

Gökyüzü

Prof. Dr. Faruk Soyduğan

[fsoydugan@comu.edu.tr

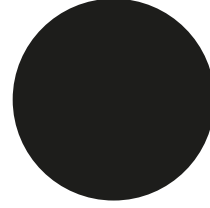
07 Mart
Dolunay



15 Mart
Son dördün



21 Mart
Yeni ay



29 Mart
İlk dördün

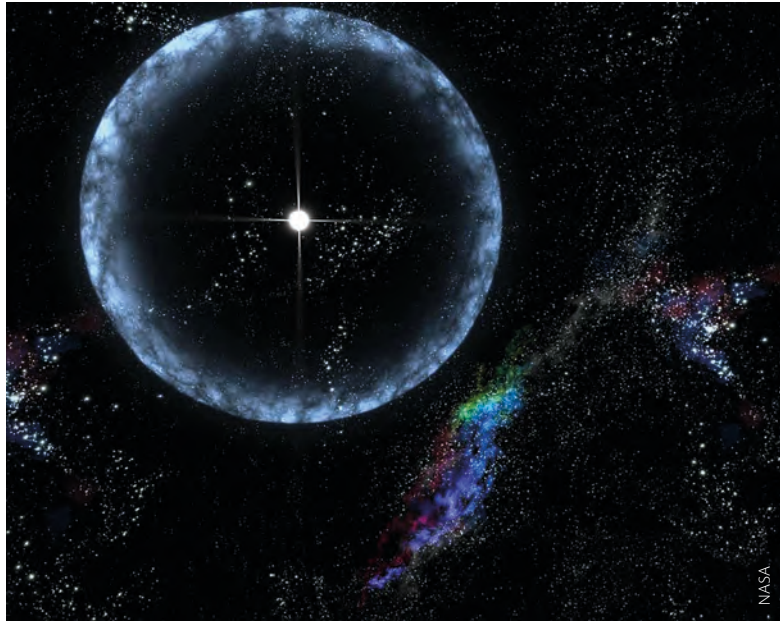


Deprem Evrende Her Yerde!

6 Şubat 2023 tarihinde yaşadığımız iki büyük depremle sarsıldık. 11 ilimizde yıkıcı etkileri olan bu depremlerde vefat eden vatandaşlarımızı rahmetle anıyor ve milletimizin acısını paylaşıyoruz.

Zaman zaman unutsak da deprem kendini bazen küçük bazen de büyük sarsıntılarla hatırlatıyor. Depremler sürekli oluyor ve hep de olmaya devam edecek. Bizlerin de bu gerçeğe hareket etmemiz gerekiyor. Deprem sadece bu gezegende değil, evrendeki çok çeşitli konumlardaki gök cisimlerinde de sürekli oluyor. Deprem yalnızca dünyanın değil, evrenin de bir gerçeği. Bu yazıda Yer'den başlayıp evrendeki bazı cisimlerde gerçekleşen deprem örneklerine değineceğiz.

Devasa bir evrende, sarmal bir gök ada içinde, mavi bir gezegende yaşayan canlılarız. Her geçen gün yaşadığımız gezegende ve evrende neler olduğuna dair bilgilerimiz artıyor ancak yola daha fazla soruyla devam ediyoruz. Hem yakınımızda, yani gezegenimizde, hem de uzaklara doğru ilerlediğimizde karşılaştığımız



Aralık 2004'te bir nötron yıldızının çok güçlü parlamasının gösterimi. Çok güçlü manyetik alanlara sahip nötron yıldızları olan magnetarlarda, bu alanların etkisiyle güçlü parlamalar üretecek depremler meydana gelebiliyor

cisimler ve ortamlarda gerçekleşen bazı olaylar kimi zaman birbirine çok benziyor ve aynı yasalarla açıklanabiliyor. 6 Şubat 2023 tarihinde bir kez daha karşılaştığımız, büyük acılar yaşadığımız ve etkisini uzun süre göreceğimiz deprem de bu tür olaylardan biri. Yer bilimleri açısından deprem, bu sayıdaki ilgili yazılardan da göreceğimiz üzere, detaylarıyla araştırılan konulardan biri. Aynı zamanda insanlık için

anlaşılması elzem olgulardan biri. Depremi, Yer gezegeni dışında, başka cisimlerde de gözleyebiliyor muyuz? Bu soruya cevap vermeye çalışacağız ancak önce deprem araştırmalarına farklı bir açıdan bakalım. Deprem dalgaları, Yer'in iç tabakalarında oluşup yüzeye doğru ilerlerken aynı zamanda iç yapı hakkında bilgi taşır. Bu durumda ister Yer'de ister farklı gök cisimlerinde, deprem dalgalarının ölçülmesi ve özelliklerinin tespit edilmesi ile o cismin iç katmanları

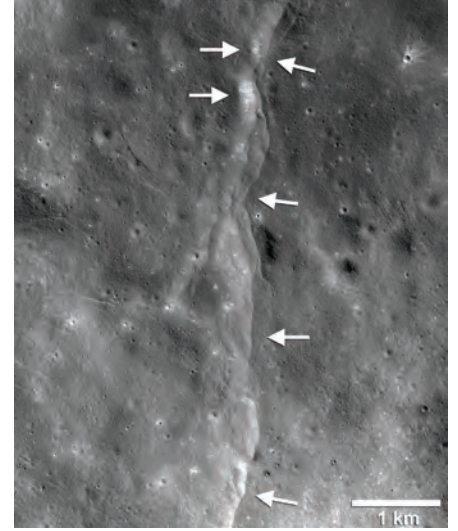
hakkında bilgi toplayabiliriz. Üzerinde yaşadığımız Yer'in veya diğer gök cisimlerinin (örneğin Ay ve Mars) iç katmanlarına, belirli derinliklerden itibaren, çeşitli araçlarla girip doğrudan veri almak neredeyse imkânsızdır. Bu nedenle sismik veriler, ilgili cismin iç katmanlarından geldiği için araştırmalar açısından son derece önemlidir.

Yer'deki depremlerin çoğunluğu yer kabuğundaki levhaların hareketiyle meydana gelir. Levha hareketleri dışında, volkanik hareketler, yüzey altında mağara veya boşluk çökmeleri ile nükleer denemeler de depreme neden olabilir. Yer yüzeyi oldukça katı görünmesine karşın yüzey altı oldukça aktiftir. Yerkürenin dış bölümünde, yaklaşık 70-100 km kalınlığında taşküre (litosfer) bulunur. Taşküre, tüm Dünya'yı yumurta kabuğu gibi düzgün ve çepeçevre saran yekpare bir yapı değildir. Tektonik plakalar adı verilen dev yapboz parçalardan oluşur. Taşküre ile çekirdek arasında, derinleştikçe sıvı bölümleri bulunan manto yer alır. Yerkürenin çekirdeği demir-nikel karışımından oluşur. Yüzeyden çekirdeğe doğru ilerledikçe sıcaklık artar ve iç çekirdekte sıcaklık yaklaşık 6000 °C olur. Yer merkezindeki bu yüksek sıcaklık konveksiyona neden olur. Konveksiyon hareketleri yukarılara ulaştıkça gerilmelere ve daha sonra da zayıf bölgelerin kırılmasıyla levhaların oluşmasına yol açar. Hâlen litosferde 10 kadar büyük ve çok sayıda küçük levha olduğu biliniyor. Bu levhalar, üzerlerindeki kıta parçalarıyla beraber, yumuşak manto bölümü üzerinde, hareket etmekte, âdeta yüzmektedir. Levhaların birbirlerine sürtündükleri, birbirlerini sıkıştırdıkları, üste çıktıkları veya alta girdikleri sınır bölgeleri,

yüzeyde deprem olan yerler olarak gözlenir. Karşılaşılan depremlerin büyük bölümü levhaların birbirini zorladığı sınır bölgelerinde ortaya çıkar. Bu mekanizmanın temelinde, enerjinin yerkürenin yüksek sıcaklıklı merkez bölgesinden dışarıya doğru çıkma girişimi yer alır.

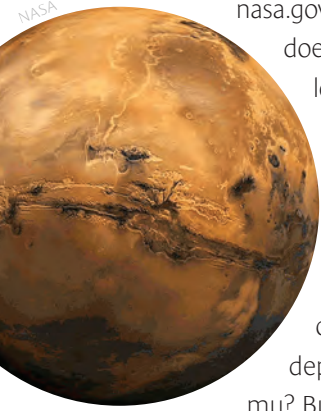
Ay da depremlerin meydana geldiği gök cisimlerinden biri. Ay'da gözlenen depremler, sığ (200 km'ye kadar derinlikte), derin (900 km derinliğe kadar), gök taşı çarpması kaynaklı ve yapay tetiklemelerle gerçekleşen sismik hareketler olarak sınıflandırılıyor. Apollo görevleri sırasında (1969'dan 1977'ye kadar) Ay'da sismik deneyler yapıldı ve bu veriler son dönemde güncel bilgi ve yöntemlerle tekrar analiz edildi. Ay depremlerinin nereden geldiğini belirlemek için yeni algoritmalar kullanılarak sığ depremler incelendi ve bunların genç faylarla ilişkili olduğu belirlendi. Ay kabuğunun büzülmesinin de sığ depremlerin kaynaklarından biri olduğu düşünülüyor. Ay yüzeyindeki sarp kayalıkların yaşının 50 milyon yıldan az olduğu ve bu yapıların Ay'ın iç kısımlarının soğuyup dış kabuğun büzülmesiyle ortaya çıktığı tahmin ediliyor. NASA-LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter) ile alınan fotoğraflardaki kanıtlar, Ay'daki küçülmenin hâlâ devam ettiğini ve bunun sarp kayalıkları sürükleyerek Ay'da yeni depremleri başlattığını gösteriyor.

Kızıl gezegen Mars üzerinde de 2019 yılından bu yana depremler kaydediliyor. 4.000 km uzunluğundaki kanyon yapısının (Valles Marineris) faylarla bağlantılı olduğuna ilişkin araştırmalar, bu bölgede 2021 yılında tespit edilen



Ay yüzeyinden bir bölgenin NASA – LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter) ile alınan fotoğrafı. Oklar, merdiven biçimindeki fay bölgesini veya uçurumu gösteriyor.

4,2 büyüklüğündeki depremlerle daha da kesinlik kazandı ve bölgenin hâlâ aktif bir fay yapısı içerdiğini gösterdi. Mars'a ilişkin ilk sismik ölçümler, yüzeyde 2018 yılı sonunda çalışmaya başlayan InSight uzay aracı üzerindeki sismograf (SEIS) ile yapıldı. Bu tarihten sonra çoğunluğunun büyüklüğü 4'ten küçük çok sayıda sismik davranış kaydedildi. Bugüne kadarki en büyük deprem ise Mayıs 2022'de tespit edildi ve büyüklüğü 4,7 olarak belirlendi. Dört saatten fazla süren depremde, Mars üzerinde daha önce kayıt altına alınmış tüm depremlerden beş kat daha fazla enerji açığa çıktığı hesaplandı. Bu deprem, Mars kabuğunda, daha önce gerçekleşmiş bir gök taşı çarpmasına ilişkin katmanların olduğunu gösterdi. Sismik aktivitenin, Mars ve iç yapısı üzerindeki etkilerinin yeri ve sıklığının haritalanması, hem Mars'ın iç yapısı (çekirdek, manto ve kabuk) hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlayacak hem de insanlığın gelecekte planladığı yüzey yapılarının nerede ve nasıl inşa edileceğine ilişkin bilgi sunacak. Mars



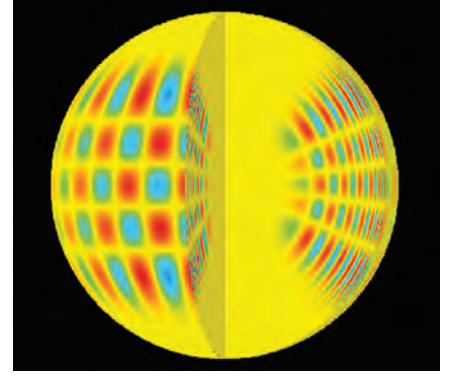
depremlerinde yayılan dalgalar için üretilmiş bir simülasyonu <https://www.nasa.gov/feature/jpl/what-does-a-marsquake-look-like> adresinde inceleyebilirsiniz.

Peki, gök adaların dolayısıyla evrenin yapı taşı olan yıldızlarda da deprem yaşıyor mu? Bu soruyu şöyle

cevaplayabiliriz: Farklı tür yıldızlarda, farklı tür sismik davranışlar gözleniyor. Yıldız sismolojisi olarak adlandırılan araştırma alanı, yıldızların sismik davranışlarının belirlenmesi ve bu davranışlardan iç katmanlarına ilişkin bilgi çıkarılması (yoğunluk, dönme, kimyasal bolluk değişimi vb.) ve onların doğasının (yaş, kütle, yarıçap vb.) anlaşılması konularını içeriyor. Yıldızların sismik değişimleri farklı nedenlerden kaynaklansa da bu olguyu açıklayacak temel argüman veya önemli bir kısmı için geçerli mekanizma, yıldız merkezinde üretilen enerjinin üst katmanlara çıkarken bir bariyerle karşılaşması ve yeterli basıncı oluşturursa üst katmanları iterek bir titreşim başlatması şeklinde izah ediliyor. Özetle, yüksek enerjili bölgeden düşük enerjili bölgeye olan enerji akışının neden olduğu titreşimler sismik aktiviteye yol açabiliyor. Bu titreşimler, yıldız gözlemlerinde parlaklık ve (katman) hız değişimleri olarak karşımıza çıkıyor. Yer bilimlerindeki araştırmalara benzer şekilde, sismik analizlerle bu davranışlar çözümlenmeye çalışılıyor. Yıldızlar yüksek sıcaklıklı plazma olduğundan; depremler, yıldızın tüm yüzeyinin veya farklı katmanlarının

şişip büzülmesi şeklinde periyodik olarak tekrarlanıyor. Yıldızlarda üretilen deprem dalgalarının neden olduğu sismik değişimler, nötrinolar dışında, iç yapı hakkında alınan en önemli gözlemsel veri kümelerini oluşturuyor ve iç yapı modellerinin sınanmasında kullanılıyor.

Sistemimizin yıldızı olan Güneş de sismik davranışlar gösteriyor. Güneş'in merkezinde enerji üretildikten sonra önce radyasyonla sonra konveksiyonla dış katmanlara doğru iletilir. Enerji taşıyan bu dev konvektif hücreler, milyonlarca titreşim modu üretir ve Güneş'in iç yapısını incelememizi sağlar. Güneş'in titreşimlerinin hassas analizleri sayesinde, yıldız yapı modelleri test ediliyor ve ayrıca parçacık fiziği kuramlarının gözden geçirilmesi için önemli veriler sağlanıyor. Güneş'in sismik değişimleri konveksiyon kaynaklıdır ve çok karmaşık yapıdadır. Bu durumu kabaca, milyonlarca kişinin aynı anda piyanonun farklı tuşlarına basarak ses çıkarmasına benzetebiliriz. Güneş'in yüzeyindeki, genlikleri 0,1 metreden küçük olan sismik dalgalar; yukarı aşağı salınarak tayfta izler bırakır. Güneş sismolojisinde akustik, çekim ve yüzey çekim dalgaları ölçülür. Bunların her biri Güneş'in farklı iç katmanları hakkında bilgi sunar.



Güneş'in akustik modlarının küçük bir bölümü için üretilmiş model

Yer, Ay, Mars, Güneş ve farklı yıldızların sismik davranışlarından söz ettik. Bunların dışında Venüs, çeşitli gezegenlerin uyduları, nötron yıldızları vb. çok farklı cisimler için de kaynakları farklı olabilen sismik hareketler söz konusudur. Bunlarla da ilgili veriler kaydediliyor ve anlaşılmaya çalışılıyor. Farklı gök cisimlerinden sunulan örnekler, başta Yer olmak üzere deprem ile her yerde her zaman karşı karşıya olduğumuzu gösteriyor. Araştırmaları derinleştirerek bu gerçeğin bilinmeyenlerini ortaya çıkarmaya devam etmek ve buna göre önlem olarak yaşamaya çalışmak gerekiyor.

Büyük bir yıkım yaşadık, çok sayıda can kaybettik. Başımız sağ olsun. Birlik ve beraberlik içinde bu güçlüklerden çıkacağız. Bilimsel bulgularla önlemlerimizi arttırarak daha güvenli yaşayabilmek için çaba sarf edeceğiz.

<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/bilgi/depremdir/index.htm>

<https://spaceplace.nasa.gov/earthquakes/en/>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11214-020-00709-3>

<https://www.livescience.com/65475-moon-shrinking-moonquakes.html>

<https://www.nasa.gov/press-release/goddard/2019/moonquakes>

<https://spaceref.com/science-and-exploration/two-largest-marsquakes-to-date-recorded-from-planets-far-side/>

<https://newsroom.ucla.edu/releases/marsquake>

<http://soi.stanford.edu/results/heliowhat.html>

