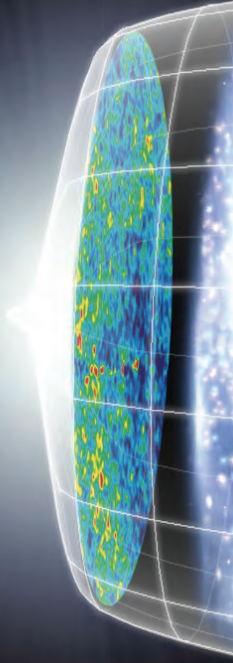
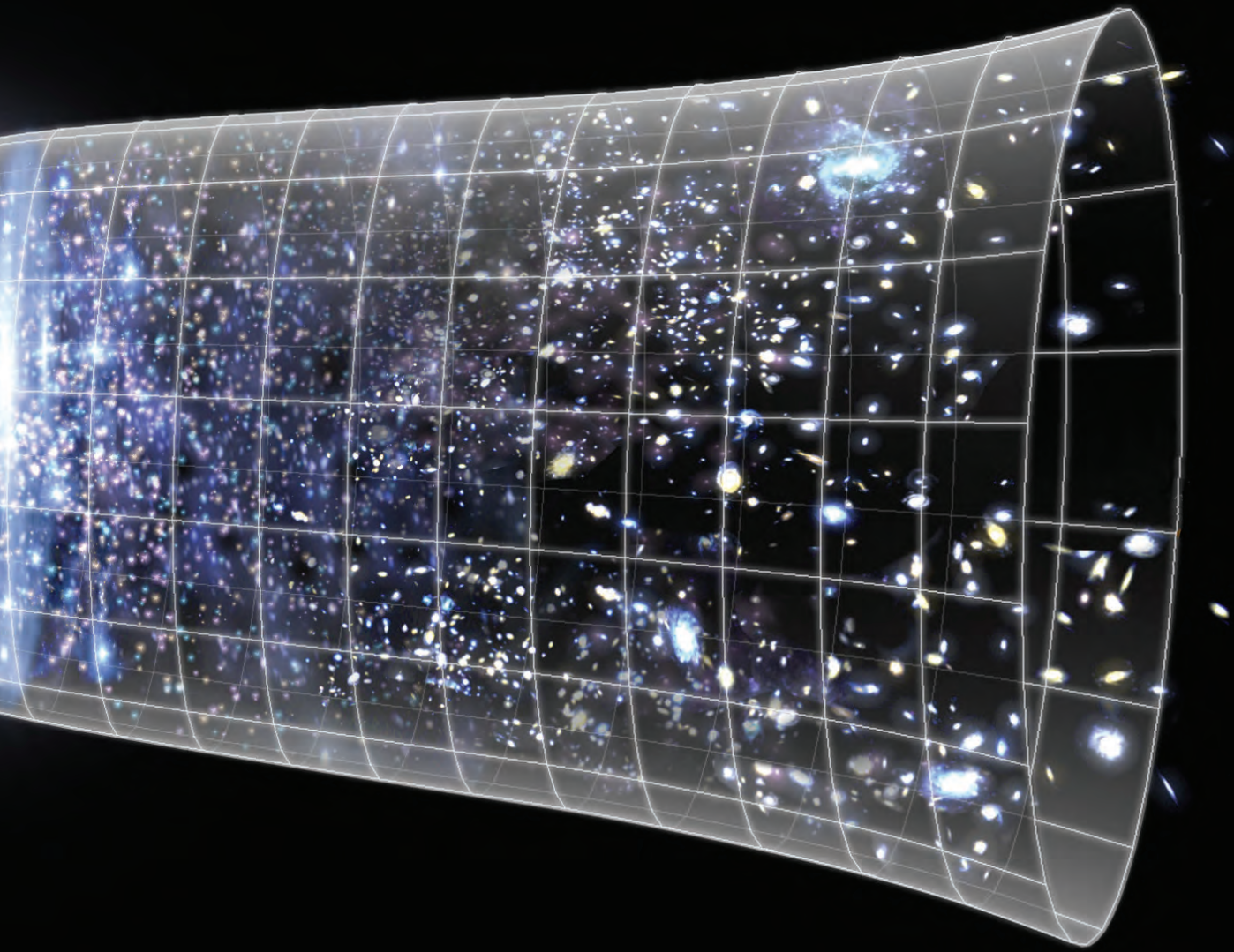


# Kozmik Soğuk Bölge

Dr. Mahir E. Ocak [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Kozmik araldan ışımada sıcaklığı ortalamanın çok altında olan bir bölge var. Bu kozmik soğuk bölge, gökkürede o kadar büyük bir alan kaplıyor ki varlığını sadece rastlantısallıkla açıklamak çok zor. Bugüne kadar öne sürülmüş pek çok hipotez olsa da kozmik araldan ışımada gözlemlenen bu aşırı soğumanın nasıl ortaya çıktığı hâlâ açıklanmayı bekliyor.



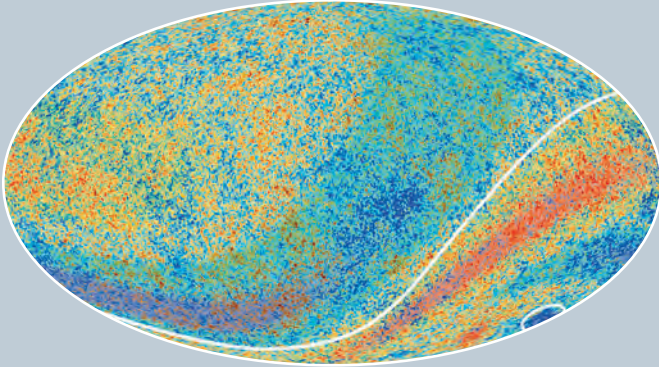


# Büyük Patlama ve Kozmik Ardalan Işıması

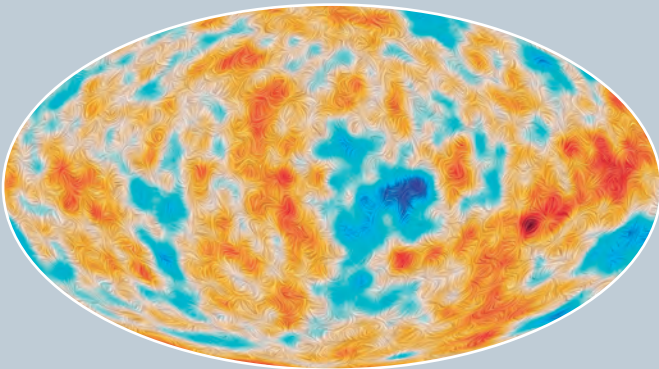
Büyük Patlama olarak adlandırılan, evrenin başlangıcını ve zamanla gelişimini açıklayan kozmolojik modele göre, bugün gözlemlediğimiz evren yaklaşık 13,8 milyar yıl önce meydana gelen Büyük Patlama'nın sonucudur.

Büyük Patlama'yı günlük hayatta aşına olduğumuz patlamalara benzetmek yanlış olur. Bir bomba ya da gaz patlamasının aksine Büyük Patlama bir merkezden dışa doğru değildir, esasen uzayın zaman içinde giderek genişlemesini ifade eder. Zaten büyük patlama düşüncesi de ilk olarak 1930'larda Edwin Hubble'ın gökyüzünde hangi yöne bakarsanız bakın istisnasız tüm uzak gök cisimlerinin Dünya'dan giderek uzaklaşmakta olduğunu fark etmesinden sonra ortaya atılmıştı.

Başlangıçta evren çok yoğun ve sıcaktı. Yüksek enerjili fotonlar sürekli madde ve anti-madde parçacıklarını oluşturuyordu. Zamanla evren genişledikçe yoğunluk, sıcaklık ve fotonların enerjisi giderek azaldı. Büyük Patlama'dan yaklaşık 380 bin yıl sonra kritik bir aşamadan geçildi. Evren, bu tarihten önce hidrojen, helyum ve lityum gibi ufak atomların çekirdeklerinden, elektronlardan ve fotonlardan oluşan bir plazma hâlindeydi. Atom çekirdekleri ve elektronlar bir araya gelerek nötr atomları oluştursalar bile bu atomlar kısa süre içinde yüksek enerjili fotonlar tarafından parçalanıyordu. Ancak Büyük Patlama'dan 380 bin yıl sonra evrenin ortalama sıcaklığı 3000 Kelvin'in altına düştü ve fotonların enerjisi kararlı atomları parçalamaya yetmemeye başladı. Bu tarihten sonra kararlı nötr atomlar oluşmaya ve Büyük Patlama'dan arda kalan ışık evreni serbestçe dolaşmaya başladı. Bugün evrende hangi yöne bakarsanız bakın bu kozmik ardalan ışımalarını görürsünüz. Ancak bunun için sıradan teleskoplarla değil, insan gözünün algılayamadığı mikrodalga ışığa duyarlı özel teleskoplarla bakmanız gerekir. Çünkü günümüzde kozmik ardalan ışımalarının sıcaklığı evrenin genişlemesi sebebiyle 2,7 Kelvin'e kadar düşmüştür. Kozmik ardalan ışımalarının varlığı, Büyük Patlama modelini destekleyen en önemli kanıtlardan biri olarak görülüyor.



Kozmik ardalan ışımalarında sıcaklığı ortalamasının çok altında kalan bir bölge var.



Kozmik ardalan ışımalarının polarizasyon grafiği. Sıcaklık grafiğinin aksine polarizasyon grafiğinde herhangi bir anormallik görülüyor.



Kozmik ardalan ışıması evrenin bebeklik zamanları hakkında bilgi taşır. İlk bakışta mükemmel bir karacisim ışımasına benzer: sabit sıcaklıktaki bir cisim tarafından yapılan, her yönde mükemmel istatistiksel dağılım gösteren bir ışıma gibidir. Ancak kozmik ardalan ışımasına mikrok Kelvin ölçeğinde bakıldığında sıcaklık dağılımında az da olsa salınımlar görülür. Bu düzensizlikler, evrenin ilk zamanlarındaki madde dağılımındaki düzensizlikler hakkında bilgi taşır.

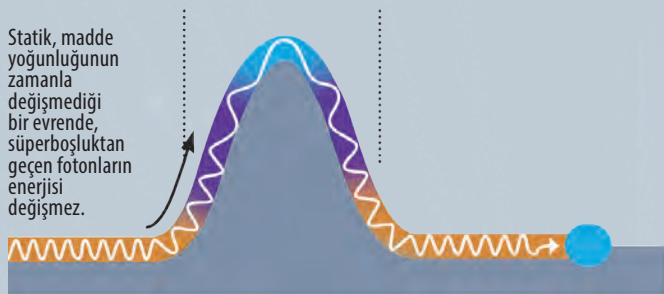
Bugün evrendeki madde yoğunluğunun belirli bölgelerde daha yüksek belirli bölgelerdeyse daha düşük olmasının kökeninde Büyük Patlama'dan hemen sonraki madde dağılımındaki düzensizlikler yatar. Kuantum salınımlarının sebep olduğu ufak yoğunluk farkları genişlemeyle birlikte giderek büyümüş ve zaman içinde evrendeki madde dağılımının bugünkü hâlini almasına sebep olmuştur. Eğer Büyük Patlama'dan he-

men sonra madde dağılımı homojen olarak kalsaydı evrendeki gökadalardan yıldızların, gezegenlerin dağılımı bugünkü gibi olmazdı. Kozmik ardalan ışımasındaki sıcaklık salınımları da evrenin ilk zamanlarındaki madde dağılımı hakkında bilgi verir. Çünkü genel görelilik kuramına göre, kütleçekim alanlarından uzaklaşan fotonların dalga boyu uzar ve enerjileri azalır; kütleçekim alanına yaklaşan fotonlarınsa dalga boyu kısalmış ve enerjileri artar. Dolayısıyla daha güçlü kütleçekim alanlarından uzaklaşarak gelen kozmik ardalan ışıması daha soğuk, daha zayıf kütleçekim alanlarından uzaklaşarak gelen kozmik ardalan ışımasıysa daha sıcaktır. Kozmik ardalan ışımasındaki sıcaklık salınımları, kozmik şişme kuramı olarak adlandırılan evrenin Büyük Patlama'dan  $10^{35}$  saniye sonra hızlı bir şişme evresinden geçtiğini söyleyen kuramı da destekler. Ayrıca bu salınımlardan evrendeki karanlık madde ve karanlık enerji miktarının tespit edilmesinde de yararlanır.

# Kozmik Soğuk Bölge

Kozmik ar dalan ışımasıyla ilgili en gizemli olgulardan biri yaklaşık bir milyar ışık yılı genişlikteki bir soğuk bölgedir. Bu kozmik soğuk bölge, ilk olarak NASA'ya ait Wilkinson Mikrodalga Anizotropi Sondası (WMAP) tarafından 2004 yılında keşfedilmişti. Daha sonraları Avrupa Uzay Ajansı'na (ESA) ait Planck Uydusu ile yapılan gözlemler de güney gökkürede yer alan ve kozmik ar dalan ışımasının ortalama sıcaklığından 70  $\mu\text{K}$  daha soğuk olan bu bölgenin varlığını doğruladı.

Kozmik soğuk bölge de ar dalan ışımasındaki diğer düzensizlikler gibi sadece evrenin ilk zamanlardaki yoğunluk salınımlarının bir sonucu olabilir. Ancak bu durum pek de olası gözüküyor. Çünkü kozmik ar dalan ışımasındaki sıradan düzensizlikler ortalamadan en fazla 18  $\mu\text{K}$  saparlar. Kozmik soğuk bölgenin bazı kısımları ise ortalamadan yaklaşık 150  $\mu\text{K}$  daha soğuktur. Ayrıca soğuk bölge gökkürede 5°'lik bir yay üzerinde yer alır. Kozmik ar dalan ışımasındaki sıradan salınımların en büyükleri içinse bu değer 1°'yi geçmez.

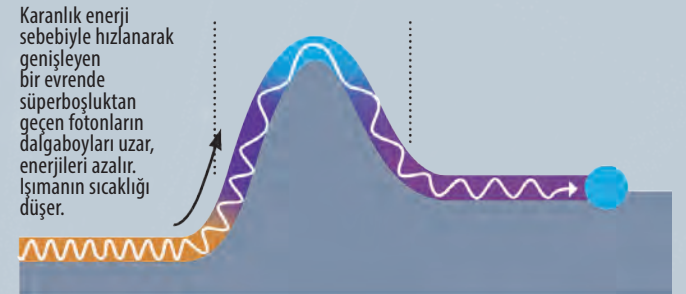


# Bugüne Kadar Öne Sürülen Hipotezler

Kozmik soğuk bölge ile ilgili öne sürülmüş pek çok hipotez var. İlk açıklamalardan biri, kozmik ar dalan ışımasında görülen soğuk bölgenin sebebinin gökadamız içindeki toz bulutları ya da sıra dışı gökcisimleri olabileceğiydi. Ancak gelişmiş teleskoplarla yapılan çalışmalar bu düşüncüyü doğrulamadı.

Bugüne kadar üzerinde en çok durulan hipotez, soğuk bölge ile Dünya arasında madde yoğunluğunun aşırı derecede düşük olduğu devasa bir boşluk olduğu. Böyle devasa bir boşluğun nasıl kozmik ar dalan ışımasında belirgin bir soğumaya neden olabileceğini anlamak için öncelikle entegre Sachs-Wolfe etkisini (ISW) kavramamız gerekiyor.

Hemen hemen aynı madde yoğunluğuna sahip, benzer büyüklükte iki gökada ve bu gökadalardan devasa bir boşluk olduğunu düşünelim. Bir gökadan diğerine doğru yol alan bir ışık ışını başlangıçta arkasında bıraktığı gökadanın güçlü kütleçekimi-



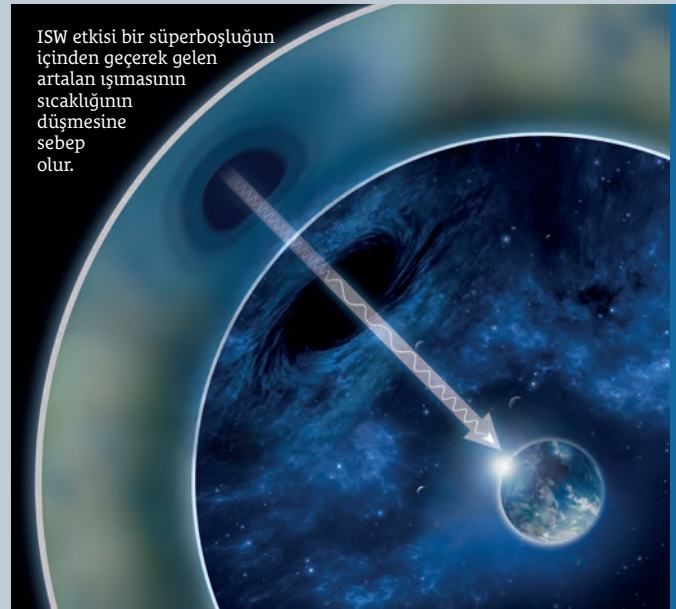
ni hissedecek ve boşluğun içine düştükçe enerji kaybedecek ancak daha sonra boşluktan çıkıp diğer gökadanın içine girerken yeniden enerji kazanacaktır. Statik, madde yoğunluğunun zamanla değişmediği bir evrende, ışık ışınının boşluğa tırmanırken kaybettiği ve boşluktan gökadayı düşerken kazandığı enerji miktarları eşit olacak; dolayısıyla süreç sonunda ışının frekansında ve dalga boyunda bir değişiklik olmayacaktır. Ancak zamanla giderek genişleyen bir evrende durum tamamen farklıdır. Çünkü ışık ışını boşluktan çıkıp gökadayı düşerken kendini daha düşük madde yoğunluklu bir ortamın ve dolayısıyla daha zayıf bir kütleçekim alanının içinde bulur. Bu yüzden, gökadanın içine düşerken, boşluğu tırmanırken kaybettiği enerjinin tamamını değil sadece bir kısmını geri kazanır. Böylece enerjisi azalır, frekansı düşer ve dalga boyu uzar. Bu olgu ISW etkisi olarak adlandırılır.

Bugüne kadar kozmik soğuk bölgenin varlığı pek çok kez ISW etkisiyle açıklanmaya çalışıldı. 2007 yılında Minnesota Üniversitesinden Lawrence Rudnick ve arkadaşları Dünya ile soğuk bölge arasında bir süperboşluk keşfettiklerini açıkladılar. Ancak 2010 yılında Cambridge Üniversitesinden Kendrick Smith ve Michigan Üniversitesinden Dragan Huterer tarafından yapılan çalışmalar bu iddiayı doğrulamadı. Daha sonraları 2014 yılında Helsinki Üniversitesinden Seshadri Nadathur önderliğinde çalışmalar yapan araştırmacılar, Rudnick ve arkadaşları tarafından öne sürülen boşluğun, gerçekten var olsa bile, ISW etkisiyle kozmik soğuk bölgeyi açıklayabilecek kadar büyük olmadığını iddia ettiler. Helsinki araştırmacılarının bir diğer iddiası, ISW etkisiyle kozmik ardaalan ışımasında gözlemlenen soğumaya sebep olabilecek kadar büyük bir boşluğun varlığının kısaca  $\Lambda$ CDM olarak adlandırılan standart kozmoloji modeliyle çelişeceği, bu kadar büyük bir boşluğun nasıl oluşabileceğinin de cevaplanması gereken başka bir soru olacağıydı.

Yine 2014 yılında Hawaii Üniversitesinden István Szapudi ve arkadaşları 1,8 milyar ışık yılı çapında bir süperboşluk bulduklarını açıkladılar ve Dünya'ya sadece üç milyar ışık yılı uzaklıktaki bu süperboşluğu in-

sanlık tarafından keşfedilmiş en büyük tekil yapı olarak tanımladılar. Ancak kuramsal hesaplar bu süper boşluğun ISW etkisiyle sebep olabileceği soğumanın 20  $\mu$ K ile sınırlı olacağını ve dolayısıyla tek başına kozmik soğuk bölgeyi açıklamaya yetmediğini gösterdi.

2017 yılında Durham Üniversitesinden Ruari MacKenzie ve arkadaşları, Szapudi ve arkadaşlarının yaptığı keşfi test etmek için çeşitli çalışmalar yaptı. Araştırmacıların yaptığı gözlemler, kozmik soğuk bölge yönünde Dünya'ya üç milyar ışık yılı mesafe içinde bir değil üç, hatta belki dört, süper boşluk olduğunu gösterdi. Ancak bu süper boşlukların toplam etkisi de 31  $\mu$ K ile sınırlı kalıyordu. Ayrıca araştırmacılar, kozmik soğuk bölge yönündeki süperboşlukların gerçekten de sıra dışı olup olmadığı hakkında fikir edinmek için rastgele seçtikleri başka bir yönde de süperboşluklar aramışlardı. Elde edilen sonuçlar, kozmik soğuk bölge yönündeki süperboşluklarla ilgili sıra dışı bir durum olmadığını, başka yönlerde de benzer yoğunlukta süperboşluklar olduğunu gösteriyordu. Araştırmacılar, kozmik soğuk bölgenin süperboşluklarla açıklanmayacağı sonucuna vardılar ve doğru cevabın evrenin ilk zamanlarındaki yoğunluk salınımlarıyla ilgili olduğunu öne sürdüler. Araştırmacıların yaptıkları tahminlere göre, evrenin ilk zamanlarında kozmik soğuk bölgenin oluşmasına sebep olabilecek bir yoğunluk salınımi-



nın meydana gelme ihtimali yaklaşık ellide bir kadardı. Bu oranın ilk bakışta küçük olduğu söylenebilir. Ancak standart kozmoloji modeline göre, kozmik soğuk bölgeyi açıklayabilecek büyüklükte bir süper boşluğun oluşması ihtimaliyle karşılaştırıldığında aslında büyük kalıyordu.

Bir başka ihtimal kozmik aralan ışımasındaki aşırı soğumaya evrendeki sıra dışı yapıların sebep olması. Örneğin 2019 yılında Çin Bilimler Akademisinden Qi Guo ve arkadaşları karanlık madde yoksunu 19 cüce gökada keşfettiklerini açıkladı. Bu gerçekten de sıra dışı bir durum. Çünkü karanlık madde gökadalardan oluşumunda önemli bir role sahiptir ve bu tür küçük gökadalardan genellikle çok miktarda karanlık madde içerir. Üstelik keşfedilen gökadalardan 14 tanesi izole durumda olduğu için sahip oldukları karanlık maddeyi civardaki büyük gökadalara kaptırmış da olamazlardı. Eğer soğuk bölgede de böyle karanlık madde yoksunu gökadalardan varsa ISW etkisiyle ilgili tahminlerde belirgin değişikliklere sebep olabilirler. Ancak şu an için kozmik soğuk bölge civarında önemli miktarda karanlık madde yoksunu gökada olup olmadığı bilinmiyor.

2016 yılında Hong Kong Bilim ve Teknoloji Üniversitesinden Yi Wand ve Güney Afrika'daki KwaZulu-Natal Üniversitesinden Yin-Ze Ma kozmik soğuk bölge ile ilgili başka bir açıklama öne sürdüler. Kozmik şişme kuramına göre, Büyük Patlama'dan  $10^{-36}$  saniye sonra evren aşırı büyük bir hızla şişmeye başlamış ve bu şişme Büyük Patlama'dan  $10^{-33}$ - $10^{-32}$  saniye sonrasına kadar devam ettikten sonra genişleme hızı yeniden yavaşlamıştır. Wand ve Ma, evrenin bir bölgesi için şişme döneminin evrenin diğer bölgelerinden daha uzun sürmüş olabileceğini ve böylece soğuk bölgenin ortaya çıkmış olabileceğini öne sürüyorlar.

Kozmik soğuk bölge ile ilgili öne sürülmüş en sıra dışı açıklamalardan biri paralel evrenler hipoteziyle ilgili. Bu hipotez içinde bulunduğumuz evrenin tek olmadığını, paralel evrenler olarak adlandırılan çok sayıda evren olduğunu öne sürer. Chapel Hill'deki (ABD) Kuzey Carolina Üniversitesinden Laura Mersini-Houghton tarafından ortaya atılan bir iddiaya göre de kozmik soğuk bölge bi-



zim evrenimizle başka bir evren arasında yaşanan bir çarpışmanın sonucu olabilir. 2017 yılında Durham Üniversitesinden Tom Shanks, bu iddianın doğru olup olmadığını tespit etmenin bir yolunun soğuk bölgeden gelen aralan ışımasının polarizasyonunu incelemek olduğunu öne sürdü. Eğer böyle bir çarpışma gerçekten de yaşanmışsa aralan ışımasının polarizasyonunda da belirgin izler bırakmış olmalıdır. Ancak bugüne kadar yapılan çalışmalarda soğuk bölgeden gelen aralan ışımasının polarizasyonunda bir anormallik gözlemlenmedi. ■

*Bugün gelineen noktada kozmik soğuk bölgeyle ilgili net bir kanıya varılmış değil. Araştırmacılar, çeşitli görüşler öne sürmeye ve bu görüşleri test etmeye devam ediyorlar. Bulunacak çözümün bugün doğru olduğu varsayılan kozmolojik modellerle uyum içinde olması beklenebilir. Ancak söz konusu olan standart modeller açısından sıra dışı bir durum olduğunda alternatifleri de göz önünde bulundurmak gerekiyor. Belki de kozmik soğuk bölgeyi açıklayabilmek için yeni gözlemler ve daha hassas ölçümler sonucunda doğru olduğu varsayılan kozmoloji kuramlarında değişiklikler olmasını beklemek gerekecek.*

#### Kaynak

ur-Rahman, Syed Faisal, "The enduring enigma of cosmic cold spot", *Physics World*, <https://physicsworld.com/a/the-enduring-enigma-of-the-cosmic-cold-spot/>, 2020.