıldızlar sağlıyor. Diskin gökada kütesi içindeki payıysa yalnızca yüzde beş. Çünkü geri kalan kütle, göremediğimiz bir maddeden oluşuyor.

Bu diskler, iç bölgelerinde yıldız sayısı bakımından yoğunlaşarak gökadanın merkezindeki topakla (bulge) birleşiyorlar. Çubuk biçimli olan topak, "yeni tip" gökadalarda olduğu gibi görece küçük ve kutu yapıları. Bu yapıdaki topaklarla ilgili bilgisayar modelleri, bunların disk içindeki kararsızlıklar sonucu oluştuğunu ortaya koyuyor. Topakta çok çeşitli yaşta yıldızlar bulunmakla birlikte, Hubble Uzay Teleskopu'na sağlanan görüntüler, merkez bölgenin genel olarak yaşlı, 8-12 milyar yaşında olduğunu ortaya koydu. Metal oranı, genel olarak diskteki metalce zengin, yaşlı yıldızlardaki oranlara yakındır.

Gökadanın nasıl oluştuğu konusunda modeller çok kesin değil. Nedeni, çok değişken öğeler içeren iç ve dış dinamiklere bağlı olmaları. Bu oluşum sürecini belirleyebilmek için, yukarıda sayılan gökada parçalarının özelliklerinden yola çıkmak da fazla bir şey kazandırmıyor. Çünkü bunun için çeşitli disk katmanlarının dağılımını incelemek gerekiyor ki, salt bu bile son derece güç bir iş. Nedeni, bu katmanların birbirlerinden çok belir-





Yeni modellere göre büyük gökadarlar, küçük parçacıkların birleşmesinden oluşuyor.

ğın sınırlarla ayrılmamış olmaları. Diskler birbirlerinin içine geçmiş durumda. Örneğin Güneşimizin yakınındaki bölgede hem disk yıldızları, hem de hale yıldızları bulunuyor. Bu durumda yıldızların hareket biçimlerine ve hızlarına bakmak, hangi katmanlara ait olduklarını belirlemek için daha akılcı bir yol. Bunun için yıldızların, daha garantili bir yol olarak da örnekleme gruplarının, hız dağılımlarını belirlemek gerekiyor. Bu verilerle çeşitli gruplardaki yıldızların gökada çevresindeki yörüngelerinin, farklı açı, büyüklük ve eliptik özellikleri belirlenebiliyor. Bütün bunlar, yıldızların gökada içinde uzun süre "oturdukları" yerleri ortaya çıkarıyor. Böylece de Samanyolu'nu oluşturan parçaların biçimleri ve büyüklükleri elde edilebiliyor.

Güneş'in yakınındaki ince disk yıldızlarını bu gruba sokan, saniyede ortalama 220 kilometre gibi yüksek yörünge hızları. Bu hız onları gökada merkezi çevresinde neredeyse dairesel bir yörüngede ve aşağı yukarı aynı düzlem üzerinde tutuyor. Buna karşılık bu yıldızların Gökada düzlemine dik olan hızlarıysa son derece düşük; saniyede yaklaşık 20 kilometre. Bu nedenle zaman zaman buldukları diskin üstüne ya da altına yaptıkları gezintinin maksimum uzaklığı yaklaşık 300 parseği (1000 ışık yılı) geçmiyor. Bu nedenle ince disk, son derece basık. Kalınlık/yarıçap oranı yaklaşık 1/10 düzeyinde.

Buna karşılık kalın diskte yer alan yıldızların karakteristik özellikleri, gökadamızın merkezi çevresindeki dönüş hızlarının görece düşük, buna karşılık dik hareketlerinin oldukça hızlı

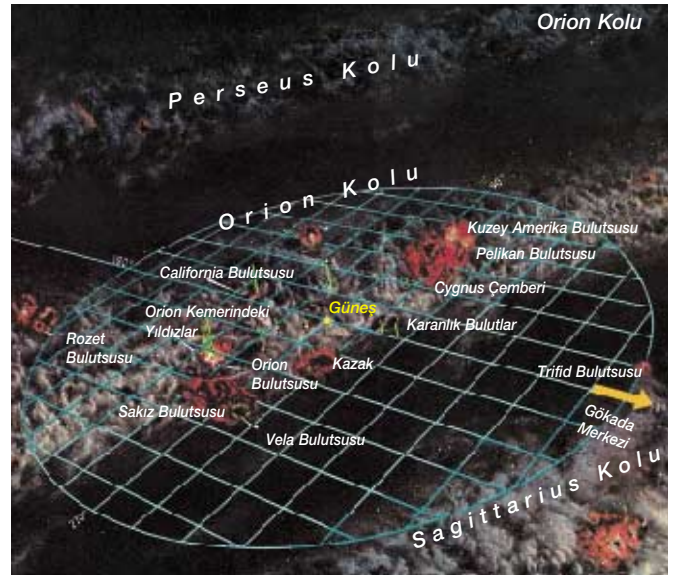
olması. Bu nedenle gökadanın merkez düzleminden yaklaşık 1 kiloparsek kadar uzaklaşabiliyorlar. Bu nedenle kalın diskin yarıçapı, aşağı yukarı ince disk kadar olsa da, eksen yönündeki kalınlığı, ince diskin yaklaşık üç katı.

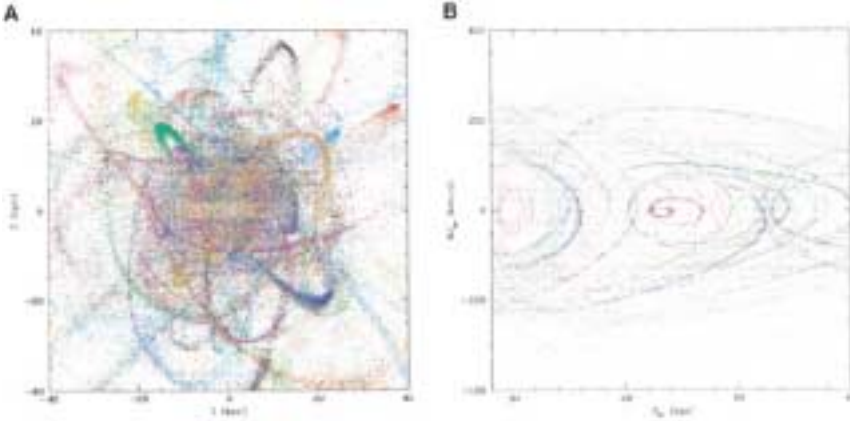
Şimdilik Güneş yakınında bulunan hale yıldızlarının tümü, düşük yörünge hızlarına, buna karşılık çok yüksek dikey hızlara sahip. Bunlar, disklerin merkez çevresindeki dönüş hareketlerine katılmak yerine, çok eğik ve son derece eliptik yörüngelerle, gökada disklerini yarıp geçiyorlar, daha sonra gökada düzleminin çok uzaklarında yeniden yükselerek, içinde doğmuş oldukları haledaki yerlerine geri dönüyorlar.

Aslında gökadamızın parçalarının özelliklerini daha iyi kavrayabilmek için, yıldızlarının ne zaman ve nasıl ortaya çıktıklarını da bilmek gerekiyor. Samanyolu, çok daha geniş bir kütle-

çekim potansiyeli olan bir karanlık madde bulutu içindeki normal maddenin bir araya toplanması sonucu ortaya çıkmış olmalı. Dolayısıyla Gökadanın parçaları da, ya evrenle birlikte ortaya çıkmış, işlenmemiş gazdan, ya önce bulut içinde birer birer oluşup sonra bir araya toplanmış olan yıldızlardan, ya da her ikisinden birden oluşmuş olabilir. Bugün disk düzleminin ortasındaki en ince disk diye adlandırılan katmanda yıldız oluşumu sürüyor. Gökbilimciler arasında tartışma konusu olan sorunsu, gökadamız daha oluşmadan ya da oluşuktan sonra, dışarılarda bir yerde doğup da sonradan Samanyolu'na katılmış yıldızların olup olmadığı. Çünkü, bu "kökü dışarıda" yıldızların da daha küçük kümelerde ortaya çıkmış olmaları gerekiyor. Aslında her yıldız, içinde doğduğu kümenin ortak imzasına katkıda bulunuyor. Gözlenen tayfları, yıldızın ana bulutundan doğduğu sıralarda yıldızlararası ortamın kimyasal bileşimini gösteriyor. Yıldızlar, içinde oldukları buluttan aldıkları hidrojen gazını daha ağır çekirdeklere dönüştürerek yaşamlarını sürdürebiliyorlar. Büyük kütleli yıldızlar merkezlerindeki hidrojen yakıtını çok daha hızlı bir sürede (birkaç yüz bin yıl) daha ağır elementlere, ya da gökbilimdeki kullanımıyla "metallere" dönüştürüp, sonunda bunları şiddetli süpernova patlamalarıyla uzaya saçıyorlar. Böylelikle yıldızları oluşturacak gaz bulutları, bir nesilden ötekine giderek metal bakımından zenginleşiyor. Yıldızlar, teker teker oluşmak yerine genellikle kümeler

Güneşimizin Samanyolu'nun Orion Kolu üzerindeki yeri. Gazca zengin sarmal kollar, büyük ölçüde yıldız oluşumunun gerçekleştiği bölgeler. Güneş yakınında bulunan Orion Bulutsusu, çok sayıda yıldızın bir arada ortaya çıktığı, hareketli bir bölge. İleri yaşına karşın, gökadamızda her yıl ortalama 1 yıldız doğuyor...





Bilgisayar modellerine göre Samanyolu'nun, yuttuğu uydu gökadalardan sonra aldığı biçim.

halinde oluşuyorlar. Böylece bu yıldızların, daha doğrusu içinde buldukları kümeciklerin tayfları, bize bu yıldızların oluşum tarihlerini oldukça doğru bir biçimde veren bir takvim sağlıyor. Bu takvime göre metal bakımından fakir bir yıldız, metalle zengin bir yıldızdan daha önce doğmuş oluyor. Yani metalle fakir yıldızlar daha yaşlı. Küresel kümeler ve açık yıldız kümeleri, gökada sakinlerinin yaşlarını belirlemede iyi birer ölçek görevi yapıyorlar. Bu sayede, Güneş çevresinden çok uzaklardaki hale ve disk yıldız kümelerinin özelliklerini ve nüfuslarını daha kolaylıkla belirleyebiliyoruz. Ayrıca bu kümeler sayesinde gökadamızın metal takvimini giderek daha güvenilir hale getirebiliyoruz. Her küme, aynı dev buluttan, ya da onun bir parçasından, hemen hemen aynı süre içinde doğuyorlar. Bu nedenle, bir küme içindeki yıldızların hepsi aynı metal oranına sahip oluyorlar. Ayrıca, bir küme, yalnızca içindeki

yıldızların yaşını belli etmekle kalmıyor. Bize aşağı yukarı eşit uzaklıkta bulunan binlerce yıldızın ortalamasının alınmasına olanak sağladığından, bunların renk ölçek diyagramları, tek bir yıldızla oranla uzaklıklarının çok daha kolay ve güvenilir biçimde saptanmalarını sağlıyor. Bu araçların yardımıyla gökbilimciler, 1950'li yıllarda gökada yapısının parçalarının uzaysal ve kinematik özelliklerinin, metal zenginlikleriyle ve yaşlarıyla yakından ilintili olduğunu gördüler.

Gökadamız Nasıl Oluşturdu?

Aslında Samanyolu için yarım yüzyıl öncesinde oluşturulan resim, bugün de büyük ölçüde geçerliliğini koruyor: Haledeki yıldızlar ve küresel kümeler, metalle zengin ve çok yaşlı. Yaşlarının yaklaşık 12 milyar yıl olduğu hesaplanıyor. Kalın diskteki yıldız-

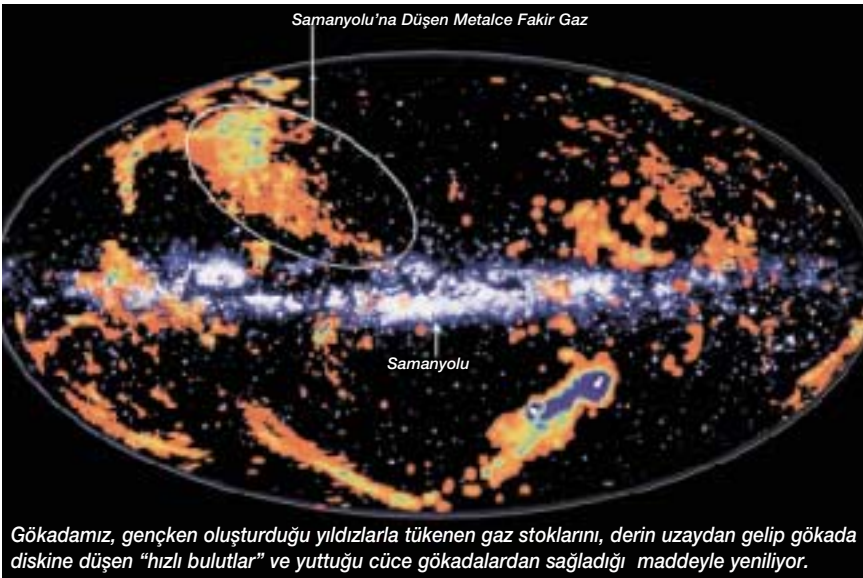


Samanyolu gökadası, cüce uydularından Sagittarius'u yutuyor.

lar ve küresel kümelerin yaşları, aşağı yukarı haledekiler kadar. Ancak bunlardaki metal oranı orta düzeylerde. İnce diskteki yıldızlar ve açık kümelere gelince, bunlar metal bakımından oldukça zengin. Yaşlarıysa, 10-1 milyar yıl arasında değişiyor. Daha genç yıldızlarsa, bugün bile gaz ve toz bulutlarının içinde oluşumunun yaşandığı çok ince disk üzerindeki doğum yerlerinden fazla uzaklaşamamışlar.

Merkezdeki yoğun topaksa, gökadamızın değişken yapıda bir parçası. Ortalamaya vurulacak olursa, yoğun yıldız nüfusu, metalle zengin ve yaşlı. Ama gerek metal oranı, gerekse yaşlar kendi kategorileri içinde büyük değişiklikler de gösterebiliyor.

Samanyolu'nun bu genel krokisi içinde yıldız ve kümelerdeki metal oranı, gözlenebilir ve ölçülebilir bir büyüklük. Farklı gökada parçalarındaki yıldız ve küme yaşları küçüldükçe, metal oranının düzenli bir artış göstermesi, Samanyolu'nun düzenli bir süreç içinde ortaya çıkıp geliştiğinin işareti. Bu modelin savunucuları, ABD'li ünlü gökbilimci Alan Sandage'in, 1963 yılında Olin Eggen ve Donald Lynden Bell ile birlikte geliştirdiği ve kısaca LSE denen modele göre, Samanyolumuzu oluşturacak süreç, metalle fakir, küresel bir gaz bulutunun, kütleçekim merkezine doğru çökmeye başlamasıyla açılıyor. Bulutun yarıçapı giderek küçüldükçe, enerjinin dağılımı ve dönüş hızının giderek artması nedeniyle küresel biçim bozuluyor ve dönüş ekseninin çevresinde gitgide daha basık hale gelen bir yapı oluşuyor. Süreç, sonunda merkezde bir topak ve çevresinde hızla dönen ince bir diskin ortaya çık-



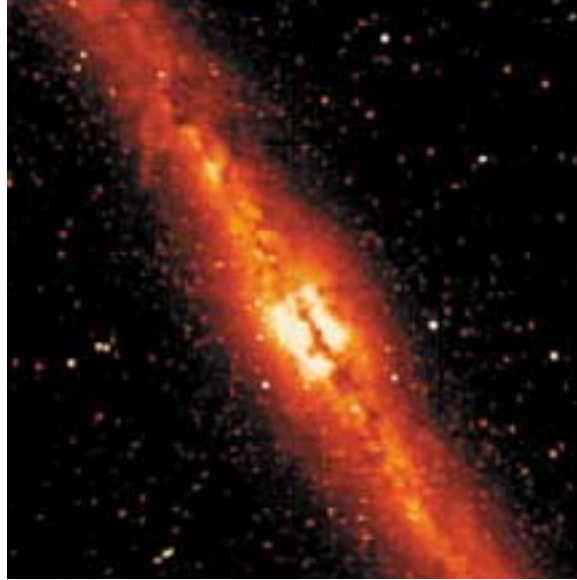
Gökadamız, gençken oluşturduğu yıldızlarla tükenen gaz stoklarını, derin uzaydan gelip gökada diskine düşen "hızlı bulutlar" ve yuttuğu cüce gökadalardan sağladığı maddeyle yeniliyor.

masıyla noktalanıyor. Gene modele göre, gökadamızın en eski yıldızları ve yıldız kümeleri, bulutun çöküşü sırasında ortaya çıktılar ve 200 milyon yıl alan "hızlı çöküş" süresince oluşup patlayan dev yıldızlar, diski oluşturan gazı metalce zenginleştirdiler. Bu nedenle haledeki yıldız ve küresel kümeler, metal bakımından daha fakir kalırken, diskteki yıldızlarda bu oran giderek artış gösterdi. LSE kuramcılarının modellerine destek olarak gösterdikleri bir başka kanıt da, en yüksek hızlara ve en eliptik yörüngelere hale yıldızlarının sahip olmasıydı. Sandage ve arkadaşları, bunu, hale yıldızlarının bulut içinde çöküş sırasında oluşmalarına bağlıyorlardı. Yıldız, yörüngesinin hız ve biçimini, buluttan miras aldığından, çöküş, dairesel yörüngeleri bozarak uzamış elipsler haline getiriyordu.

Ancak zamanında şık bir kuram olarak alkışlanan LSE'nin basitliği, yeni gözlemlerin oluşturduğu karmaşık Samanyolu tablosuyla çelişmeye başladı. Görüldü ki, gökadamız, yalıtılmış bir sistem değil. Yerel Grup içinde hâlâ çevresiyle etkileşim içinde. Daha önce gördüğümüz gibi Sagittarius cüce uydusu Samanyolu'na yutulmakta. Gökadamız, bu uydusundan dört küresel kümeyi çalıp kendi envanterine katmış bile. Uzun süredir Samanyolu'nun sanılan bu kümelerin, yutulan gökadamaya ait olduğu daha yeni anlaşıldı. Görülüyor ki dev gökadamız, farklı zamanlarda, farklı yerlerde doğmuş ve yaşamlarının çoğunu farklı gökadalardan farklı ortamlarında geçirmiş metalce fakir yıldızları toplamayı sürdürüyor. Bu kümeler de gökadamının daha derinlerinden geçmeye başlayınca, kütleçekimsel etkiler bunları dağıtacak ve sonunda bunlar da daha önce yutulmuş cücelerin kaderini paylaşacak. Gökadamız çevresindeki küre biçimli bazı cüce gökadalalarla genç küresel kümelerin, daha önce aynı etmenlerle dağılıp Samanyolu'na yutulmuş uydu gökadalardan artıkları olabileceği düşünülüyor. Gökbilimciler ayrıca Güneş sistemi yakınlarında ama gökadamızın çok üstünde birlikte

hareket eden bazı yıldızların, hale yıldızlarından çok daha genç, orta yaşta, ve metalce fakir mavi yıldızlar olduğunu belirlediler. Yaklaşık üç milyar yıllık yaşlarına karşın yıldızların kısa ömürlü dev mavi yıldızların renginde (dolayısıyla sıcaklığında) olmalarını, gökbilimciler, bunlarda çok düşük metal oranları nedeniyle bir morötesi ışınım fazlalığı ortaya çıkmasına bağlıyorlar. Bu yıldızların da Samanyolu'na yakın uydu gökadalardan Karina'ya benzeyen, metalce fakir, başka bir gökadamının artıkları olduğu sanılıyor.

İki modelin de güçlü yanları bulunduğundan, kaçınılmaz olarak günümüzde her iki düşünceyi bağdaştıran modeller benimsenmiş görünüyor.



Karanlık Hale

Samanyolu'nun yaz geceleri hayal meyal görebildiğimiz sarmal kollarından küçük bir parça bile, güzelliğiyle, görkemiyle seyredenleri büyütüyor. Güney yarımküredekiler daha da şanslı. Çünkü Sagittarius (Yay) takımıyıldızı yönünde uzanan kol bizim güney yönündeki ufkumuzda kaybolurken, güney yazarında gökadamızın koca merkez topağı rahatlıkla görülebilir. Biz kendi gökadamız, Yerel Grup içindeki kardeşi Andromeda gibi, biraz açılı da olsa, tepeden göremediğimiz için, biçimini tam olarak bilmiyoruz. Ama içindeki yıldız sayısı, sarmal kollarının yapısı, kaç tane olduğu, merkezinin uzamış çubuksu yapısı gibi ayrıntıları, ya doğrudan gözlemleyerek, ya benzer özelliklere sahip öteki

gökadalardan izleyerek, ya da salt hesap yoluyla biliyoruz. Oysa, eğer yakınlarımızda varsa, duyuları bizimkinden farklı akıllı canlılar için samanyolu ve tüm öteki gökadalardan çok daha farklı görünebilir: Bizim görebildiğimizden çok daha büyük boyutlarda, koca ışık topları biçiminde... Ne yazık ki, bu koskoca küreler bizim için tümüyle karanlık. Bunlar ışımaya yapmayan, büyük olasılıkla tanımadığımız, evrenimizin ilk ortaya çıkış anlarında oluşmuş ağır ve farklı yapılarda madde biçimleri olabilir. Ya da çok daha basit bir yapıyla karşı karşıya kalabiliriz. Bu durumda deminki uzaylılar için ortalık biraz karacak ama, bu karanlık madde, bizim tanıdığımız, sıradan maddeden oluşmuş, ancak ya yeterince kütleli olmadığı için ışımaya yapmayan cisimler (çok uzun süre önce sönmüş yıldızların artıkları beyaz cüceler, yıldız olabilecek kadar kütleli toplayamadıkları için merkezlerinde nükleer tepkimeler başlamamış kahverengi cüceler, dev gezegenler vb.) ya da çok büyük kütleli oldukları için çöküp sıkışan nötron yıldızları gibi ağır cisimler olabilir. Gökbilimciler bu arada sık sık yapılan bir yanlışla dikkat çekiyorlar. O da, kara delikleri bu kategoriye sokmak. Oysa kara delikler, teknik anlamda maddeden yapılmış sayılmıyorlar. Hangisidir bilmiyoruz, ama bildiğimiz, bu karanlık maddenin yalnız gökadalardan çevresini değil, evrenin tümünü doldurduğu. Evrenbilimcilerce yapılan hesaplar, tanıdığımız ışılan maddenin, evrendeki tüm maddenin yalnızca %10'unu oluşturduğunu gösteriyor.

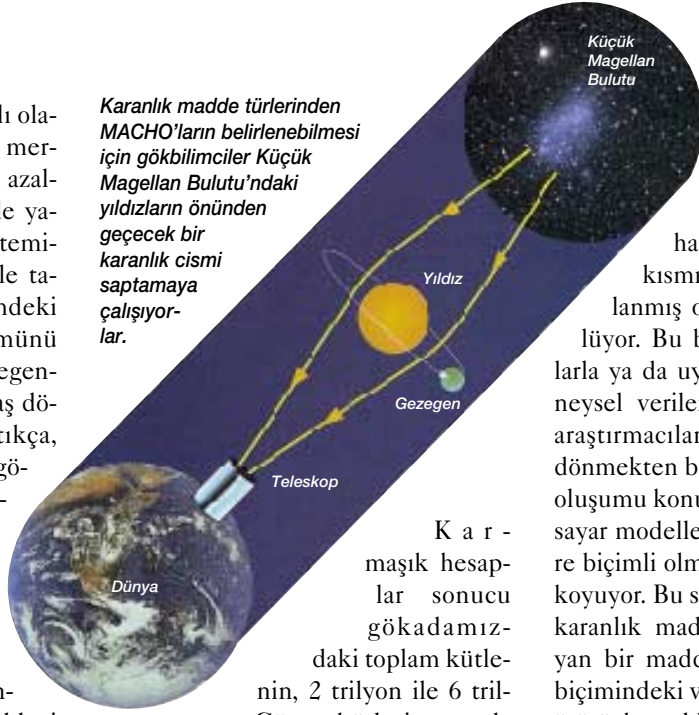
Gökadamız tam olarak göremediğimiz için, Samanyolu'nu çevreleyen karanlık halenin varlık kanıtlarını, yaklaşık boyutlarını ve biçimini dolaylı yoldan, ya öteki gökadalardan inceleyerek, ya da kuramsal modeller oluşturarak belirleyebiliyoruz.

Karanlık maddenin varlığı için temel gösterge, sarmal gökadalardaki yıldızların hareketi. Yaklaşık 1100 gökadamız üzerinde radyoteleskoplarla yapılan gözlemler sonunda, disk üzerindeki yıldızların dönme hızlarının, merkezden uzaklaştıkça, beklendiği gibi değişmediği ortaya çıktı. Oysa

ışık, gökadamadaki maddeye orantılı olarak dağılmış durumda olsaydı, merkezden uzaklarda dönme hızının azalması gerekti. Gökadalar üzerinde yapılan bu gözlemler, Güneş sistemi-mizdeki gezegenlerin hareketiyle taban tabana zıt. Güneş, sistemdeki kütle- nin çok büyük bir bölümünü kendi taşıdığı için uzaktaki gezegenler, yakındakilere göre daha yavaş dö- nüyorlar. Gezegenler uzaklaştıkça, hızları da azalıyor. Gökadalarda gö- rünen maddenin dağılımı ile bek- lenen dönüş hızları arasındaki tutarsızlık, göremediğimiz, ka- ranlık bir maddenin varlığını açıkça ortaya koyuyor.

Kendi gökadamızdaki ka- ranlık haleye gelince, yaptığımız in- celemeler, bir kere karanlık maddeyi göremediğimiz, ayrıca da bu madde topağının ve oluşturduğu kütleçekim- sel potansiyel kuyunun içinde oldu- ğumuz için karmaşıklaşıyor. Gene de araştırmacılar, gaz bulutlarının, tek yıldızların, küresel yıldız kümelerinin ve karanlık hale içinde Samanyolu'nun görünür diski çevresinde dö- nen sekiz küçük uydu gökadanın ha- reketlerini inceleyerek, bazı sonuçlara varabiliyorlar.

Karanlık madde türlerinden MACHO'ların belirlenebilmesi için gökbilimciler Küçük Magellan Bulutu'ndaki yıldızların önünden geçecek bir karanlık cisim saptamaya çalışıyor- lar.



K a r - maşık hesap- lar sonucu gökadamız- daki toplam kütle- nin, 2 trilyon ile 6 tril- yon Güneş kütle- si arasında olduğunu belirleyen gökbilimciler, karanlık halenin, gökada merkezinden 200 kiloparsek, yani 650 bin ışık- yıldan daha ötelere uzandığını söylü- yorlar. Bunun anlamı, karanlık mad- denin, ışılan maddeden en az 20 kat daha fazla kütle- ye sahip olduğu.

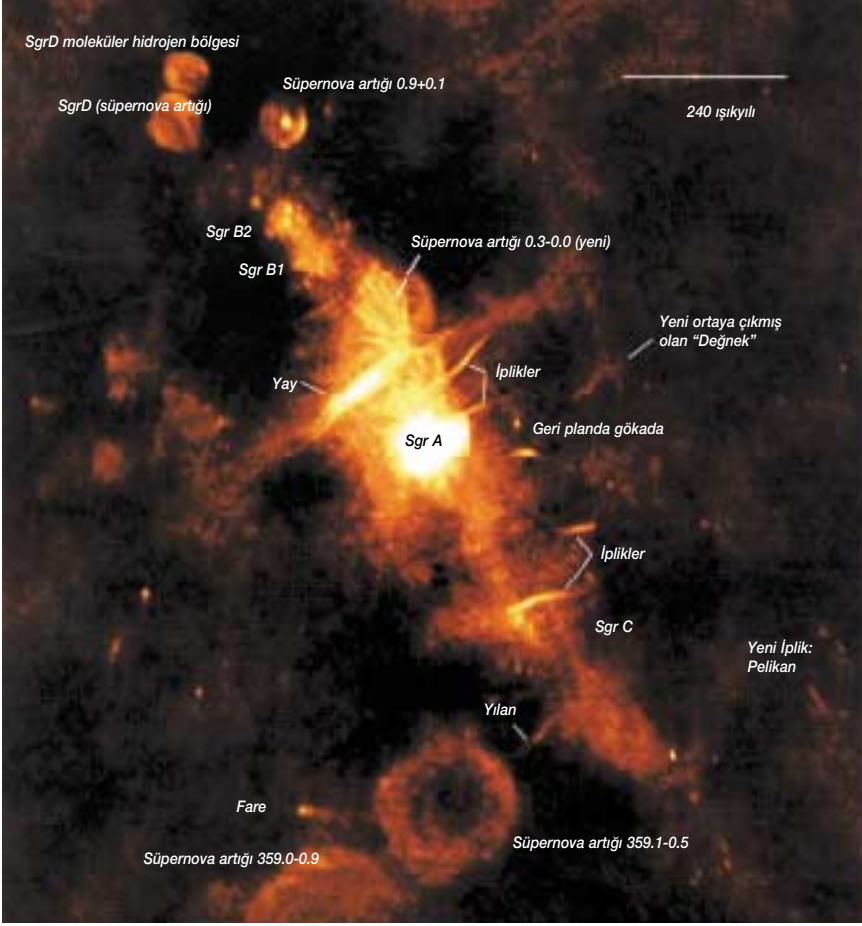
Gökbilimciler, karanlık halenin bi- çimi konusunda daha az güvenli konu- şuyorlar. Nedeni, yeterli gözlemsel ve- ri olmaması. Halenin iç kesimlerinden

sağlanan veriler, ge- nel olarak Gökada- daki yıldızların hareketlerinden derlenmiş durumda. Oysa karanlık halenin kütle- sinin büyük kısmının dış bölümünde top- lanmış olması gerektiği düşünü- lüyor. Bu bölgelerdeyse tek yıldız- larla ya da uydu gökadalara ilgili de- neysel veriler yetersiz. Bu durumda araştırmacılara, kuramsal modellere dönmekten başka yol almiyor. Gökada oluşumu konusunda geliştirilmiş bilgi- sayar modelleri, karanlık halelerin kü- re biçimli olmalarını gerektiğini ortaya koyuyor. Bu sonucu sağlayan etmense, karanlık maddenin, kolayca saçılma- yan bir madde türü olması gerektiği biçimindeki varsayım. Bu özelliğinden ötürü karanlık madde, kütleçekimsel çöküş sırasında sıradan maddenin yap- tığı gibi iç enerjisini dışarı saçmıyor. Kanıtsal verilerin eksikliğine karşı- n araştırmacılar, Samanyolu'nu bir küre biçiminde saran karanlık halenin hac- minin, yıldız diskinin hacminden 1000 kat fazla olduğunu düşünüyorlar.

Karanlık haledeki maddenin bile- şiminin ne olduğuna az önce değinil- mişti. Hatırlatalım, bunlar Güneş ben- zeri yıldızların sönmüş artıkları, yıldız- laşacak büyüklüğe erişememiş gaz kü- releri, nötron yıldızları vb. gibi, ışıma- yan ama tanıdığımız (baryonik) mad- deden yapılmış cisimler olabiliyor. Bunlara " Ağır ve Küçük Hale Cisimle- ri" (MACHO) deniyor. Gerçi bunlar biraz ışık yayabiliyorlar; ama ölçek, bi- zim bugünkü teknolojimizle algılaya- bileceğimiz eşğin altında. Gene hatı- rlayalım: Bir başka karanlık madde tü- rüyse, evrenin ilk oluşum anlarında or- taya çıkmış, bizim duyularımızla algı- layabileceğimiz bir ışımaya yapmayan egzotik ve ağır temel parçacıklar. Bun- lara da Zayıf Etkileşimli Ağır Parçacık- lar (WIMP) deniyor. Peki bunların gerçekten var olup olmadıklarını nasıl anlayacağız? MACHOlar için iş biraz zahmetli ve sabır gerektiriyor; ama so- nuçta daha kolay. Yapılacak iş telesko- pu uzak bir yıldız çevirip, önünden bir MACHO geçmesini beklemek. Yıldızın, bizim gökadamız dışında ol- ması daha iyi; çünkü karanlık halenin dışında olacağından, önünden bir MACHO geçmesi olasılığı daha fazla. Ancak bu zorunlu değil. Teleskopları- nı tam ters yöne, Samanyolu'nun mer-



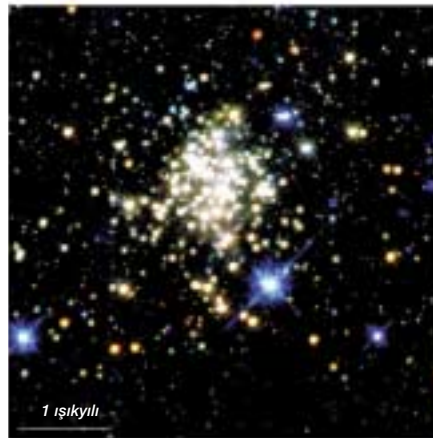
Samanyolu'nun en büyük uydusu olan Büyük Magellan Bulutu'nda milyarlarca yıldız bulunuyor.



Samanyolu'nun merkezi, birbirleriyle etkileşim halinde değişik türden cisimlerin bulunduğu çok hareketli bir bölge. Radyo dalgalarıyla oluşturulan yukarıdaki görüntü 1500 ışık yıl genişliğinde bir alanı kapsıyor. Merkezdeki karadelik adayı Sgr A* ile çevresindeki yıldızlar kalın toz bulutlarıyla maskelenmiş. Parlak cisimler, yıldız kümeleri ya da süpernova şok dalgalarıyla ısıtılıp iyonize edilen gazdan oluşuyor. SgrA* karadelik adayının, 2.6 milyon Güneş kütlelerinde olup, Güneş Sistemi'nden daha küçük bir alana sıkışmış bir madde topağı olduğu sanılıyor.

kezine doğrultup MACHO arayanlar da var. Arayanların bulmayı umdukları şey, bir kütleçekimsel mikro-merceklenme olayı. Bu olay için gereken malzemeyse, bir nokta ışık kaynağı, tercihen bir yıldız, gene noktasal ve kütleli bir ışık bükücü (MACHO) ve bir de gözlemci. Bu düzenekte, MACHO, fondaki yıldızın önünden geçtiğinde, onun gözlenen ışığında gözlenebilen bir artışa yol açıyor. Şimdiye değin dört araştırma grubu bu konuda çalışmalar yapmış. Gerçi bazı mikro-merceklenme olaylarına rastlanmış, ama sonuçlar yoruma açık. Bazılarında, fon yıldızının ışığındaki artışın, araya giren küçük bir gökadanın etkisiyle ya da açıklanabilir başka nedenlerle ortaya çıkmış olabileceği de düşünülüyor. Bu durumda yapılacak şey, gözlem sayısını arttırmak. Gökbilimciler bunun için Samanyolu'nun büyük uyduları olan Magellan Bulutları'ndaki yıldızlardan milyonlarcasını aynı anda

gözleyecek düzenekler tasarıyorlar. Ancak mikro-merceklenme olayı konusunda heyecan verici yeni bir yöntem bulundu. Bazı gökbilimciler, Güneş benzeri yıldızlardan arta kalan beyaz cüce yıldızların soğurken, sanılan tersine, mavi ışık yayacağını göz-



Samanyolu'nun merkez bölgesinde yıldız kümeleri. Beklenenin tersine bu kümelerde çok sayıda dev kütleli mavi yıldız saptandı.

terdiler. Ekip daha sonra bu tür ışın yapan noktalardan bazılarını, Hubble Uzay teleskopunca yapılan Derin Uzay Gözlemi'nde oluşturulan görüntülerde saptadı. İki yıl sonra aynı uzay bölgesinden alınan görüntülerde, bu ışık noktalarından ikisinin yer değiştiği gözlemlendi. Bu noktalar, Hubble'ın gözlediği ve evrenin çok genç olduğu zamanlardaki gökadalardan arasında bulunamayacağına göre, açık ki, bunlar bizim karanlık halemizdeki beyaz cüceler. O halde, sayısı, oranı fazla olmasa bile, MACHO'ların en azından karanlık maddenin bir bölümünü oluşturduğu kanıtlanmış oluyor.

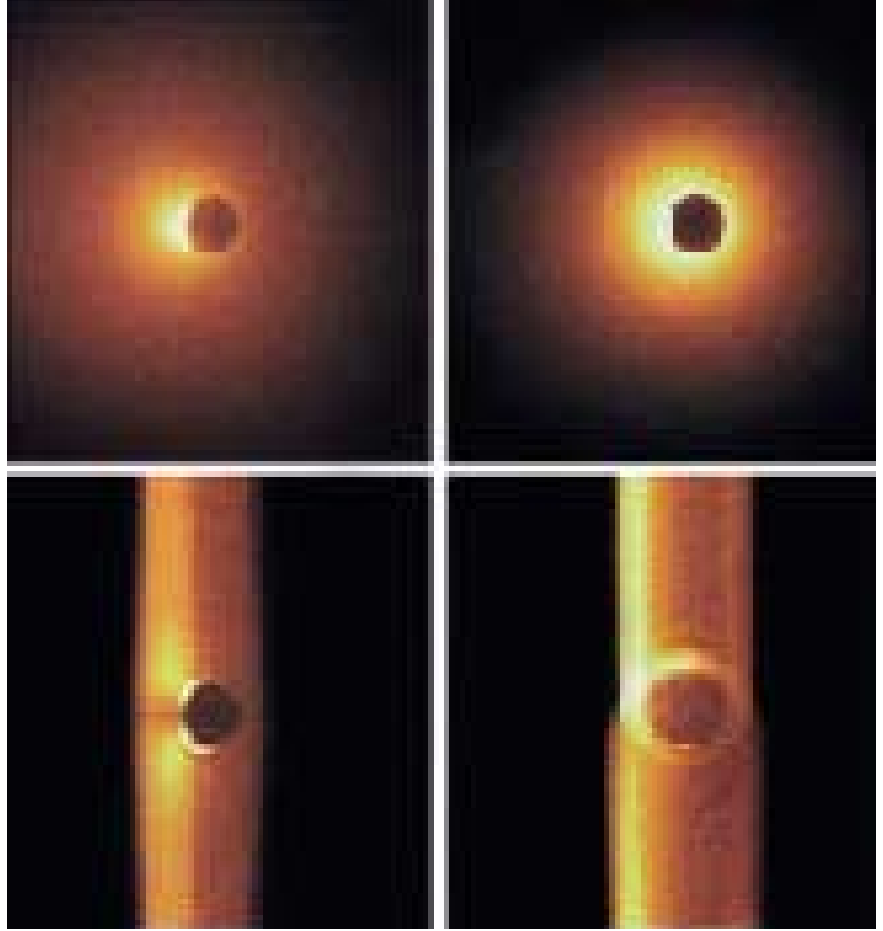
WIMP, ya da öteki adıyla "soğuk karanlık maddeyi" bulmaksa, çok daha zor ve masraf gerektiren bir çaba. Nedeni, bu maddelerin varsayımsal bir gerçeklik taşımaları. Özellikleri, yoğunlukları bilinmiyor. Ancak kuram bazı ipuçları vermiyor değil. Deneyler de iki olası aday, *nötralinio* ve *axion* üzerinde yoğunlaşmış durumda. Bunlardan *nötralinio*, fizikte temel kuvvetleri özdeşleştirmeyi amaçlayan ve bunun için fermiyonlarla kuvvet taşıyıcı temel parçacıklar olan bozonlar için farklı kütlelerde eş parçacıklar öneren süpersimetri kuramında yer alıyor. Kısa süre öncesine değin kütleless olduğu sanıldıktan sonra şimdilerde çok küçük kütleleri olabileceği söylenen nötrinoların eş parçacığı. *Nötralinio* kuramsal ağırlığı iri bir atom ya da küçük bir molekül kadar. Kütle, proton kütlelerinin 30 ile 10 000 katı arasında, ancak bildiğimiz maddeyle ancak zayıf çekirdek kuvveti aracılığıyla etkileşebiliyor. *Nötralinio*, soğuk karanlık madde için ideal bir aday. Büyük Patlama

sırasında çok miktarda oluştuğu ve evrendeki karanlık maddenin büyük bölümünü oluşturduğu düşünülüyor. Bunun için yaratıcı deneyler hazırlanıyor. Ancak *nötralinonun* tanıdığımız bir madde parçacığıyla etkileşme oranı çok düşük. Bu oran, günde, bir kilogram madde parçacığı için bir kez olarak betimleniyor. Bir kg madde parçacığı ise katrilyonlarca parçacık demek. Ancak daha gelişkin deneyler hazırlayan fizikçiler, önümüzdeki on yıl içinde *nötralinonun* ya ortaya çıkacağını, ya da bir karanlık madde adayı olarak defterden silineceğini söylüyorlar.

Karanlık madde için çok farklı bir aday da, *axion*. *Nötralinonun* ne kadar büyükse, bu da tersine, alabildiğine küçük. Atom çekirdekleri içindeki temel parçacıkları bir arada tutan şiddetli etkileşimi betimleyen Kuantum Renk Kuramı'ndaki bazı hesapların üstesinden gelebilmek için önerilmiş. Ama sonradan bunların da Büyük Patlama sırasında yoğun olarak üretilmiş olabilecekleri anlaşılmış. *Axion* çok hafif bir parçacık. Kütlesi , yalnızca bir elektronvoltun binde ya da milyonda biri kadar. Bu kütlesiyle bir elektronun 20 milyarda, *nötralinonun* ise 300 trilyonda biri!.. *Axion*'un bir özelliği, ışık birimi olan fotonlarla etkileşmesi. Bu son derece zayıf etkileşmeyi belirlemek için deneyler sürdürülüyor; ilk sonuçların, kozmik *axionların* özellikleri ve bolluğu konusunda önermelere izin verecek nitelikte olmasına karşın, fizikçiler daha alınacak çok yol olduğu konusunda uyarıda bulunuyorlar. Ancak genel kanı, WIMP olsun, MACHO olsun, karanlık maddenin av menzili içine girdiği yeni deney araçları, yeni uydular ve yeni teleskoplar sayesinde, karanlık maddenin sırlarının en az bir kısmının önümüzdeki 20 yıl içinde ortaya çıkacağı biçiminde.

Merkezdeki Dev

Gökadanın uzaklarından, tam ortasına dönecek olursak, bir başka karanlıkla karşılaşacağız: Dev kütleli bir karadeliik. Karadeliik diyoruz, ama aslında



Bilgisayar modellerinde Sagittarius A*'nın olay ufku görüntüleri.

da kara delik adayı demek daha doğru. Çünkü tam ve net bir kanıt henüz elde edilebilmiş değil. Karadeliik adaylığıysa, böylesine küçük bir alana sıkışmış böylesine büyük bir kütleli karadeliikten başka bir şey olamayacağı varsayımından kaynaklanıyor. Kütlesi 2,6 – 2,8 milyon Güneş kütlesi kadar. Aslında karanlık, belki de içine düşen her şeyi yutup yok eden bu doymak bilmez canavarın olası olay ufkunun

boyutlarında. Yoksa, en az 100 000 ışık yılı çapındaki gökadamızın merkezindeki 30-40 ışık yılı genişliğindeki alan, alışıktığımız enerji kaynaklarının karşılıklı etkileşimiyle sıcak ve hareketli bir kazan görünümünde. Bunların başında, Sagittarius A* adlı karadeliik adayı geliyor. Bunun çevresinde ömürlerini tamamlamak üzere kırmızı dev aşamasında bir yıldız kümesi, genç yıldızlardan oluşan bir yapı,

moleküler ve iyonize gaz bulutları ve bir süpernova artığına benzeyen güçlü bir ışınım kaynağı yer alıyor. Yoğun gaz ve toz bulutları, gökada merkezini optik teleskoplara kapatıyor. Ama, son yıllarda hızlı bir gelişme gösteren kızılötesi gökbilim araçları sayesinde, bu hareketli bölgenin net bir görüntüsünü elde edebiliyoruz.

İlk kez 25 yıl önce güçlü bir radyo dalgaları kaynağı olarak keşfedilen Sagittarius A*. Yaşamlarının



Gökada merkezinde onlarca yıldızın dev kütleli bir karadeliğin çekim gücüyle yörüngede tutulduğu biliniyor.

son aşamasında iki dev yıldız grubunun arasına sıkışmış. Bu yıldızların ve gazın, karadelik adayına yaklaştıkça artan hız dağılımları, 2,6-2,8 milyon Güneş kütesine denk bir kütlelenin, yaklaşık Güneş Sistemi kadar bir alana sıkışmış durumda bulunduğunu ortaya koymuş. Ancak, kısa süre önce yeryüzünün değişik noktalarındaki radyoteleskoplarla elde edilen verileri birleştiren Çok Geniş Tabanlı Dizge (VLBA) tekniğiyle yapılan görüntüleme, karadelik adayı için ilk belirlenen bölgenin derinliklerinde, 1000 Güneş kütesinde ve yaklaşık 600 milyon kilometre yarıçapında bir yapı saptamış. Bazı gökbilimciler, bu son verilerin merkezdeki karanlık maddenin, beyaz cüceler, nötron yıldızları ve küçük (10 Güneş kütleli) karadelikler arasında paylaşılmış olabileceğini düşünüyorlar. Bazı kuramcılarsa, gökadamızın merkezindeki karanlık maddenin yoğunluğunun, bir ışık yılı çapındaki bir bölge için 1 trilyon Güneş kütleli olduğuna işaret ederek, böyle bir yoğunlukta ayrı karadeliklerin birleşip tek bir karadelik oluşturmadan geçirebilecekleri sürenin 100 milyon yılı aşamayacağını, bunun da gökadamın yaşından çok daha kısa olduğunu vurguluyorlar.

Merkezde, Sgr A* karadelik adayı üzerine yığılmış karanlık madde, Samanyolu'nu da Aktif Çekirdekli Gökadalar (Active Galactic Nuclei - AGN) sınıfına sokuyor. Samanyolu ile AGN'ler arasındaki başka bir ortak özellik de, merkezi yalnızca beş-on yıl

uzaklıkta, bir halka gibi çevreleyen ve nötr gazdan oluşmuş bir kuşak. 10 000 Güneş kütesinden oluşan bu kuşak, (Kızılötesi Işınım Kaynakları) IRS 16 adlı bir sıcak yıldız kümesinin çevresinde, saniyede 110 km hızla dönüyor. Yaklaşık iki düzine mavi yıldızın oluşturduğu bu küme, saniyede 700 km hızda bir güneş rüzgârının kaynağı. Küme, bu rüzgârla her yıl binde dört Güneş kütleli kadar kütle yitiriyor. Bu mavi yıldız kümesi de, ana kol evresinden çıkıp (merkezdeki hidrojen yakıtını tüketip) kırmızı dev haline gelmiş daha soğuk bir yaşlı yıldızlar kümesinin içinde yer alıyor. Bu yaşlı yıldızlar, merkezdeki topak içinde yaklaşık 1600 ışık yılı genişliğinde bir bölgeyi kapsıyor. Mavi yıldızlardan oluşan IRS 16 kümesiye gökadamın merkezden yalnızca beş-on ışık yılı yarıçap uzaklığında bir bölgede yer alıyor.

Moleküler gaz kuşağının oluşturduğu boşluğun içinde bir de iyonlaşmış gazdan oluşmuş üç kollu bir yapı yer alıyor. Sagittarius A Batı (Sgr A West) adı verilen bu yapı, karadelik adayı Sgr A* çevresinde dönüyor.

Sgr A*'nın son derece küçük alanı, bu karadelik adayının bir nokta cisim kabul edilebileceğinin göstergesi. Böyle cisimlerin muazzam kütleçekimleri, kaynağa doğru her adımda hızla yükseldiğinden, içine düşen gazın sıcaklığını bir milyar dereceye kadar yükseltecek bir enerji sağlıyor. Bu enerji düzeyleri de Sgr A* noktasından çıkan emisyonla örtüşüyor.

Merkezde tek bir nokta karadelik modelini savunan Samanyolu uzmanları, öteki modellerin öne sürdüğü türden 10 Güneş kütleli küçük karadelikler dizgesinin, Sgr A* noktasından çıkan ışınımı açıklayamadığına dikkat çekiyorlar. Karadelikçe yakalanan yıldız rüzgârlarındaki plazma (iyonlaşmış gaz) olay ufkuna yaklaştıkça daha güçlü bir biçimde çekilir. Öteki gökadalardaki daha büyük kütleli karadeliklerin merkezinden yükselen güçlü ışınım, çekilen gazın bir bölümünü uzaya geri püskürtür. Oysa gökadamızın merkezinde Sgr A*, düşen gazın bir kısmını geri püskürtecek kadar şiddetli ışınım yayamıyor. Dolayısıyla merkezde, bir ışık yılı onda biri çaplı bir bölgeye giren gazın tümü, nokta biçimli "tekillik" tarafından tümüyle çekiliyor. Gözlemcileri şaşkırtan bir nokta, Sgr A*'dan yayılan ışınımın oldukça zayıf olması. Gökbilimciler bunu, tekilliğin potansiyel kuyusunun derinliğine ve karadelinin, IRS 16 kaynağından gelen plazma rüzgârının ancak çok küçük bir bölümünü yakalamasına bağlıyorlar.

Raşit Gürdilek

- Kaynaklar
Buser, R., "The Formation and Early Evolution of the Milky Way Galaxy", *Science*, 7 Ocak 2000
Croswell, K., *The Alchemy of the Heavens, Searching for the Meaning in the Milky Way*, First Anchor Books Trade, ABD, Mart 1996
Freeman, K., Hawthorn, B., J., "The Baryon Halo of the Milky Way: A Record of its Formation", *Science*, 7 Ocak 2000
Irion, R., "A Crushing End for Our Galaxy", *Science*, 7 Ocak 2000
Smith, N., Spooner, N., "The search for dark matter", *PhysicsWorld*, January, 2000
Stokstad, E., "Into the Lair of The Beast", *Science*, 7 Ocak 2000
Wardle, M., Melia, F., Zadeh, F., Y., "The Galactic Center: An Interacting System of Unusual Sources", *Science*, 7 Ocak 2000