

MERKEZDEN SON HABERLER

Görüntüsünden önce gürültüsü geldi. 1930'lu yılların başlarında Amerika'daki Bell Laboratuvarları'ndan Karl Jansky adlı bir mühendise radyo yayınlarını etkileyen statik gürültünün nereden geldiğini belirlemek görevi verilmişti. Ucube görünümlü ama dahice tasarlanmış, yönlendirilebilir bir antenle Jansky çeşitli kaynakları araştırdı. Parazit kaynaklarının çoğu şimşek fırtınalarıydı. Biri Hariç! Jansky günler boyu gökyüzündeki hareketini izledikten sonra kaynağın atmosferin, dahası Güneş Sistemi'nin çok ötesinde olduğunu fark etti. Bu hiç değişmeyen hışırtı, Yay (Sagittarius) Takımyıldızı bölgesinde bir yerlerden geliyordu.

Takımyıldızlar karşılaştırılacak olursa, Sagittarius, ne boyutları ne de parlaklığıyla öne çıkabilecek durumda. Ancak onu ötekilerden farklı kılan, Ay'sız karanlık gecelerde arkasındaki alanındaki zıtlıklar: Sayısız yıldızdan

oluşmuş topak topak bulutların arasında karanlık vadiler ve koca boşluklar. Gökyüzünde başka hiçbir yer böylesine etkileyici bir görünüme sahip değil.

Jansky'nin keşfine gelinceye kadar, gökyüzündeki başka cisimlerin davranışları, bu çekici bulutların içinde özel bir şeyin bulunduğu yolunda önemli kanıtlar ortaya koymuştu. 1918 yılında, Los Angeles'e tepeden bakan Mt. Wilson Gözlemevi'nde görevli bir gökbilimci olan Harlow Shapley'in yıldız kümeleri üzerinde yaptığı bir inceleme, "açık" yıldız kümelerinin Samanyolu'nun diski üzerine rasgele yayıldığını, küresel kümelerinse, bazıları yukarısında, bazıları da altında olmak üzere görünmeyen bir dev tarafından çekiliyormuşçasına Sagittarius yönünde toplandığını ortaya koydu. Küresel kümeler, Sagittarius'un yoğun bulutlarının ardında saklı bir lambanın çevresinde dolanan güveleri andırıyordu.

Bulutların Arkasında

Jansky'nin gözlemleri, bu perdelelerin gerisinde neyin yattığı konusunda ilk ipuçlarını vermişti; ama ayrıntıların ortaya çıkması için daha onlarca yıl geçecekti. Ancak 1968 yılına gelindiğinde gökadamızın merkezinde bulunan ve artık Sgr A* (ya da Sagittarius A-yıldız) diye adlandırılan radyo dalgaları kaynağı kızılötesi dalga boylarında gözlenebilecek ve kaynağın, gökbilimcilerin radyo yayınının şiddetinden çıkardıkları değer 1000 katı parlaklıkta olduğu anlaşılacaktı. Daha uzun kardeşleri gibi toz bulutlarından görünür ışığa kıyasla çok daha kolay geçebilen kısa kızılötesi dalga boylarında incelediğinde kaynak daha da parlak görünüyordu.

Bu tarihe kadar gökyüzünün başka bölgelerine de bakan gökbilimciler, kuasarlara da keşfetmiş bulunuyorlar-



İlk kez gökbilimciler kesine yakın bir güvenle gökadamızın merkezinde yaklaşık 4 milyon Güneş kütlelerinde bir karadeliğin bulunduğunu söyleyebiliyorlar. Karadeliğin gaz ve tozdan oluşmuş (sarı ve pembe halkalar) bir kütle aktarım diski ile çevrelenmiş durumda ve etrafında onlarca büyük genç yıldız (beyaz ve mavi) doluyor. Daha dışarıdaysa yıldızlararası tozdan oluşmuş bulut ve perdeler bulunuyor. Bunlar, çevredeki gaz karadeliğe düştükçe ortaya çıkan parlamaları yansıtıyorlar. Bölge ayın zamanda bazı çok genç ve büyük yıldız kümelerine de ev sahipliği yapıyor (sol üst köşedeki mavi yıldızlar).

di. Bunlar öylesine parlak, ama öylesine küçük cisimlerdi ki, güçlerini çevredeki gaz ve tozu inanılmaz hızda yutan muazzam karadeliklerden alıyor olabilirlerdi. 1969'da İngiliz gökbilimci Donald Lynden-Bell gökadamız Samanyolu ve komşularının tümünün merkezlerinde "ölü kuasarların" bulunabileceği görüşünü ortaya attı. Bu mantığa göre Sgr A*'nın da büyük bir karadeliğin olması gerekiyordu.

Teori ne kadar inandırıcı olsa da, ayrıntıları görmek kolay değildi. Görünür ışıktan yararlanan teleskoplar, hatta görkemli Hubble Uzay Teleskopu bile, toz bulutlarının arkasını göremiyordu. Geçtiğimiz 10 yıl içindeyse güçlü radyo teleskop dizgeleri, yeni kızılötesi ve X-ışını teleskopları, Dünya çevresinde yörüngeye yerleştirilmiş algılayıcılar ve yeryüzünde atmosferdeki titreşimlerin etkisini bilgisayarlar aracılığıyla gideren "uyarlanabilir op-

tik sistemler", gökadamızın merkezindeki motor ve çevresinde garip yeni yapılar belirlediler: manyetik kemerler ve iplikli oluşumlar, büyük kütleli yıldızlardan oluşmuş dev kümeler ve gaz girdapları!.. Sgr A* çevresindeki iki ışıklyı çaplı küre içindeki yıldızların hareketlerinin ve kütlelerinin incelenmesi, gökadamızın kalbinin boyutlarını, Dünya-Güneş mesafesinden daha büyük olmayan, hatta olası daha küçük olan boyutlara indirdi. Bu hacme sıkışmış olan kütleyle yaklaşık 4 milyon Güneş kütlelerine eşit.

Edinilen tüm bu bilgilere karşın gökadamızın kalbi, ışınım fıskırmalarından olay ufkunun silüetine kadar, gökbilimcilerce araştırılması gereken sırlarla dolu.

Gökada'nın tam merkezini gözlemlemeyle ilgili bir sorun, Sgr A*'nın fazla parlak olmaması, bir projektöre benzetilebilecek bir kuasarın yanında

bir ateşböceği gibi kalması. California Üniversitesi (Los Angeles) Gökada Merkezi Araştırma Grubu'nun yöneticisi Andrea Ghez'e göre merkezin parlak olmamasının nedeni, yüz milyarlarca yıldızdan oluşan bir gökadamızın merkezinde olmasına karşın Sgr A*'nın çevreden biraz yalıtılmış olabileceği. Karadeliklerden gelen ışınım, deliklerin kendilerinden değil, delik çevresinde dönen kütle aktarım diskine düşen maddeden kaynaklanır. Gökadamızın merkezindeyse, delik çevresindeki diske düşebilecek fazla madde bulunmayabilir. Y da kütle aktarım diski üzerine daha fazla gaz ve toz düşmesini engelleyen güçlü bir rüzgar üflüyor olabilir.

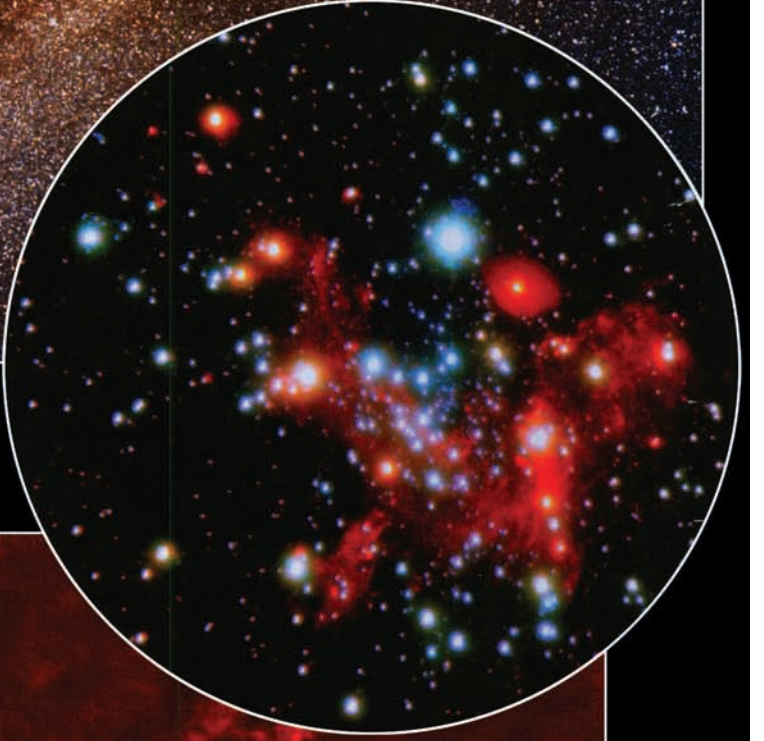
Beklenmeyen Yankı

Yine de bazen diske gaz akışı artabilir ve merkezdeki motor ısınabilir. Örneğin, Merkezdeki birkaç ışıklyılık 1950'lerde birkaç yıl boyunca Sgr A* büyük olasılıkla gezegen kütlelerinde gazı tek bir lokmada yutması nedeniyle bugün görüldüğünden belki de 100.000 kat daha parlak görünüyordu.

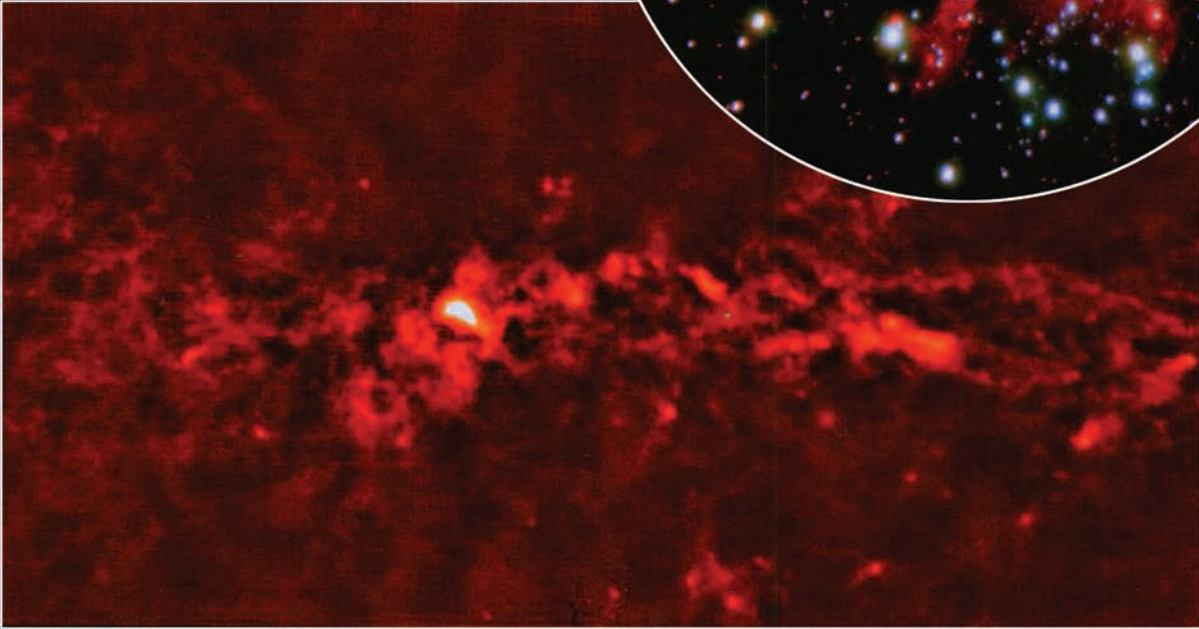
Ne yazık ki insanlık 1950'li yıllarda X-ışını teleskoplarına sahip değildi (bu teleskoplar ancak uzayda iş görebiliyor) ve bu durum gözlemlenen olaydan dersler çıkarmayı ciddi biçimde engelliyordu. Ancak sorunun üstesinden gelinemez olmadığı da ortaya çıkacaktı.

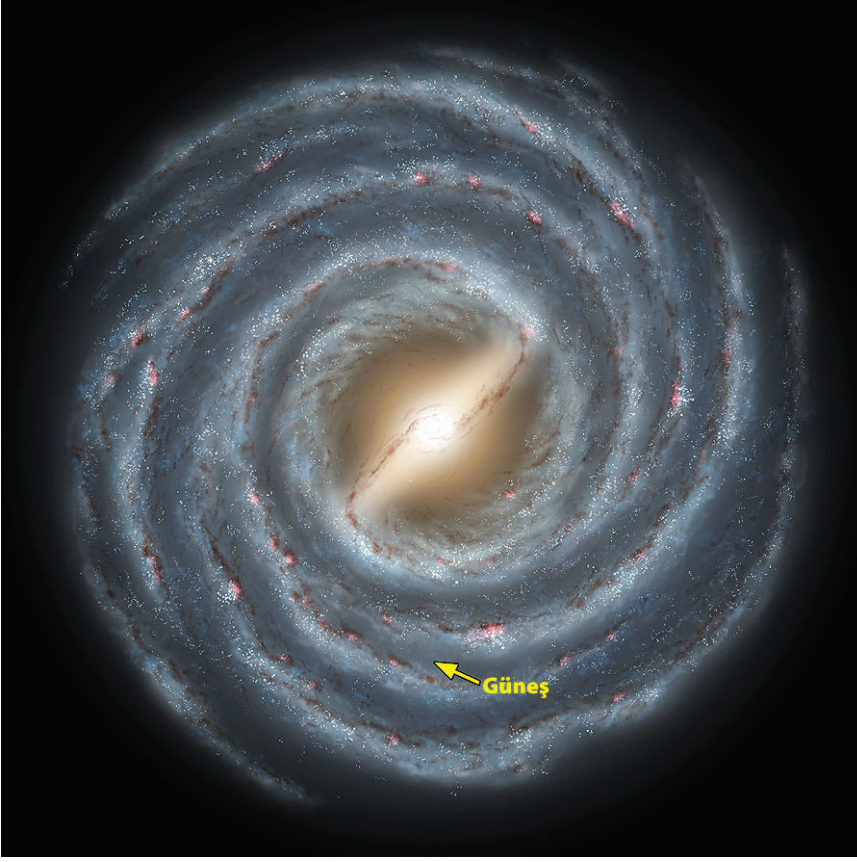
Amerikan Gökbilim Deneği'nin 2007 Ocak ayında Seattle kentinde yaptığı toplantıda Pasadena'daki California Teknoloji Enstitüsü'nden (Caltech) Michael Muno, ekibinin 1950'deki parlamanın karadeliğin bize göre uzak tarafındaki gaz bulutlarından yansımalarının bir bölümünü gördüğünü açıkladı. Yani, Dünya'dan uzaklaşan yönde yola çıkan X-ışınları bize bulutlardan yansıyarak bize yönelmiş, ve gaz bulutları merkezden 30-40 ışıklyı uzakta olduğundan yansıyan ışığın Dünya'ya dönmesi, başlangıçta doğrudan gezegenimize doğru yola çıkmış ışıklardan yarım yüzyıl daha uzun sürmüştü.

Yarım yüzyıl, Dünya'yı Samanyolu'nun merkezinden ayıran 26.000 ışıklyı göz önüne alındığında da fazla uzun bir süre sayılmaz. Dünya'nın X-



Samanyolu'nun merkezinde (yukarıda) Sgr A* adlı, hem sıcak (mavi) hem de soğuk (kırmızı) yıldızlarla çevrelenmiş dev kütleli bir karadelik yer alıyor. Yıldızlar, kuluçkalarda (aşağıda) dev molekül bulutları içine gömülü parlak çekirdekler biçiminde doğuyorlar.





ışınlarını soğuran atmosferinin altına hapsolmuş gökbilimcilerle, Muno'nun ekibi gibi gökada merkezini izleyebilmek için NASA'nın X-ışını teleskopundan yararlanabilen gökbilimciler arasındaki farkı oluşturmak içinse yetip de artıyor bile.

“Bu, bizim başlangıçta görmediğimiz bir olayın ardından uzayda yayıldığını gördüğümüz ilk X-ışını yankısı” diyor Muno. Gözlemler sonucu ekibi, söz konusu parlamanın günümüzde Chandra X-ışını teleskopu ya da Japonya'nın Gelişkin Kozmoloji ve Astrofizik Uydusu'nca görülebilen parlamalardan 1000 kat daha parlak ve 1000 kat daha uzun süreli olduğunu rahatlıkla söyleyebiliyor. Bu tür olayların seyrekliği, karadelik çevresinde dönüp duran gaz ve toz diskinin hem hacimce küçük, hem de kararsız olduğunu, karadeliğin ağzına yalnızca arada sırada bir tutam yem bıraktığını gösteriyor olabilir.

Peki ama karadeliğin çevresi büyük ölçüde boşsa, o zaman çevresinde dolanan parlak genç yıldızlar ailesini nasıl açıklayacağız? Paradoks gibi duran bu durum, 2006 yılında Almanya'nın Bad Honnef kasabasında yapılan Gökada Merkezi Çalıştay'ında enine boyuna tartışıldı. Karadeliğin sakinliği,

merkezdeki birkaç ışık yılılık bölgede yıldız oluşturacak yeterli hammadde bulunmadığını düşündürüyor. Zaten gerekli madde bulunsaydı bile karadelik çevresindeki muazzam kütleçekim kuvvetleri yıldızların oluşmasına izin vermezdi. Bir gaz bulutunun kendi ağırlığı altında büzülerek yıldız oluşması, yan kapıda 4 milyon yıldız kütlelerinde birinin oturması halinde pek kolay olmaz!

“Yine de” diyor Ghez, “Samanyolu'nun kalbinde 40 adet dev kütleli genç yıldız bulunuyor.” Sgr A* kümesine ait oldukları için bunlara “S yıldızları” diyor. İçlerinden SO-2 diye adlandırılan ve Güneşimizinkinin 15 katı kütleyle sahip olan biri, karadelik çevresindeki bir turunu 15 yıldan biraz daha uzun bir sürede tamamıyor. Yörünge en yakın noktasında karadeliğe 17 ılık saati kadar sokuluyor ki, bu uzaklık ancak Dünyamız ile Güneş Sistemi'nin ucu arasındaki uzaklık kadar.

Ghez'in Gökada Merkezi Grubu Hawaii'deki Mauna Kea dağında bulunan W.M. Keck Gözlemevi'nin kızılötesi gözlem yetenekleri ve “uyarlanabilir optik” düzeneklerinden yararlanarak bu yıldızların hareketini 12 yıl boyunca izleyerek turların tamamlandığını

görmeye yaklaştı. Ghez, “SO-2'nin turunu tamamladığını 2010 yılında görmemiz lazım” diyor.

Gökadanın merkezindeki yıldızların yörüngeleri, merkezdeki karadeliğin kütlelerinin daha duyarlı biçimde hesaplanmasına olanak sağlayacağı gibi, çevresindeki maddenin dağılımı konusunda da sağlıklı bilgi verebilir. Ayrıca bu yıldızların hareketleri de, her şeyden önce nasıl olup da oraya geldiklerini açıklayabilir.

Yıldızların oradaki varlıkları için iki farklı açıklama bulunuyor. Bir kurama göre yıldızlar aşağı yukarı bugün buldukları yerde, karadeliğin yanbaşında ortaya çıktılar. Eğer gökadanın merkezindeki gazların yoğunluğu geçmişte bugün olduğundan çok daha yüksek idiyse, ilke olarak bu kuramın iddiası doğru olabilir. Yeterli yükseklikte bir yoğunluk, güçlü bir kütleçekim alanı içinde bile gaz bulutları içindeki topakların çökerek yıldız oluşturmalarına izin verir.

Alternatif açıklamaysa, yıldızların merkez bölgedeki olumsuz koşulların dışında oluştukları ve daha sonra tek bir küme halinde merkeze göç ettikleri yolunda. Ancak, bu kuramın işleyebilmesi için orijinal kümenin merkezinin Güneş'in kütlelerinin 10 milyon katı kütlelerin 3 ışık yılını aşmayan bir hacim içine sıkışmış olmasını gerektirir ki, bu bilinen tüm kümelerinkinden daha küçük bir alan. Bu nedenle şimdilik gökbilimcilerin büyük çoğunluğu birinci senaryoyu yeğliyor.

Ancak, genç yıldızlar merkez bölgeye göç edemiyor olsalar bile, çok yaşlı yıldızlar bunu yapıyor olabilir. Gökada Merkezi Çalıştay'ında kuramcılar ilk kez 1993 yılında California Üniversitesi'nden Mark Morris tarafından ortaya atılan çarpıcı bir öngörüğü güçlendiren yeni bilgisayar benzetimlerini açıkladılar. Morris o zaman gökadanın en merkezindeki 3 ışık yılı çaplı bölgede sayıları 20.000 e kadar ulaşan yıldız kütleli karadelik bulunabileceği sonucuna varmıştı. Morris'e göre bunlar, daha önceki parlak genç yıldız kuşaklarından geriye kalan ve milyarlarca yıl boyunca ağır ağır merkezdeki çok daha büyük karadeliğe doğru çökelen artıklardı.

Sık dokulu bir ölü yıldızlar kümesinin varlığı, Chandra X-ışını Uzay Teleskopu'nun. Sgr A*'dan 3 ışık yıldan da



Samanyolu merkezinde yıldızlar Güneş çevresinin binlerce katı yoğunluğunda yer alıyorlar.

ha az uzaklıkta dört parlak, ama de-ğişken X-ışını kaynağı keşfetmesiyle destekleniyor. Kaynakların de-ğişkenli-ği, normal bir yıldız üzerindeki ga-zın bir karadelik ya da süper yoğun-lukta bir nötron yıldızı tarafından emildiği ikili yıldız sistemlerinin bir özelliği. Gökbilimcilere göre böylesine dar ve kalabalık bir alanda kolayca saptanabilen 4 X-ışın kaynağının keş-fedilmesi, karadelik ve çevresinde on binlerce karadelik ya da nötron yıldızı-nın Sgr A* içinde ya da çevresinde yerleşmiş olduğuna güçlü ama dolaylı bir kanıt.

Dumanı Tüten Yıldızlar

Adlarına layık kümeleri görebilmek için bir miktar geriye çekilmeliyiz. Sgr A*’ dan 100 ışık yılı uzaklıkta en büyük kütleli kümelerden olan ve başka yerlerde görülen açık ya da kapalı hiç bir kümeye benzemeyen Arches ve Quintuplet (Beşiz) kümeleri bulunuyor. Arches kümesindeki yıldızlar bir-birlerine Güneş yakınlarında bulunan yıldızlardan 50 kat daha yakın. Arches kümesindeki yoğunluk bizim bölge-mizde olsaydı, Güneş’le en yakın kom-susu arasındaki uzaklığa (4,2 ışık yılı)

100.000 yıldız sığardı. Öteki küme Qu-intuplet biraz daha yaşlı ve dağılmış olmakla birlikte, bilinen en büyük ve patlama olasılığı en yüksek yıldızlar-dan biri olan Tabanca (Pistol) yıldızı-na ev sahipliği yapıyor. Yıldız, adını içinde bulunduğu tabanca biçimli bu-lutsudan alıyor.

Bu dev yıldız kümelerinin kaynağı, büyük moleküler bulutlar. Bunlar, 130 ışık yılına kadar genişlikte ve her biri Güneşimizin 10,000 ile 500,000 katı kütle barındıran hidrojen gazı ve tozdan oluşan soğuk ve yoğun yapı-lar. NASA’nın Spitzer Uzay Telesko-pu’ndaki gibi aygıtlar, bu yapılar için-de genç yıldızları içeren ve kızılötesi dalga boylarında parlayan bölümleri görebiliyor. Daha uzun dalga boylarıyla çalışan gökbilimciler, yıldız oluşu-munun daha erken evrelerini bile göz-lemleyebiliyorlar. Hawaii adalarındaki Mauna Kea dağında bulunan Caltech Milimetrealtı Gözlemevi’nde (CSO) oluşturulan yeni Samanyolu merkez bölge haritaları, sürecin çok erken aşamalarında oldukları için henüz yıldız sıfatına hak kazanamamış oluşum-ları da ortaya koyuyor. CSO’nun Bolo-cam Gökada Düzlemi Taraması (Bolo-cam Galactic Plane Survey) adlı çalış-

mayı yürüten ekipten Elisabeth Mills, “Gördüklerimiz genellikle henüz yıldız oluşturmaya başlamamış ya da sü-recin henüz çok başında olan bulutlar-ın merkezleri” diyor. “Milimetre dalga boylarında derlenen verilerle yıldız oluşumunun nerelerde başladığı konusunda daha güvenilir sayılar elde edebiliyorsunuz. İçlerinde henüz bir yavru bulunsun ya da bulunmasın, bu kuluçkalıkların hepsini görebiliyorusunuz.”

Bu küçük haritaların oluşturduğu mozaik, Samanyolu merkezinin bili-nenden farklı bir özelliğini ortaya ko-yuyor. Spitzer görüntülerindeki parlak kümeler daha soluk görünürken, daha soğuk bulutların merkezlerin-den saçılan ışıklar, bunların büyük önyıldızlar (protostar) oluşturmak üzere çökmeye hazırlandıklarının işa-reti. Milimetre dalga boylarındaki gö-rüntülerde bir sırt biçimi alan bu böl-geler, günün bilinde Arches ve Beşiz-ler’dekiler gibi bir kümeler zinciri oluşturabilir. Tabii, karadelikten kay-naklanan kütleçekimsel etkiler, oluşumlarını engellemezse. Araştırmayı yöneten John Bally, bu yapıların Sa-manyolu merkezine özgü olduğunu vurguluyor.

Gökadanın Karanlık Kalbi

Kuşku götürmeyecek kadar özel olan bir yapı varsa, o da dev kütleli karadeliğin kendisi. California Üniversitesi'nden (Berkeley) Geoffrey Bower, kütlesi ve Dünya'ya yakınlığı dikkate alındığında, bu karadeliğin gökbilimciler için "olay ufkunu", yani ışığın içine girdikten sonra bir daha kaçamayacağı sınırı görüntülemek için sahip olabilecekleri en büyük fırsatı sağlıyor.

Şu an için karadeliğin ve çevresindeki kütle aktarım diskinin en başarılı gözlemleri, "çok uzun tabanlı girişimölçüm" (very long baseline interferometry) denen ve dünya çevresindeki bir dizi radyo teleskoptan elde edilen sinyalleri birleştiren bir teknikle yapıldı. 26.000 ışık yılı uzaklıktan, radyo dalgalarıyla çalışan ve bir gezegen büyüklüğündeki bir girişimölçerin Dünya'nın Güneş çevresindeki yörüngesi çapında ayrıntıları belirleyebilmesi gerekir. Gelgelelim, Sgr A*'dan gelen radyo dalgaları, arada bulunan ve yüksek derecede iyonlaşmış gaz bulutları tarafından saçılıyor. Bower, "bu rasgele çarpılmalar, tıpkı buzlu bir camın arkasındaki görüntüyü silikleştirmesi gibi Sgr A*'nın görüntüsünü belirsizleştiriyor" diyor.

Bower ve meslektaşları, aradaki çarpılmalarından daha az etkilenecek milimetre ve milimetrealtı dalga boylarında çalışan yeni girişimölçerlerin, uzun dönemde karadeliğin olay ufkunu da ortaya çıkaracağından umutlular."

Peki bu ufuk uzaktaki gözlemcilere nasıl görünecek? Gökbilimciler, yönüne bağlı olarak karadeliğin yoğun kütleçekim alanının relativistik etkilerinin (uzay zamanı ve ışığı bükmesi gibi) olay ufkunun geri plandaki parlak plazma üzerine düşmüş büyük bir gölge ya da silüet gibi görünmesine yol açacağını düşünüyorlar. Burada gölge, ışığın karadeliğin aç boğazından içeri düştüğü sınırı gösterecek.

Bower, bu görüntünün Dünya üzerine dağılmış milimetre ve milimetrealtı dalgaboyu teleskoaplardan meydana gelen bir ağ sayesinde oluşturulabileceğini söylüyor. Bu teleskopların bazıları zaten mevcut. Bunların en büyüğü olacak olan Atacama Milimetrealtı Büyük Dizge de yapım aşamasında. Bun-



Samanyolu'nun merkezi NASA'nın Chandra X-ışını Uzay Teleskopu'ndan alınan son görüntüde izlendiği gibi kalabalık ve pek sakin olmayan bir bölge. Merkezdeki dev kütleli karadeliğin yanı sıra bölge birbirlerini etkileyen her türlü cisimle dolu. Görüntüde Sagittarius A* diye bilinen dev kütleli karadeliğin yanında 3 büyük yıldız kümesi izlenebilir: Arches (üstte ortada), Beşiz (Quintuplet - üstte sağda) ve GC yıldız kümesi (altta ortada). Bu kümelerdeki büyük kütleli yıldızların kendileri de, yüzeylerinden püsküren rüzgarlar çevrelerinde dolanan bir eş yıldızın rüzgarıyla çarpıştığında, çok parlak, noktasal X-ışın kaynağı olabiliyorlar. Bu kümelerdeki yıldızlar ömürlerinin sonuna vardıklarında büyük miktarda enerji yayıp süpernova olarak patlıyorlar. Bu patlamalar da yıldızlar arasındaki maddeyi ısıtıyor. Gökada merkezi yakınındaki yıldızlar aynı zamanda ikili sistemlerde nötron yıldızı ya da karadeliğin biçiminde cesetler olarak da X-ışınları yayıyorlar ve Chandra'nın aldığı görüntüden noktasal kaynaklar olarak izlenebiliyorlar. Bu kümelerdeki yıldızların hareketli yaşamlarının yanı sıra, kümelerin kendileri de Gökada merkez mahallesinin öteki sakinleriyle etkileşim halinde. Örneğin, yıldız kümeleri görece soğuk ve yoğun moleküler gaz bulutlarına çarpıyorlar. Bu çarpışmalar sonucu, merkez bölgede daha sakin bölgelere kıyasla büyük kütleli yıldızların küçük kütleliyle oranı çok daha yüksek. Çarpışmalar ayrıca Chandra görüntüsünde izlenen sis görünümü X-ışın yayını açıklıyor olabilir.

ları Dünya büyüklüğünde bir girişimölçer oluşturacak biçimde birbirine bağlamaksa, teknolojinin sınırlarını zorlayacak gibi görünüyor. Ancak Bower'a göre "İşin zevki de burada."

Bir olay ufkunun, dolayısıyla da bir karadeliğin varlığı için ilk doğrudan kanıt olacak böyle bir görüntünün, gökbilim tarihinde bir dönüm noktası olacağı kuşkusuz.

Ayrıca karadeliğin etrafında dolanan "sıcak noktaları" gözlemek de, şimdiye kadar pek güvenilir sonuçlar sağ-

lamayan çabaları başarıya taşıyarak gözlemcilere güçlü bir kütleçekim alanındaki görelilik etkilerini sınavabilecekleri bir şablon sağlayacak.

Gökadamızın merkezi, artık Jansky ya da Shapley'in zamanındaki kadar gizemli olmayabilir. Ne var ki, hakkındaki bilgiler arttıkça, görkemi de artıyor. Ve çok geçmeden bu görkem daha da artmaya aday.

Kanipe J, "A Long Time Ago, In A Galaxy Not So Far Away"
Nature, 5 Nisan 2007

Çeviri: Raşit Gürdilek