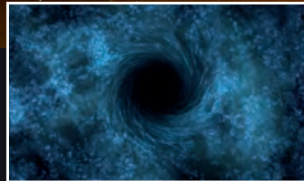
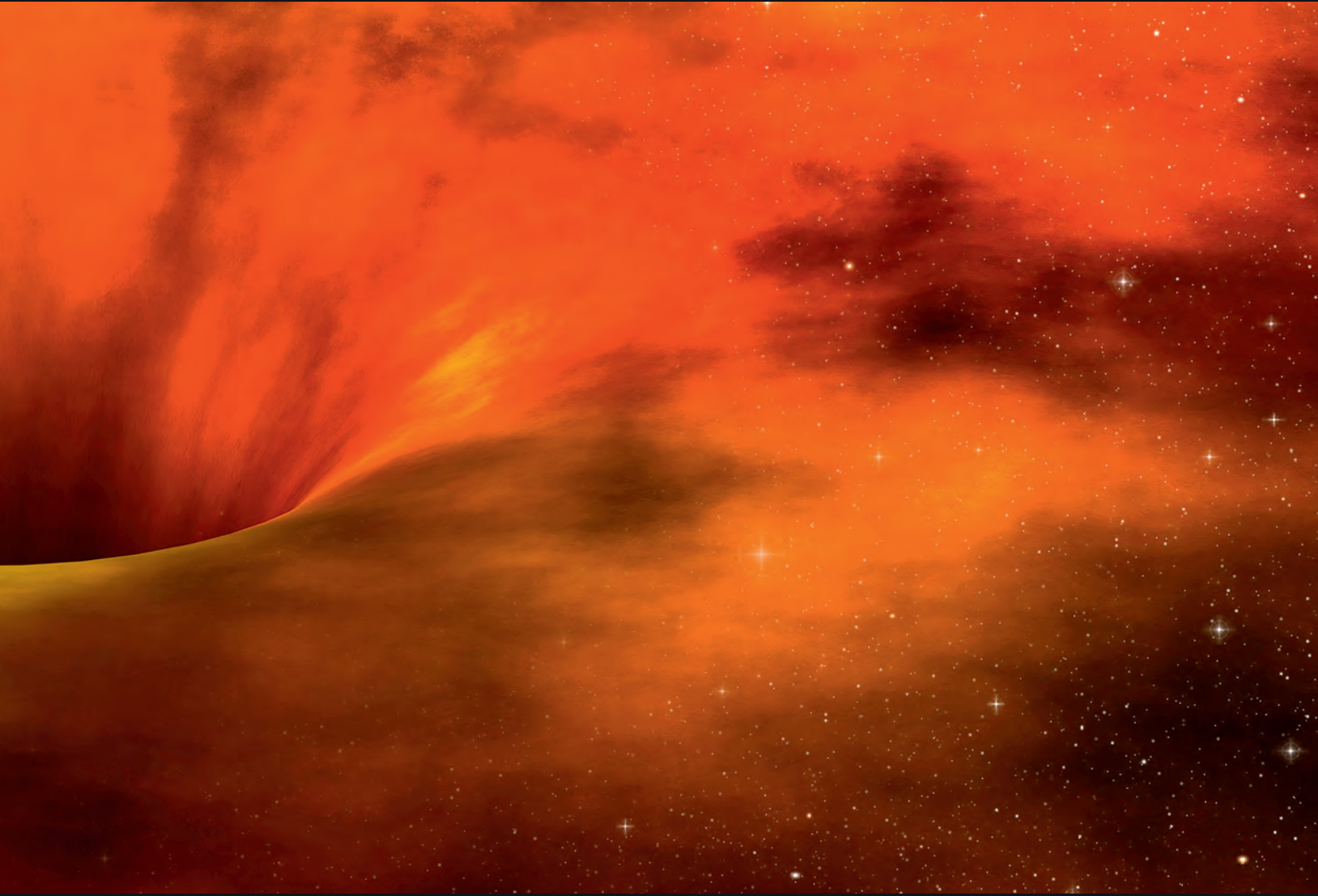


# *Bilim ve Teknik Sayfalarından*



# KARADELİKLER



*Bilim ve Teknik* dergisinde yayımlanan yazılardan oluşan bir seçki ile karadelikler hakkındaki bilgilerimizi tazeleyelim...



## Albert Einstein yüz yılı aşan bir zaman önce genel görelilik kuramını duyurarak karadeliklerin var olduğunu öngörmüştü.

Genel görelilik kuramının tahminlerinden biri olan karadelikler uzun süre matematiksel spekülasyon olarak kaldı. İnsanlar bu çözümlerin gerçekliğinden uzun süre emin olamadı. Fakat Dünya'nın içinde bulunduğu gökadamızın merkezinde kütlesi Güneş'inkinin yaklaşık 4 milyon katı olan bir cisim bulundu. Cisimden ne görünür ışık ne de X-ışını geliyordu. Tamamen karanlıktı. Öte yandan bu kadar kütlenin bu kadar küçük bir yere nasıl sığdırılacağına bilinen fizik bir açıklama getiremiyordu. Dolayısıyla bilim insanları bunun bir karadeliğe olduğuna hükmetti. Merak edenler için gökadamızın merkezinde bulunan bu karadeliğin Dünya'dan bakıldığında Yay takımyıldızının Sagittarius A\* sahası içinde kalıyor.

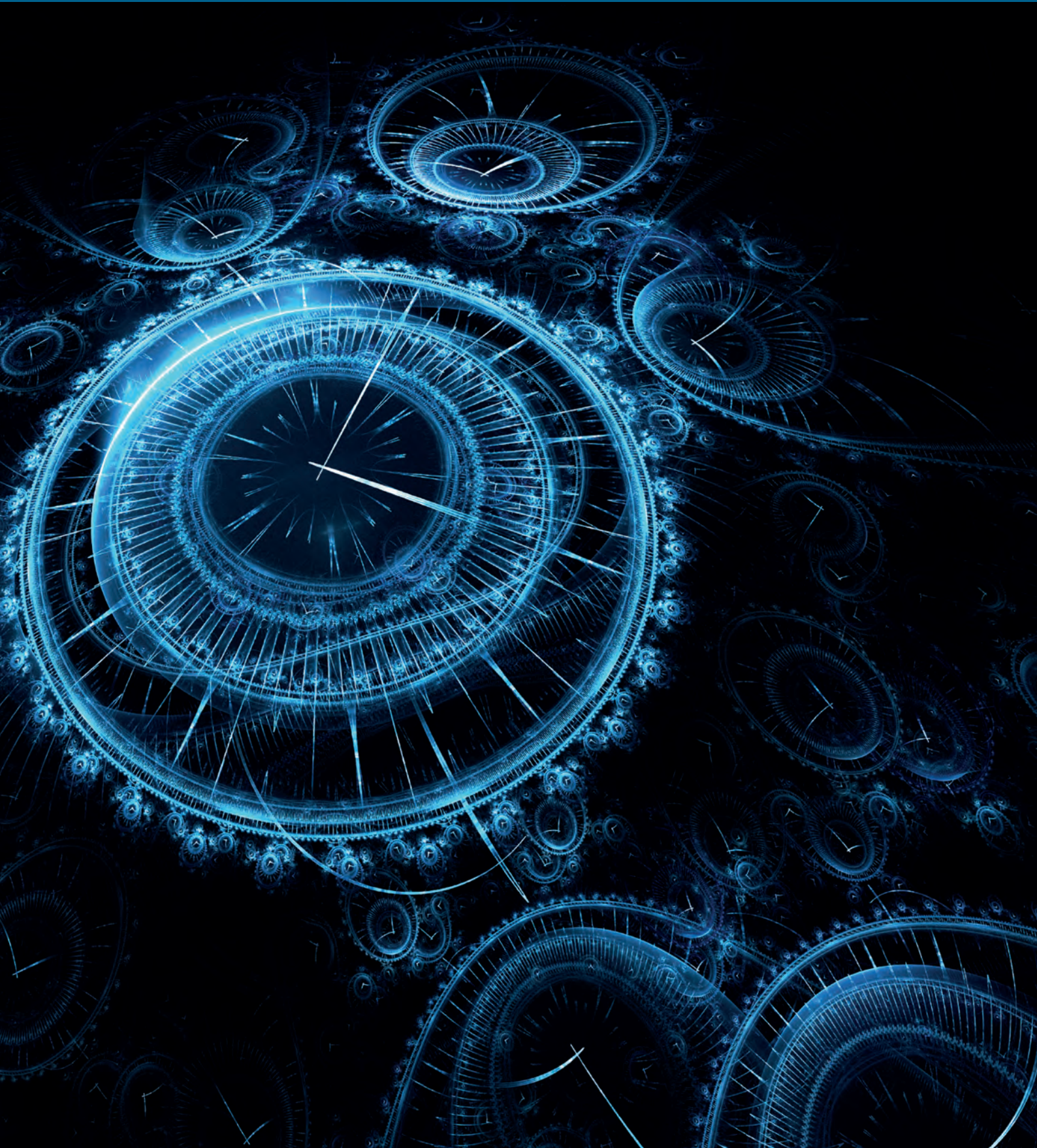
Astrofizikçiler kütlesi yeterince büyük her gökadamın (galaksinin) merkezinde süper kütleli devasa bir karadeliğin bulunduğunu düşünüyor. Çok büyük karadeliklerin kütlesinin Güneş'inkinin milyonlarca, hatta belki milyarlarca katı olabileceği düşünülüyor. Şimdiye kadar bulunan karadeliklerin en büyüğü olan OJ287, Yengeç takımyıldızında ve bizden yaklaşık 3,5 milyar ışık yılı uzakta. Kütlesi ise Güneş'in yaklaşık 18 milyar katı.

Karadelikler insan gözü tarafından görülemez çünkü ışığı tamamen emerler. Bir cisim görmemizi sağlayan şey fotonların o cisme çarpması, cismin atomları ile etkileşime girip kendine özgü bir miktarda yansıtması ve frekans değerlerinin değişmesidir. Cisimden yansıyan ışık sayesinde cisim görülebilir. Işıktaki değişimler de bize cismin rengi hakkında bilgi verir. Karadeliğe gelen ışık ise yansıyacak bir yüzey bulamaz ve hızla karadeliğin içine doğru "akmaya" başlar. Dışarı hiç ışık çıkmaz. Astrofiziğin bilgi kaynağı ışık, yani fotonlardır. Eğer bir cisimden bize foton ulaşmazsa o cisim astronomi bakımından "görmek" mümkün olmaz, fakat astrofiziksel hesaplamalar sayesinde karadeliklerin var olduğundan eminiz ve bize yolladıkları kütleçekimsel dalgaları da gözlemliyoruz. Nitekim LIGO ve Virgo araştırmacıları bugüne kadar on karadeliğe-karadeliğe ve bir de nötron yıldızı-nötron yıldızı birleşmesinden ortaya çıkan kütleçekimsel dalgaları tespit etti. Ancak karadeliklere ilişkin doğrudan kanıt karadeliğin olay ufku ve gölgesinin görüntülenmesiyle ilk kez elde edilmiş oldu.

Olay Ufku Teleskobu projesinin tanıtıldığı ve karadeliğin görüntüsünün nasıl elde edildiğinin anlatıldığı videoları izlemek için aşağıdaki kare kodları akıllı telefonunuza okutabilirsiniz.











## Karanlığı gören gözlerden bir tanesi:

### Prof. Dr. Feryal Özel

İlk karadelik görüntülerini elde eden ve iki yüzden fazla araştırmacının yer aldığı uluslararası projede bir de Türk bilim insanı var: Prof. Dr. Feryal Özel. *Bilim ve Teknik* Mart 2016 sayısında kendisiyle yapılan röportajda bu projeyi anlatmış ve geçtiğimiz ay yaşanan bu çok önemli bilimsel gelişmenin müjdesini üç yıl önce bize vermişti: "Olay Ufku Teleskobu şu anda beni en heyecanlandıran astrofizik projesi. Milimetre ölçeğinde dalga boyunu ölçen birçok teleskop interferometrik olarak birbirine bağlanacak ve bu da bize bir galaksinin merkezindeki karadelinin "kara gölgesini" yani olay ufku doğrudan görüntüleme imkânı sağlayacak. İnterferometrik gözlemler için en az birkaç teleskobun aynı anda bir kaynağa bakması ve eş zamanlı sinyal kaydetmesi gerekiyor. Dolayısıyla gözlemin vakitlerini, Olay Ufku Teleskop projesine dâhil teleskopların aynı anda galaksinin merkezini görebileceği şekilde ayarlamamız gerekiyor. Bu sinyaller sonra birleş-

"...Einstein'ın tahminlerine uymayan bir veri bulursak,  
örneğin karanlık enerji bulursak, bunun çok ilginç sonuçları olabilir..."



tirilecek ve ortaya çıkan görüntüde karadeliğin gölgesinin görülüp görülmediğini tespit edeceğiz. Bu gölgenin öncelikle varlığı, ikinci olarak da büyüklüğü çok önemli, zira genel görelilik yasasına göre karadeliklerin ışığı dışarıya doğru geçirmeyen bir olay ufku olması gerekiyor. Öte yandan bu olay ufkunun büyüklüğü de net olarak hesaplayabildiğimiz, yani sınıyabileceğimiz bir bilimsel tahmin. Einstein'ın tahminlerine uymayan bir veri bulursak, örneğin karanlık enerji bulursak, bunun çok ilginç sonuçları olabilir.”



### **Karadelikler evren hakkındaki bilgimizin kesin olarak sınırlandığı noktadır.**

Bir karadeliği tanımlayan sadece üç bilgi vardır: kütlesi, dönme hızı ve taşıdığı elektrik yükü. Başka hiçbir şeyi ne bilebiliriz ne de hakkında iddia ortaya atabiliriz çünkü fizik kanunları bilgimizin sınırını çiziyor. Şu ana kadar bu üç bilgiden sadece ilkinin, yani kütlelerini, iyi bir şekilde ölçebildik ve hemen söyleyelim: evrende bulunan karadelikler çok çok kütleli. Karadeliğin kütlesini de ona en yakın olan yıldızların hareketlerini izleyerek ve ölçerek hesaplayabiliriz.



# Evrende yoğunluđu en yüksek olan madde nedir?

Büyük kütleli yıldızlar, nükleer yakıtlarını tükettikten sonra, çöken çekirdek kütleleri 1.4-2 Güneş kütlesi aralığında ise, çökme ancak nötron basıncı ile durdurulabiliyor ve en sonunda bu çekirdek nötron yıldızı denen 5-10 km'lik, neredeyse tümüyle nötronlardan oluşan, çok yoğun bir maddeye dönüşüyor. Kendi ekseninde saniyenin binde biri ile 30 saniye arasında bir devirle tur atabilen ve kendilerine özgü bazı sinyaller yayan bu yıldızları astrofizikçiler gözlemler.

Bu durumda nötron yıldızı maddesi evrendeki en yoğun madde diyebiliriz ama bu doğru olmaz. Nötron, parçacık fiziği açısından bakıldığında, temel bir parçacık değildir; bir hacmi vardır ve temel (noktasal, hacmi olmayan) parçacıklar olan kuarklardan ve kuarkları birbirine 'bağlayan' gluonlardan oluşur. Nötronun içindeki bu temel parçacıklar hacimsel olarak neredeyse hiç yer tutmadığından, nötronun içinde de bir boşluk vardır. Sınırları biraz zorlasak da nötronun içindeki bu boşluğun da bir bölümünün büyük yıldızlarda, kendi kütle çekimlerinin sonucunda ortadan kalkacağını düşünebiliriz. Kurama göre, yakıtı biten yıldızların çöken çekirdek kütlesi 2 Güneş kütlesini aşmaya başladığı zaman nötronları da parçalanacak ve yıldız bir kuark maddesine ya da "kuark yıldızına" dönüşecektir.





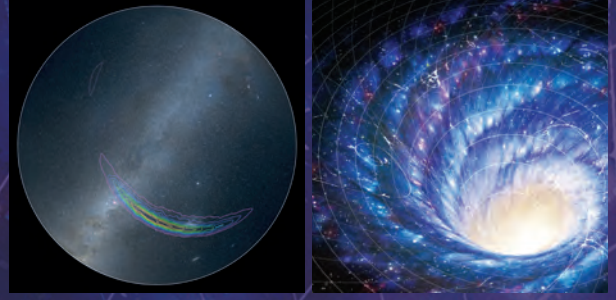
Böyle bir yıldız şimdiye kadar gözlemlenmiş değildir. Burada bir de ayrıntı var: Kuark yıldızının içindeki kuarklar nötronun içindeki Yukarı ve Aşağı kuarklar yerine, onlardan daha kütleli Acayip kuarklar olacaktır. Acayip kuark yıldızı da bizim en yoğun maddeyi bulma yolculuğumuzda son durak değil.

Başlangıç kütleleri 25-30 Güneş kütlesini aşan yıldızların nükleer yakıtları tükendiğinde çöken çekirdekleri 3 Güneş kütlesini aşıyorsa, taşıdıkları o müthiş çekim gücüyle (içerdikleri maddeyi kendi merkezine doğru çeken) nötron yıldızlarından ve kuark yıldızlarından daha yoğun bir madde oluşturabilirler mi? Evet, oluşturabilirler ve görünen o ki oluşturmuşlar. Böyle bir yıldız (örneğin bizim gökadamızın merkezinde Güneş'ten milyonlarca kat daha kütleli yıldız gibi) üzerine düşen ışığı da çektiği için karanlık görünür ve karadelik adını alır. Peki, karadelik maddesi nedir? Ne yazık ki bu sorunun yanıtını bilmiyoruz. Nötron yıldızında nötronlardan, kuark yıldızında Acayip kuarklardan söz edebiliyoruz ama karadelik haline gelmiş bir yıldızda, kuark ya da tanıdığımız hiçbir parçacıktan, söz edemiyoruz. Karadeliklerin yoğunluklarıyla ilgili neredeyse bir üst sınır yok. Bu nesnelere içinde, kütle çekimine karşı durabilecek, basınç oluşturabilecek, hiçbir mekanizma, kuvvet ya da ilke bilmiyoruz. Sonuç olarak en yoğun madde arayışımız bizi karadeliklere götürür.



## **Karadelikler asla görülmezler. Fakat karadeliğin yerçekimi kuvvetine karşı koyamayan gaz kütleleri karadeliğe düşerken, sanki son bir çılgılık atarlar.**

Karadelikten kaynaklanan kütle çekimi çok güçlü olduğu için yakınlardaki yıldızların gazları karadeliğe doğru sarmal biçiminde yol alarak birikim diski adı verilen bir yapı oluşturur ve büyük bir hızla soğurur. Gazlar birbirine sürtünerek ısınır ve ışır. Birikim diskinin en sıcak kısımları 100.000.000°C sıcaklığa ulaşabilir ve X-ışını kaynağıdır. Birikim diski, karadeliğin yakınındaki yıldızlardan kendine doğru çektiği, gaz halinde birikmiş maddedir. Diskin karadeliğe çok yakın olan bölgelerinden X-ışınları yayılır. Biriken gazlar çok yüksek hızda döner. Diğer yıldızlardan gelen gazlar birikim diskiyle çarpıştığı zaman sıcak, parlak bölgeler oluşur. Birikim diski yüksek hızda dönen gazlarla beslendiği için merkeze en yakın bölgeler aşırı derecede parlar, fakat kenarlar daha soğuk ve daha karanlıktır. Karadeliğin merkezine yakın geçen ışık ışınları yakalanır. Olay ufkunun sınırına yakın bölgelerdeki ışık ışınları olay ufkunu geçmedikleri için parlaklıklarını korur. Karadeliğin merkezinin uzağından geçen ışık ışınları ise karadelikten etkilenmeden yollarına devam eder.







#### Kaynaklar

- Tekin, B., "Kim Korkar Karadelikten!", *Bilim ve Teknik*, Sayı: 491, s. 44-48, 2008.
- Demirköz, M. B., "Bir Fizikçi Hayali ve Mikro Karadelikler", *Bilim ve Teknik*, Sayı: 507, s. 22-27, 2012.
- Dündar, F. S., "Karadelğin Ateşten Seddi", *Bilim ve Teknik*, Sayı: 555, s. 62-66, 2014.
- Yazıcı, E., "Yüzüncü Yılda Genel Görelilik Kuramı", *Bilim ve Teknik*, Sayı: 577, s. 22-27, 2015.
- Dündar, F. S., "Kütleçekim Dalgaları İlk Kez Gözlemlendi!", *Bilim ve Teknik*, Sayı: 580, s. 22-27, 2016.
- Yalkın, A., "Karanlığı Gören Göz: Feryal Özel", *Bilim ve Teknik*, Sayı: 580, s. 84-87, 2016.
- Özüdoğru, Ö. C., "İnsanlık İlk Kez Bir Kütleçekimsel Dalgayı Gördü", *Bilim ve Teknik*, Sayı: 600, s. 14-21, 2017