

Kuzey Kore'nin Nükleer Denemelerinin İzleri **Yerin Altında** Gizli

Dr. Tuba Sarıgül | TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



ABD'nin 1946'da Bikini Atolü'nde gerçekleştirdiği nükleer denemeye ait bir görüntü

3 Eylül'de Kuzey Kore'nin kuzey-doğusunda gerçekleşen 6,1 büyüklüğündeki sarsıntı Japonya'dan Norveç'e dünya üzerindeki pek çok istasyon tarafından tespit edildi. Ancak yeraltındaki bu hareketlilik tektonik levhaların hareketinden kaynaklanan doğal bir sarsıntı değildi. Çünkü yapılan ilk ölçümler sismik dalgaların kaynağının Kuzey Kore'nin nükleer deneme sahası olduğunu gösteriyordu. Bilim insanları için ise Kuzey Kore'nin altıncı nükleer denemesi olan bu olay yeni bir dedektiflik hikâyesi anlamına geliyor.

Nükleer denemeler sonrası açığa çıkan radyoaktif atıklar zararlı etkileri nedeniyle canlılar için tehlikeli. Nükleer Denemelerin Yayılmasının Engellenmesi Antlaşması 180'den fazla ülke tarafından imzalandı. Antlaşmanın yürürlüğe girmesi yani hukuki bağlayıcılığının olması için nükleer teknolojiye sahip 44 ülke tarafından onaylanması gerekiyor. Ancak aralarında Kuzey Kore'nin de bulunduğu sekiz ülke (ABD, Çin, Hindistan, İran, İsrail, Kuzey Kore, Mısır, Pakistan) Nükleer Denemelerin Yayılmasının Engellenmesi Antlaşması'nı henüz onaylamadı.

Nükleer Denemelerin Tespiti İçin Yerin Altının İzlenmesi

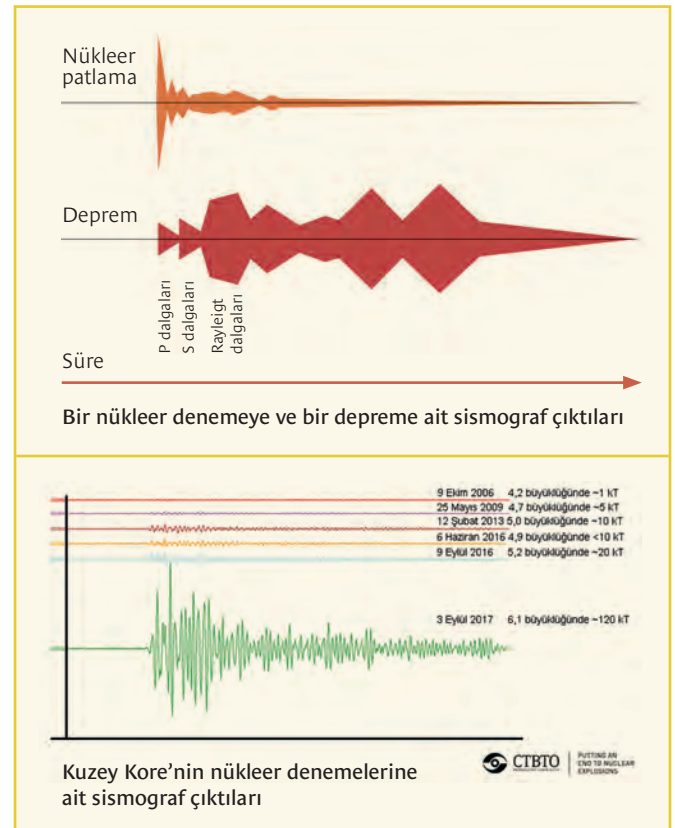
ABD'nin 25 Temmuz 1946'da su altında gerçekleştirdiği ilk nükleer bomba denemesinden sonra tüm dünyadaki deprem ölçüm istasyonlarındaki sismometreler, patlama sonrasında oluşan sismik dalgaları kaydetmişti. Bu olaydan sonra araştırmacılar sismik dalgaların nükleer patlamaların tespitinde kullanılabileceğini fark etti.

Nükleer denemelerin tespiti farklı yöntemler kullanılarak yapılır. Yeraltında gerçekleşen nükleer patlamaların oluşturduğu sismik dalgaları tespit etmek bu yöntemlerden en hızlı ve güvenilir olanı. Çünkü sismik dalgalar yeraltında çok hızlı yayılır. Bu sayede tespiti yapan istasyonun sismik dalgaların kaynağına uzaklığına bağlı olarak birkaç saniye ile birkaç dakika içinde dalgalar kaydedilebilir.

Sismik Dalgaların Kaynağının Bir Nükleer Deneme Olduğu Nasıl Anlaşıyor?

Sismik dalgalar depremler, yanardağ patlamaları gibi doğal olaylar sonucu oluşabildiği gibi, insan kaynaklı etkinlikler (örneğin madencilik, jeotermal sondaj, nükleer bomba denemeleri) nedeniyle de ortaya çıkabilir. Bilim insanları sismik dalga kayıtlarını inceleyerek dalgaların kaynağının bir nükleer patlama olup olmadığını anlayabilir. Çünkü sismik dalgaların türleri vardır ve bu dalgalar farklı hızlarda yayılır. Dalgaların farklı hızlarda yayılması sayesinde, sismik dalgaların kaynağının uzaklığı yani başlangıç konumu tespit edilebilir.

Bilim insanları sismik dalgaları sadece bir nükleer deneme yapıp yapılmadığını tespit etmek için kullanmaz. Sismik dalgalar nükleer denemenin yerinin, patlamaya neden olan nükleer bombanın gücünün ve patlamanın hangi derinlikte olduğunu belirlemesine de yardımcı olur.

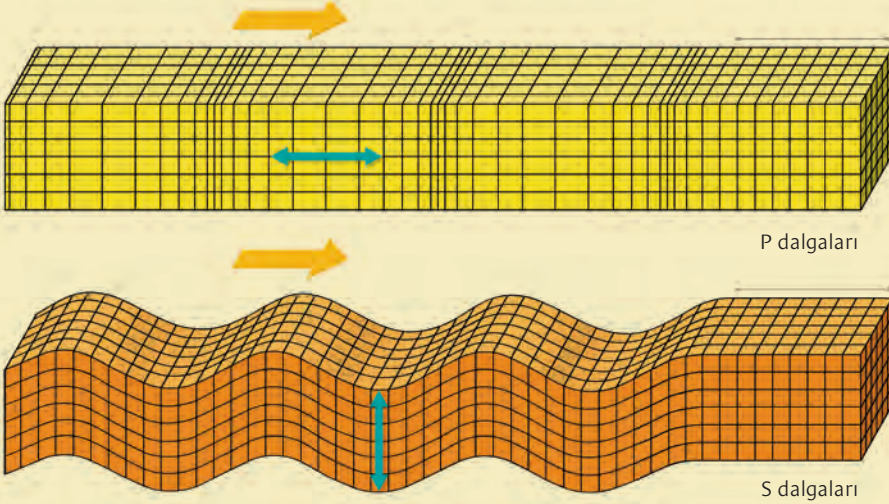


Sismik Dalgalar

Sismik dalgaların cisim dalgaları ve yüzey dalgaları olarak isimlendirilen iki türü vardır.

Cisim Dalgaları

P dalgaları ve S dalgaları olmak üzere iki türü olan cisim dalgaları yerin altında hareket eder ve yüzey dalgalarına göre daha hızlıdır.



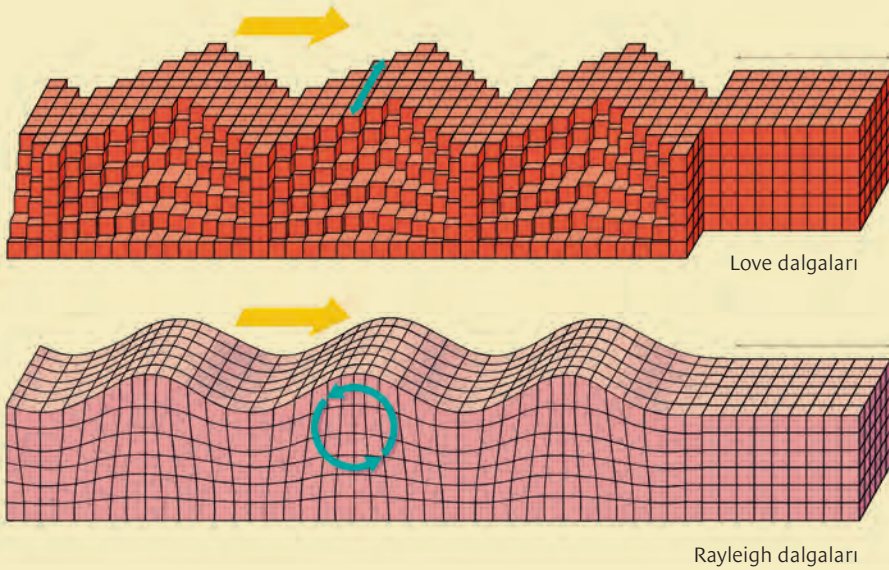
P dalgalarının hareketi sırasında yer, tıpkı ses dalgalarının havada yayılması sırasında havadaki gaz moleküllerinin yaptığı hareket gibi, dalganın yayılma doğrultusunda ileri geri hareket eder. En hızlı hareket eden sismik dalga türü olan P dalgaları ölçüm istasyonlarına ulaşan ilk sismik dalga türüdür.

S dalgaları ise yerin altında dalgaların yayılma doğrultusuna dik yönde, yukarı aşağı ve sağa sola hareket eder.

P ve S dalgalarının yerin altındaki hareketi

Yüzey Dalgaları

Yüzey dalgaları yerkabuğu boyunca hareket eder. Cisim dalgalarına kıyasla daha yavaş hareket etmelerine rağmen daha fazla hasara neden olurlar. Love ve Rayleigh dalgaları olmak üzere iki tür yüzey dalgası vardır.



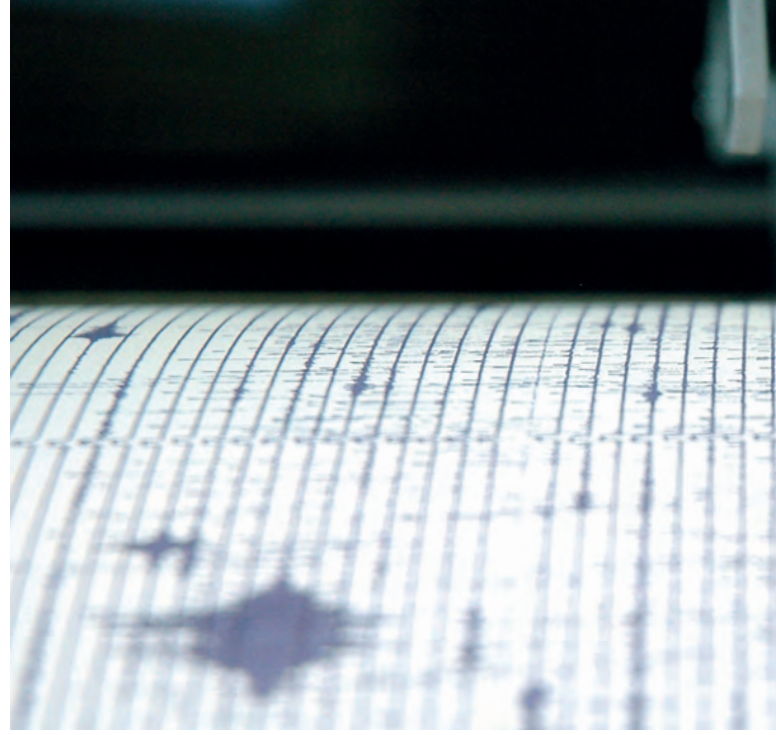
Love dalgaları dalgaların yayılma doğrultusuna dik yönde, yatay ekseninde sağa sola hareket eder. Love dalgaları, Rayleigh dalgalarından daha hızlıdır.

Rayleigh dalgalarının hareketi sırasında yer, tıpkı su dalgalarının yayılması sırasında su moleküllerinin yaptığı hareket gibi, daire hareketi yapar.

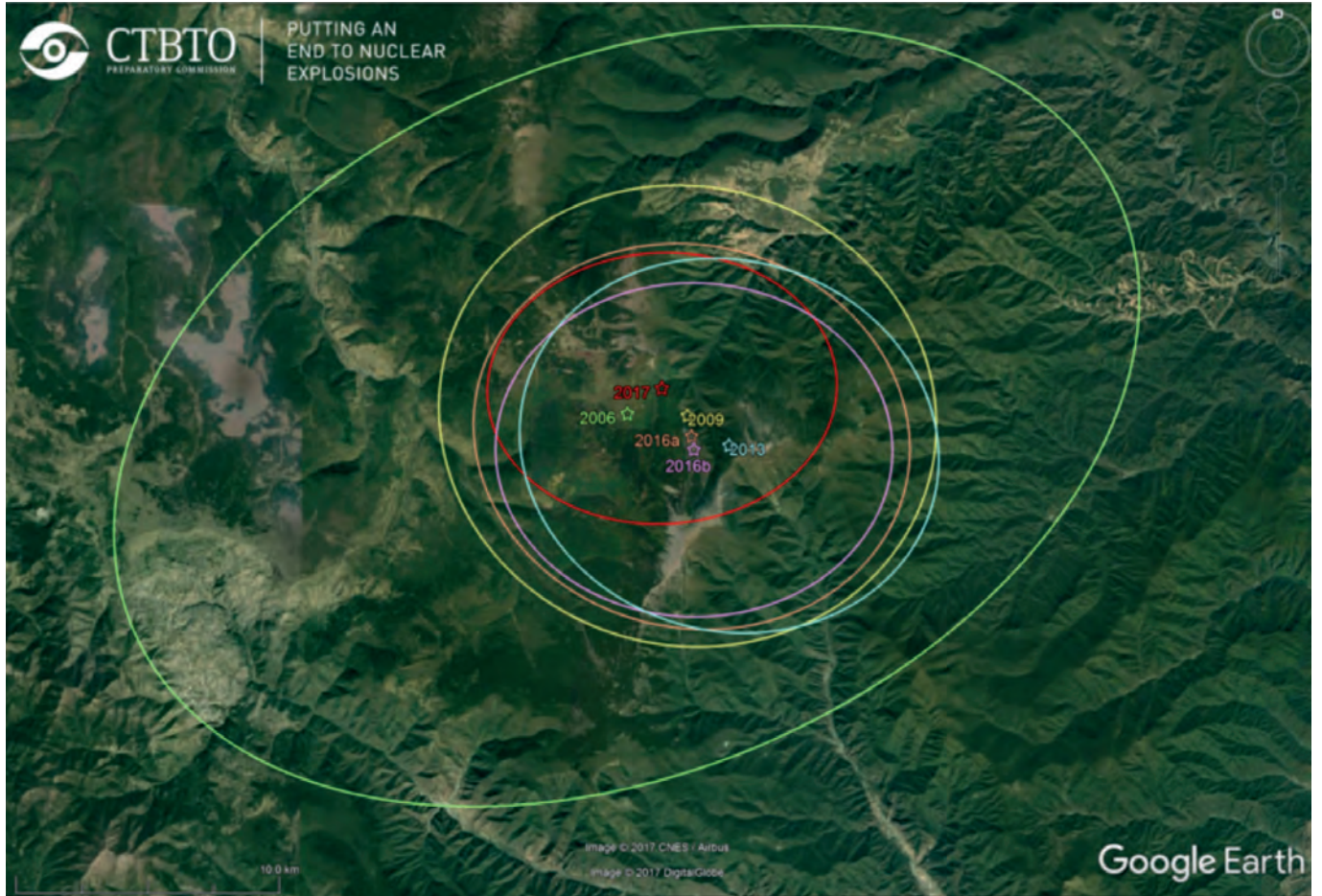
Love ve Rayleigh dalgalarının hareketi

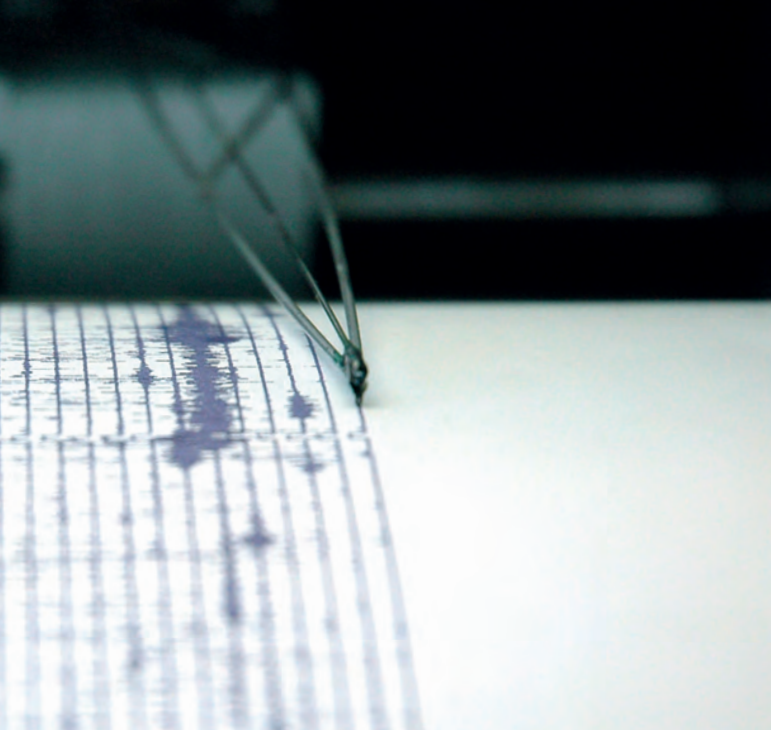
Nükleer patlamalar sonrasında sismograflarda güçlü P dalgası sinyalleri gözlenirken, depremlerden sonra olduğu gibi çok güçlü yüzey dalgaları gözlenmez. Depremleri kaydeden sismograflarda ise ilk olarak P dalgalarına, sonrasında ise sırasıyla güçlü S dalgası ve Rayleigh dalgası sinyallerine rastlanır.

Sismik dalgalara yol açan olayın yerin altında gerçekleştiği derinlik, sismik dalgaların kaynağının deprem olup olmadığı konusunda bilgi verir. Günümüz teknolojiyle yerin altına birkaç kilometreden daha derin sondaj yapılamadığı için, 10 km'den daha derinde gerçekleşen olaylar doğal jeolojik olaylar olarak kabul edilir.



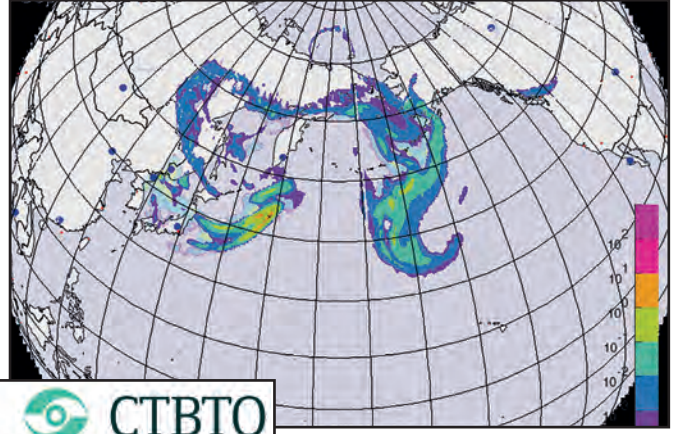
Kuzey Kore tarafından gerçekleştirilen nükleer denemelerin olası konumları





Bilim insanları sismik dalgaları sadece bir nükleer deneme yapılıp yapılmadığını tespit etmek için kullanmaz. Sismik dalgalar nükleer denemenin nerede yapıldığı ve patlamaya neden olan nükleer bombanın ne kadar güçlü olduğu hakkında da bilgi verir.

3 Eylül 2017'deki nükleer denemeler sonrasında atmosfere salınabilecek nükleer parçacıkların olası hareketi



Kuzey Kore Son Nükleer Denemesinde Hidrojen Bombası mı Kullandı?

Kuzey Kore ilk nükleer denemesini 2006'da, ülkenin kuzeydoğusundaki Punggye-ri isimli nükleer deneme sahasında gerçekleştirdiğini duyurdu. Patlamadan sonra Uluslararası Görüntüleme Sistemi'ne (IMS) bağlı 20'den fazla sismik görüntüleme istasyonunda patlamanın izlerine rastlandı.

Patlamadan iki hafta sonra ise Kanada Yellowknife'teki radyoaktif çekirdekleri tespit eden istasyonda radyoaktif ksenon miktarının normalin üstüne çıktığı tespit edildi.

Kuzey Kore 2006'daki ilk denemenin ardından 2009'da, 2013'te ve 2016'da (2016 yılında iki deneme gerçekleştirildi) nükleer denemeler yaptığını duyurdu. Patlamalar sonrasında kaydedilen sismik dalgalar nükleer denemelerin Punggye-ri deneme sahasının içinde, birbirine birkaç kilometre mesafede gerçekleştirildiğini gösteriyordu.

Sismik dalgaların özelliklerini inceleyen bilim insanları böylece Kuzey Kore'nin nükleer gücü hakkında bilgi sahibi olabildi.

CTBTO ve NORSAR verilerine göre Kuzey Kore'nin 2006'daki ilk denemesinde açığa çıkan enerjinin 1 kiloton, 2006'dakinde 5 kiloton, 2013'tekinde 10 kiloton, 6 Ocak 2016'dakinde 10 kiloton, 9 Eylül 2016'dakinde ise 20 kiloton TNT'nin enerjisine eşdeğer olduğu tahmin ediliyor.

Norveç'teki NORSAR sismik görüntüleme merkezinden araştırmacılar 3 Eylül 2017'de gerçekleştirilen son denemede kullanılan bombanın ise 120 kiloton TNT gücünde olduğunu hesapladı.

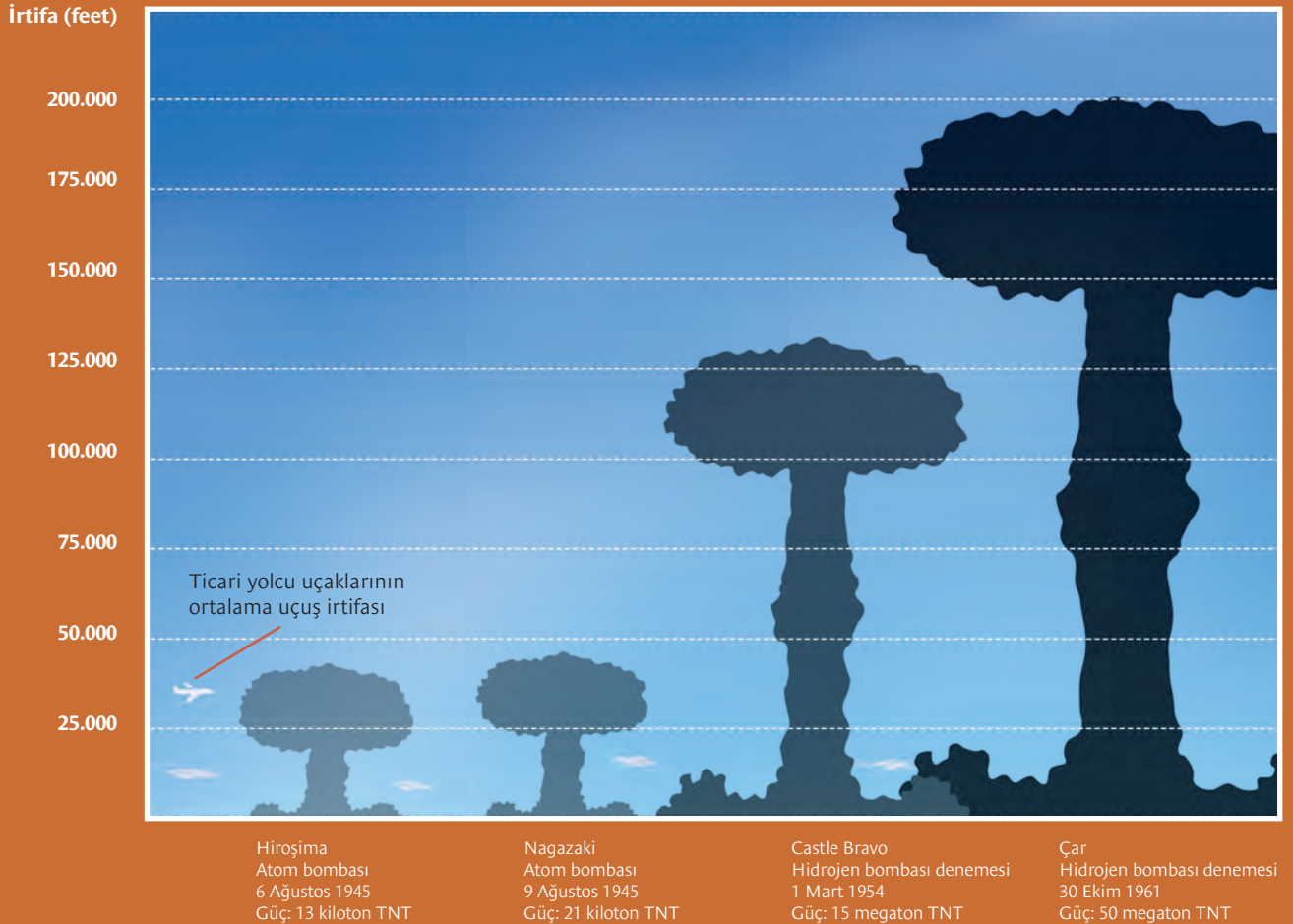
Nükleer denemelerin tespiti için uydu görüntülerinden de yararlanılıyor. Örneğin Ocak 2016'da gerçekleştirilen denemeden sonra incelenen uydu görüntülerinden yerin yüksekliğinde 1-3 cm değişiklik olduğu anlaşıldı.

Kuzey Kore Hidrojen Bombasına Sahip mi?

Nükleer bombaların farklı türleri var. Atom bombası olarak bilinen fisyon bombaları, uranyum-235 ve plütonyum-239 gibi ağır atom çekirdeklerinin bölünmesi (fisyon) sonucu büyük miktarda enerji açığa çıkaran silahlardır.

Hidrojen bombası olarak bilinen füzyon bombalarında ise hidrojen gibi hafif atom çekirdeklerinin birleşmesi (füzyon) sonucu açığa çıkan enerji atom bombalarının açığa çıkardığından çok daha büyüktür (yıldızlar enerjilerini füzyon tepkimeleri ile elde eder).

Hidrojen bombalarında füzyon tepkimelerinin başlaması için gerekli enerji fisyon tepkimeleri sonucu elde edilir.





Ancak sadece bir nükleer denemeye ait sismik dalga kayıtlarını inceleyerek patlamanın nükleer fisyon mu yoksa nükleer füzyon mu olduğunu anlamak mümkün değil. Ama Kuzey Kore'nin son denemesindeki bombanın gücü patlamanın kaynağının hidrojen bombası olabileceğini gösteriyor.

Nükleer denemeler patlamanın yerinin, patlamanın kaynağı olan bombanın gücünün ve kullanılan nükleer silahın türünün belirlenmeye çalışıldığı bir dedektiflik hikâyesi gibi. Bilim insanları bu bulmacaları çözmek için ipuçları aramaya devam ediyor. ■

ABD'nin İkinci Dünya Savaşı sırasında Hiroşima'ya attığı atom bombasının patlaması sonucu açığa çıkan enerji 13 kiloton TNT'ye, Nagazaki'ye attığı atom bombasının ise 21 kiloton TNT'ye eşdeğerti.

Kaynaklar

<http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/waves.html>

<https://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/?term=seismic%20wave>

Gibbons, S. J. ve ark., "Accurate Relative Location Estimates for the North Korean Nuclear Tests Using Empirical Slowness Corrections", *Geophysical Journal International*, Cilt 208, Sayı 1, s. 101-117, 2016.