

# GEZEĞENİ KURTARMAK

Çoğumuz, Güneş Sistemi'nin sakin ve güvenli bir yer olduğunu düşünürüz. Oysa gezegenimiz, kozmik bir atış poligonunun tam ortasında duruyor. Milyonlarca göktaşı, bir mermiden çok daha hızlı bir şekilde vızır vızır uçuşuyor. Açık bir gecede gökyüzüne baktığımızda, bunların çok küçüklerinin atmosfere girerek yandığını görebiliriz. Atmosferimiz doğal bir kalkan oluşturarak bizi bu kozmik mermilerin çoğundan korur. Ancak, karşılaşılabileceğimiz tüm göktaşları bu kadar zararsız değil. Sayıları daha az olmakla birlikte, bunların bazılarının büyüklükleri onlarca kilometreyi buluyor. Ve her gece gördüğümüz göktaşlarından çok daha düşük olsa da, bize çarpma olasılıkları var.

Bir doğal afet düşünün, 12 km çapında bir göktaşı saatte 55.000 km hızla yeryüzüne çarpıyor. Meydana gelen patlamada 200.000 km<sup>3</sup>lük madde atmosfere karışıyor. Yeryüzünün her ya-

nındaki ormanlar yanıyor. Atmosfere trilyonlarca ton karbondioksit karışıyor. Atmosferde asılı kalan toz ve kül, güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşmasına engel oluyor. Gezegen soğuyor ve

aylarca süren bir buzul çağı başlıyor. Bir yandan da atmosfere karışmış olan gazlar asit yağmurlarına neden oluyor. Bitkiler, fotosentez yapamadıkları için ölüyorlar. İlk halkası kırılan besin zin-

çirinin öteki halkaları da birer birer kırılıyor. Kısa sürede hayvanların çoğu ölüyor. Olayın etkileri yüzyıllarca sürüyor. İşte, 65 milyon yıl önce dinazorların (ve tüm öteki canlıların) başına gelen bu. Üstelik benzer olaylar, gezegenimizin geçmişinde birçok kez yaşanmış.

“Gökyüzünden düşecek bir taş”, bu nedenle yalnızca Hollywood filmlerinde rastlanabilecek bir olgu gibi geliyor. Oysa, yukarıdaki senaryo tamamen gerçek. Üstelik, benzeri olaylar geçmişte olduğu gibi, gelecekte de tekrarlanacak; tıpkı öteki doğal afetler gibi. Ancak, o zamanla bu gün arasında önemli bir fark var: o zaman dinozorların bu göktaşını izlemekten başka şansları yoktu; günümüzde biz böyle bir kadere teslim olmak durumunda değiliz. Yeryüzünde gelişmiş bir tür ilk defa kendini gökyüzünden gelecek olası bir tehdiye karşı savunabilecek bilgiye ve teknolojik düzeye ulaştı. Bu tür de biziz.

## Atış Poligonunda

Kozmik atış poligonunda iyi bir hedef oluşturuyoruz. Bu nedenle er ya da geç büyük bir göktaşı bize çarpacak. Önemli olan, buna hazır olmak. Ama önce düşmanı iyi tanımak gerekiyor.

Mars ile Jüpiter arasında bulunan Asteroid Kuşağı'nda (küçük gezegen Kuşağı da deniyor) bulunan cisimlerin boyutları bir bezelye tanesi büyüklüğünden yüzlerce kilometre çapa kadar değişiyor. Buradaki asteroidlerin hepsini bir araya toplayabilseydik (buna geçen yıl çüce gezegenliğe terfi eden 900 km çaplı Ceres'i dahil etsek bile) ortaya çıkacak cisim Ay kadar bile olmazdı. Zaten, yakınlarındaki Jüpiter'in güçlü kütleçekimi bunların bir araya gelmesi için engel oluşturuyor. Bu kuşakta dolanırken Jüpiter'e yaklaşan bazı asteroidler, onun kütleçekimi etkisiyle kuşaktan uzaklaştırılarak sistemin dışlarına ya da içlerine doğru yönelebiliyorlar. Bunlar, genellikle Güneş çevresinde yeni yörüngelere yerleşiyorlar. Hatta bazıları gezegenlerden birinin yörüngesine bile girebiliyor. Mars'ın iki uydusu Phobos ve Deimos, Jüpiter ve Satürn'ün çoğu uydusu büyük olasılıkla sonradan yakalanmış asteroidler.



Gökbilimciler ve yaşamın yeryüzündeki gelişimini inceleyen astrobiyologlara göre, yeryüzüne çarpan kuyrukluysıldızlar ve asteroidler olmasaydı, yaşam belki de hiç gelişemeyecekti. Su, çeşitli hidrokarbonlar ve elementlerin “gökten düştüğü” düşüncesi yaygın.

Asteroidlerin büyük çoğunun hammaddesi demir ve nikel başta olmak üzere çeşitli metaller, kaya ve buz. Her asteroid bu maddelerin çeşitli oranlardaki karışımından meydana geliyor. Buna bağlı olarak, bilim adamları onları genelde ayrı grupta sınıflandırıyorlar: metalik (demir ya da demir/nikel), kayalık ve kaya/buz karışımı asteroidler.

Asteroidlerin çoğunu kayasal yapıdakiler oluşturuyor. Bunların kabaca 150 metre çapa kadar büyüklükte olanları, atmosfere girdiklerinde genellikle yere kadar ulaşmadan yanıyor ya da patlayabiliyorlar. Ancak, metal yapıda olanların 25 metreden büyük çaplıları yeryüzüne ulaşabiliyor. Arizona'daki Barringer krateri, böyle bir asteroidin ürünü.

Her yeni gözlem, asteroidlerin sanıldığından daha karmaşık ve çeşitli olduğunu gösteriyor. Birçoğunun uydusu ya da birlikte hareket ettiği bir eşi var. Bazısını çok sağlam yapıda demir-nikel ve kaya karışımından oluşurken, diğerleri bir moloz yığını gibi gevşek yapıda, kütleçekimiyle bir arada duruyor. Yapılarına göre, renkleri de değişiyor.

Güneş Sistemi'nin uzak köşelerinden gelen kuyrukluysıldızlarsa, büyük oranda buzdan ve tozdan oluşuyor. Güneş'in ısıtamadığı bölgelerde oluştukları ve burada kaldıkları için, bu ya-

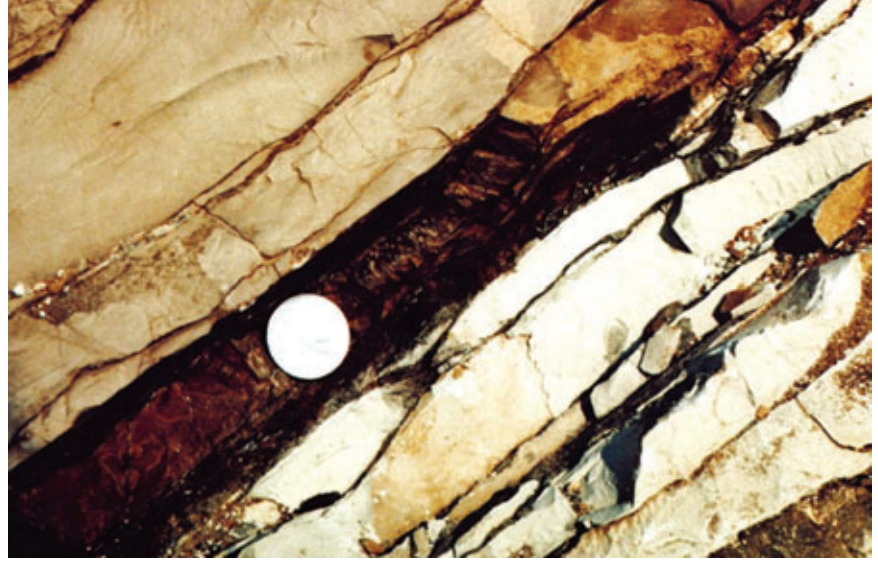
palarını koruyorlar. Kuyrukluysıldızların birtakım tipik özellikleri var. Buz ve tozdan oluştukları için, sistemin içlerine doğru yaklaştıklarında, buzunu gaz haline geçirir ve kuyrukları oluşur. Aslında çapları genellikle birkaç yüz metreyi aşmazken, çekirdekleri çevresinde oluşan bu gaz ve toz bulutu ve kuyrukları sayesinde sistemin en büyük cisimleri haline gelebilirler. Bu sayede, çok yakınımıza gelmeseler de, Güneş Sistemi'nin içlerine giren kuyrukluysıldızlar kolayca saptanabilir. Kuyrukluysıldızlar, Güneş'ten çok uzakta oldukları için, büyük çoğunluğu bu bölgelere kadar uzanan basık yörüngelere sahipler. Bu kuyrukluysıldızların Güneş çevresinde bir tur atması için yüzlerce yıl geçmesi gerekebiliyor. Yörüngede dolanması 200 yıldan uzun süremlere, “uzun dönemli” kuyrukluysıldızlar deniyor. “Kısa dönemli” kuyrukluysıldızlarsa, yörüngeleri genellikle çeşitli etkilerden dolayı, ki bu genellikle Jüpiter'in kütleçekimsel etkisi oluyor, önemli ölçüde değişmiş kuyrukluysıldızlar.

Yakın zamana kadar, bu yapısal farkları nedeniyle, asteroid ve kuyrukluysıldızlar tamamen ayrı sınıflara giriyordu. Ancak, günümüzde durum biraz daha karmaşık hale geldi. Çünkü bazı kuyrukluysıldızlar Güneş'e yaklaştıklarında, içerdikleri buzu buharlaştı-

arak bir bakıma asteroidlere dönüşebiliyorlar. Bu nedenle, tıpkı "Dünya-yakını asteroidler" (DYA) gibi görünebiliyorlar.

1970'lere kadar hiç kimse bu tehlikeli cisimleri nasıl izleyeceğini düşünmedi. Özellikle amatör gökbilimciler ve onlar gibi düşünen Schoemaker gibi profesyoneller, bu cisimleri keşfetme ve izlemede önderlik ettiler. Belli aralıklarla çektikleri gökyüzü fotoğraflarını inceleyerek hareketli, sönük cisimleri saptamaya çalışan araştırmacılar, bu yolla birçok asteroid keşfettiler. CCD'lerin gelişmesi ve bu amaçla kullanılmaya başlamasıyla, çok daha hızlanan çalışmalar, 1992 yılında NASA'nın Dünya-yakını asteroidleri izlemek için ilk resmi çabayı başlatmasıyla iyice hız kazandı.

ABD'nin Florida Üniversitesi'nden iki araştırmacı, 1996 yılında iki futbol sahası büyüklüğünde bir asteroidin Dünya'ya doğru geldiğini keşfetti. Ancak, daha duyarlı gözlemler ve detaylı hesaplamalar sonucunda 1996 JA1 olarak adlandırılan bu kayanın yeryüzüne teğet geçeceği, ancak çarpımaacağı anlaşıldı. Bu olay, medyanın ilgisini çeken ilk olay oldu. 1996 JA1, yakın



Yer bilimciler jeolojik katmanları inceleyerek, gezegenimizin geçmişini açığa çıkarıyorlar. 65 milyon yıl öncesine ait bu katman, dinazorlarla birlikte, yeryüzündeki tüm canlı türlerinin %75'ini yok eden 12 km çaplı bir asteroidin ürünü. Katman, bazı asteroidlerde bolca bulunan iridyum bakımından zengin.

geçişini yaptıktan sonra, MIT (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü) Lincoln Laboratuvarı'ndaki araştırmacılar gökyüzünde geniş alanları gelişmiş araçlarla inceleyerek birkaç ay içinde yaklaşık 50 göktaşı keşfettiler. Benzer şekilde, öteki araştırmacılar da benzer taramalar yapmak üzere kolları sıvadı.

Dünya'ya yakın asteroidlerin bir

çarpışma durumunda yeryüzündeki yaşamı ne ölçüde etkileyeceği daha çok onların boyutlarına bağlı. Bunların 1 km ve daha büyük çapta olanlarının sayısının 1000 ile 1200 arasında olduğu düşünülüyor. Bu boyuttaki asteroidler, çarptıklarında yeryüzündeki yaşamı ciddi anlamda sıkıntıya sokacak kapasiteye sahip. 1 km çaplı bir asteroid, atmosferin varlığından neredeyse hiç etkilenmeden, onu yararak doğruca yeryüzüne çarpar. Bunun sonucunda meydana gelen patlamada çok yüksek enerji açığa çıkar. Böyle bir göktaşı okyanusa düşse bile, ki bu karalara düşme olasılığında daha yüksek bir olasılık, ortaya çıkacak sonuç pek de farklı olmaz. Geçmişe baktığımızda, böyle bir asteroidin yeryüzüne yaklaşık her milyon yılda bir çarptığını görüyoruz.

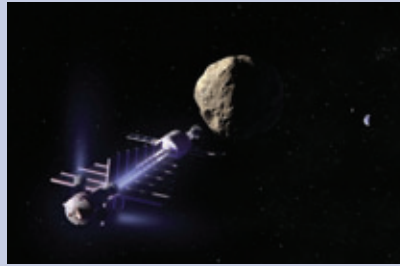
Yaklaşık 100 metre çaplı bir asteroidin yeryüzüne çarpma olasılığıysa çok daha yüksek. Bunların neden olacağı yıkım küresel boyutta olmasa bile, yine de insanın ürettiği en güçlü nükleer bombadan bile daha etkili olacakları kesin. Yörüngesi Dünya'nınkiyle kesişebilecek 1 km çaplı yaklaşık 1000 asteroide karşılık, 100 ila 1000 km arasında çapa sahip yaklaşık 200.000 asteroid olduğu hesaplanıyor. 100 metre çaplı ya da daha büyük bir asteroidin yeryüzüne çarpma sıklığıysa 2000 ile 4000 yıl olarak tahmin ediliyor. Karşılaşacağımız en yıkıcı çarpışmalardan biri, 200 metre ya da daha büyük çaplı bir göktaşının okyanusların birine

## Dünyayı Kurtaracak Proje Açıklanıyor

The Planetary Society, yeryüzünü tehdit eden bir asteroidi izlemek için en iyi projeyi üreten ekibe 50.000\$ ödül vereceğini açıkladı. Bu yarışmada, 2036'da birkaç binde bir olasılıkla da olsa Dünya'ya çarpma olasılığı bulunan Apophis baz alınacak. The Planetary Society, bu yarışmayı ESA (Avrupa Uzay Ajansı), NASA (Amerikan Havaçılık ve Uzay İdaresi) ve birtakım başka kurumların desteğiyle düzenliyor.

Apophis, Torino ölçeğine göre, şimdilik yeryüzü için en tehlikeli gökcsimi gibi görünüyor. Bu göktaşı 2029 yılında, bize sabit yörüngeyi yapay uydulardan bile daha fazla yaklaşıcağı. Bu nedenle, çarpışma olasılığının daha duyarlı bir biçimde belirlenmesi için göktaşının çok dikkatli bir şekilde izlenmesi gerekiyor. İşte bu yarışma, asteroide gidip onu işaretleyecek ve onu izlemeyi kolaylaştıracak bir alıcı-verici yerleştirmeye dayalı proje üretilmesine dayanıyor. Daha önce bu konuda bilinen bir çalışma bulunmuyor. Bu yarışmanın amacı, Yer'e yaklaşan gökcisimlerine toplumun ilgisini çekmek, bu alandaki araştırma ve bilgi birikiminin artışını tetiklemek.

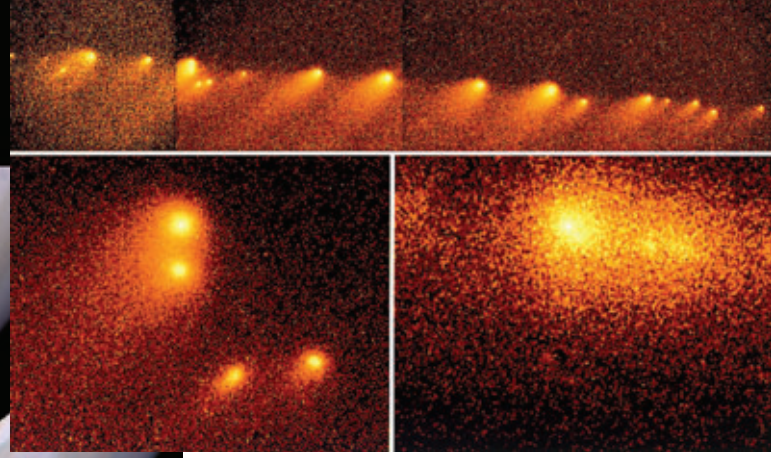
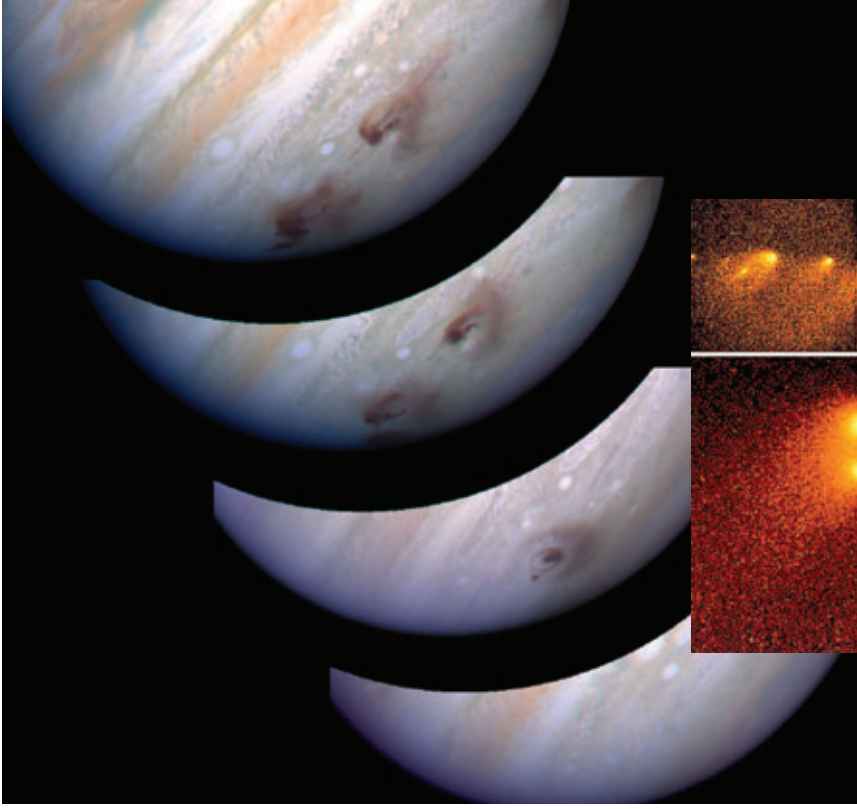
Apophis'in yeryüzü için ne kadar tehlikeli olacağı, 2029'daki yakın geçişinden sonra daha da netleşecek. Şimdilik, çarpışma olup ol-



mayacağı kesin olarak söylemek mümkün değil. Yalnızca olasılıklarla ifade edilebiliyor (ki bu çok küçük olasılık, herhangi bir doğa olayında, özellikle de Türkiye gibi deprem bölgesi olan bir ülkede böyle bir olaydan ölme riskimiz çok daha düşük).

Apophis için bir saptırma görevinin düzenlenip düzenlenmeyeceği, 2029'daki yakın geçişinden birkaç yıl öncesine kadar yapılacak gözlemler sonucunda kararlaştırılabilir. Ancak, bu geçişte onu izlemek için ne kadar önlem alınırsa, 2036'da göktaşının geçeceği konum çok daha duyarlı bir şekilde hesaplanabilir.

Başvuru süresi 1 Mart 2007'de sona eren bu yarışmanın sonuçlarının bu ayın ortalarında duyurulacağı açıklandı. Sonuçlar, The Planetary Society'nin İnternet sitesinden öğrenilebilir: <http://www.planetary.org>.



1993'te keşfedilen ve bundan bir yıl sonra herkesin gözü önünde parçalar halinde Jüpiter'e çarpan Shoemaker-Levy Kuyruklu Yıldızı, bir kozmik atış poligonunda yaşadığımızı bize bir kez daha gösterdi.

düşmesi olacaktır. Böyle bir göktaşının oluşturacağı dalga yüksekliği 100 metreyi bulabilecek inanılmaz boyutlardaki tsunami, okyanusa kıyısı olan tüm kıyılarda çok büyük yıkıma yol açabilir.

Tüm bu etkiler düşünülünce, karşılaşılabileceğimiz bu en büyük doğal afete karşı önlemler almak kaçınılmaz görünüyor. Bundaki ilk adım, Güneş çevresinde dolanan ve yörüngesi Dünya'nı kesen tüm gök cisimlerinin saptanması ve izlenmesi. Araştırmacılar, saptanan cisimleri izleyerek, gelecekte bizimle çarpışıp çarpışmayacaklarını çok küçük hata paylarıyla hesaplayabiliyorlar. Bu hata payları da dünya'nın yakınından geçeceği hesaplanan bir göktaşının ona çarpma olasılığını belirliyor. Yörünge parametreleri ne kadar duyarlı saptanırsa, hata payı küçülüyor ve buna bağlı olarak da çarpma olasılığı tümüyle ortadan kalabiliyor.

Henüz rahat bir nefes almak için erken olsa da, şu ana kadar çapı 1 km ve üzerinde olan Dünya yakını asteroidlerinin %65'i keşfedilmiş durumda ve bunların hiçbirisi gelecek yüz yıl içinde önemli bir risk oluşturmuyor. Ancak, geriye kalan %35 için şimdilik bir şey söylemek mümkün değil. Bunlardan birinin gelecekte Dünya'yla randevusu olabilir.

Eğer bir gün bize doğru gelmekte olan kocaman bir kaya keşfedersek ve bunun için hiçbir hazırlık yapmamış olursak, çok pişman olabiliriz. Şimdi, bu teknolojiye sahip olduğumuzu düşündüğümüzde, bunu yapmanın

önemli bir sorumluluk olduğunu düşünenlerin sayısı oldukça fazla. İşte bunun bilincinde olan ülkeler ve hatta bazı özel kurumlar, böylesi bir durumda Dünya'yı kurtarmak için neler yapılabileceğini şimdiden planlıyorlar.

## Çarpışmalar Tarihi

Asteroit ve kuyruklu yıldızlar, oluşumundan bu yana yeryüzüne sürekli olarak çarpıyorlar. Hatta, bu çarpışmalardan biri o kadar büyükmiş ki, gezegeni tamamen parçalayarak ondan Ay kadar büyük bir parçanın kopmasına neden olmuş. Parçalar yeniden bir araya geldiğinde Ay oluşmuş. Bu, Ay'ın oluşumunu en iyi açıklayan senaryo. Yeryüzüne oluşumundan yaklaşık 50 milyon yıl sonra çarpan ve Ay'ı oluşturan cismin Mars boyutlarında olduğu tahmin ediliyor.

O zamandan bu yana, gezegenimiz çeşitli boyutlarda göktaşlarının hedefi olmuş. Gezenimizin oluşumundan sonra yaklaşık birkaç yüz bin yıl boyunca, yeryüzünün çok yoğun bombardıman altında olduğu; ancak, günümüzden yaklaşık 3,8 milyar yıl öncesinden bu yana, çarpışma sıklığının hemen hemen kararlı bir düzene oturduğu tahmin ediliyor.

Gökbilimciler ve yaşamın yeryüzündeki gelişimini inceleyen astrobiyologlara göre, yeryüzüne çarpan kuyruklu yıldızlar ve asteroidler olmasaydı, yaşam belki de hiç gelişemeyecekti. Su, çeşitli hidrokarbonlar ve elementlerin "gökten düştüğü" düşüncesi yaygın. Durum bir yandan böyleyken, bir yan-

dan da yine gökten düşen bu taşlar yüzünden canlılar dönem dönem ciddi yok oluşlarla karşı karşıya kalmış. Ancak, 10-15 km çaplı cisimlerin yeryüzüne çarpmasıyla meydana gelen bu yıkımlar jeolojik anlamda düşününce epeyce sık, ortalama 100 milyon yılda bir gerçekleşmiş. Elbette bu insan yaşamıyla, hatta tüm insanlık geçmişiyle kıyaslandığında çok uzun bir süre. Yaşam ortaya çıktığından bu yana, yaklaşık 45 kez toplu yok oluş meydana gelmiş.

Dünya yakınındaki cisimlerin yaratabileceği etkiler, Louis ve Walter Alvarez'in 1980 yılında dinazorları yeryüzünden silen olayın bir kuyruklu yıldız çarpması olduğunu öne sürmesiyle gündeme geldi. Bunun mümkün olup olamayacağı bilim çevrelerinde tartışılırken, 1990 yılında, bu olaya yol açtığı düşünülen bir çarpışma krateri, Meksika'nın Yukatan Yarımadası yakınlarında keşfedildi. Günümüzde, bu kraterin 65 milyon yıl önce çarpan yaklaşık 12 km çaplı bir asteroidin ürünü olduğu ve dinazorlar bir yana, yeryüzündeki tüm canlı türlerinin %75'ini yok edecek küresel bir felakete yol açtığı düşünülüyor.

Bir zamanlar yeryüzün hâkimi olan dinazorları yeryüzünden silen olayın keşfedilmesi, günümüzde araştırmacıların bu olaylara daha fazla eğilerek, yeryüzünün geçmişinde başka ne gibi benzer olaylar gerçekleştiğini bulmaya yöneltmiş durumda. 1993'te keşfedilen ve bundan bir yıl sonra herkesin gözü önünde parçalar halinde Jüpiter'e çarpan Shoemaker-Levy Kuyruklu Yıldızı,

# Torino Ölçeği

Torino ölçeği, asteroidler ve kuyruklu yıldızlardan oluşan Dünya'ya yaklaşan gök cisimlerinin oluşturacağı riski ifade etmek için oluşturulmuş bir ölçek. MIT (Massachusetts Araştırma Enstitüsü) gezegenbilimcilerinden Richard Binzel tarafından icat edilen bu ölçek, çarpışma sonucunda meydana gelebilecek olayları içeren 10 farklı düzeyde risk değerlendirmesi içeriyor. Bu, depremler için kullanılan Richter ölçeğine de benzetilebilir.

Torino Ölçeği, adını Uluslararası Astronomi Birliği'nin bu konudaki çalışma grubunun 1999 yılındaki toplantısının yapıldığı yer olan İtalyan kenti Torino'dan alıyor. Her ne kadar bu ölçek insanları korkuttuğu için eleştirilse de, göre toplumu bilgilendirdiği ve araştırmacılar için ortak bir risk değerlendirme ölçeği olduğu için yaygın olarak kabul görmüş durumda.

Günümüze kadar bu ölçeğe göre en yüksek risk grubuna girmiş göktaşı Apophis. Yeni keş-

fedildiğinde, bu göktaşının yeryüzüne çarpma olasılığı %2 olarak hesaplanmıştı. Bu da onu 4. seviyeye yerleştirmişti. Ancak, sonradan yapılan dikkatli gözlemler ve hesaplamalar sonucunda, risk 2006 yılında 1. seviyeye kadar düştü. Şimdiye, 0 olarak değerlendiriliyor.

Günümüzde Torino ölçeğinde "0"dan yüksek riske sahip yalnızca bir göktaşı var. 1950 DA olarak adlandırılan bu göktaşı, keşfedildiği 1950 yılından bu yana izleniyor. Bu nedenle, yörüngesi çok duyarlı bir şekilde hesaplanmış durumda. Yörünge parametrelerine bakarak, onun yüzyıllarca sonra bile nerede olacağını söylemek mümkün. Bu hesaplara göre, 1950 DA 2880 yılında 300 de 1 olasılıkla Dünya'ya çarpacak. Ne var ki, 1950 DA'nın Torino ölçeğindeki durumu tartışmalı. Çünkü 900 yıl içinde asteroidin ne gibi etkiler altında kalacağını tahmin etmek kolay değil. Gezegenbilimciler, zaman içinde bu göktaşının risk değerinin sıfıra yaklaşacağını düşünüyorlar. Nitekim hiçbir asteroidin yörüngesi bu kadar uzun zamanlı olarak hesaplanıp Torino ölçeğine yerleştirilmiş değil.

bir kozmik atış poligonunda yaşadığımızı bize bir kez daha gösterdi.

Peki, ne büyüklükte bir cisim bizi tedirgin etmeli? Bu büyüklükteki bir cisimle bir gün karşı karşıya gelme sıklığımız ne? Son 15 yıldır araştırmacılar bu soruları yanıtlamaya çalışıyorlar. Depremler, kasırgalar, tsunamiler gibi doğal afetlerle sık sık karşılaşılıyor ve bunların neden olabileceği yıkımı yaşayarak öğrendik. Ya göktaşı çarpmaları? Madem bunlar da olağan birer doğa olayı; peki neden insanlık tarihi boyunca böyle bir olayla karşılaşmadık?

Bunun yanıtı, "şansımızdan" olabilir. Aslında soru da tam olarak doğru değil, çünkü, küçük çaplı olaylar insanlık tarihinde biliniyor. Bunlardan görece yenisi, "Tunguska olayı" denen ve 1908'de meydana geldikten sonra çok uzun süre aydınlatılmayan olayın, yaklaşık 50 metre çaplı bir asteroidin yerden 6-7 km yükseklikte patlamasıyla oluştuğu sanılıyor. Sibiry'a da pek fazla insanın bulunmadığı, ormanlık bir alanda gerçekleşen bu olay, insanlık tarihi boyunca gerçekleştiği bilinen ender olaylardan biri. Tunguska olayı sırasında, yaklaşık 2000 kilometrekarelik alanda bulunan tüm ağaçlar yerle bir olmuştu. Eğer bu olay günümüzün büyük kentlerinin birinin üzerinde meydana gelseydi, milyonlarca insanın ölümüne neden olabilirdi. Bu büyüklükteki bir asteroidin yeryüzüne çarpma olasılığının yaklaşık 1000 yılda bir olduğu düşünülüyor.

Dünya için tehlike yaratabilecek göktaşları üzerine çalışan bilim adamları, çok küçük olasılıklarla uğraşıyorlar. Çünkü görece yakınımızdan geçen göktaşları için bile çarpışma olasılığı çok düşük. Genelde milyonda birden daha fazla olmuyor. Ancak, 2004'te keşfedilen ve 2004 MN4 olarak adlandırılan asteroid, yörüngesinin hesaplanmasıyla, 2004 sonunda aniden gündeme geldi. Çünkü bu asteroid, 2029 yılında gezegenimize, onun çevresinde dolanan haberleşme uydularından bile daha fazla yaklaşacaktı. 2036 yılında yapacağı bir sonraki yakın geçişteyse, 45.000'de bir olasılıkla Pasifik Okyanusu'nda California açıkları ile Orta Amerika arasında bir yere düşeceği hesaplanıyor.

2004 MN4, olası en tehlikeli gök cisimi unvanını elde edince, ona Mısır'ın kötülük tanrıçasının adı olan "Apophis"

Risk	Sınıflandırma
Zararsız	0. Çarpışma olasılığı yok ya da ihmal edilebilecek kadar küçük. Atmosferde yanacağı için yüze çarpma olasılığı bulunmayan ya da çok küçük olan cisimler de bu sınıfa girer.
İzleme gerektiren durumlar	1. Çarpışma olasılığı çok düşük. Önümüzdeki on yıl içinde rasgele bir cismin yere çarpma olasılığıyla benzer. Risk, toplumu bilgilendirmeye değmeyecek kadar düşük. Dikkatli gözlemler sonucunda, büyük olasılıkla çarpışma olasılığı ortadan kalkacaktır.
Dikkatle izleme gerektiren durumlar	2. Görece yakın, ama pek de olağandışı bir yakınlaşma değil. Çarpışma olasılığı çok düşük. Dikkatli gözlemler sonucunda, büyük olasılıkla çarpışma olasılığı ortadan kalkacaktır. 3. Çarpışma olasılığı en azından %1 ve çarpışma gerçekleşirse en azından yerel düzeyde yıkıma neden olabilecek derecede. Eğer yakınlaşmaya on yıldan az süre varsa, toplumu ve gerekli kurumları bilgilendirmek gerekebilir. 4. Çarpışma olasılığı en azından %1 ve çarpışma gerçekleşirse bölgesel yıkıma neden olabilecek. Eğer yakınlaşmaya on yıldan az süre varsa, toplumu ve gerekli kurumları bilgilendirmek gerekir.
Endişe yaratan durumlar	5. Bölgesel ölçekte tahribata yol açabilecek yakın temas. Çarpışma olasılığının belirlenebilmesi için gökbilimcilerin cismi dikkatle izlemesi gerekli. Yakın temasa 10 yıldan az bir süre varsa, çarpışma olasılığına karşı birtakım planların yapılmaya başlanması gerekebilir. 6. Küresel ölçekte yıkıma yol açabilecek çarpışma tehdidi. Çarpışmanın gerçekleşip gerçekleşmeyeceğinin belirlenebilmesi için dikkatli gözlemlerin ve hesaplamaların yapılması gerekli. Yakın temasa 10 yıldan az bir süre varsa, çarpışma olasılığına karşı planlama yapılması gerekebilir. 7. Henüz kesinleşmemiş olmakla birlikte, büyük olasılıkla büyük bir cisimle, küresel ölçekte yıkıma neden olabilecek bir çarpışma gerçekleşecek. Çarpışmanın gerçekleşip gerçekleşmeyeceğinin kesin olarak belirlenebilmesi için dikkatli gözlemlerin ve hesaplamaların yapılması gerekli. Çarpışma olasılığına karşı planlama yapılması gerekir.
Çarpışma kesin	8. Yerel ölçekte yıkıma yok açabilecek kapasitede bir çarpışma. Bu türden çarpışmalar, yeryüzünün herhangi bir yerinde her 50 ila 1.000 yıl arasında gerçekleşiyor. 9. Bölgesel ölçekte yıkıma yok açabilecek kapasitede bir çarpışma. Bu türden çarpışmalar, yeryüzünün herhangi bir yerinde her 1.000 ila 100.000 yıl arasında gerçekleşiyor. 10. Küresel ölçekte yıkıma yok açabilecek kapasitede bir çarpışma. Bu türden çarpışmalar, yeryüzünün herhangi bir yerinde her 100.000 yılda bir ya da daha seyrek gerçekleşiyor.



“Tunguska olayı” denen ve 1908’de meydana geldikten sonra çok uzun süre aydınlatılmayan olayın, yaklaşık 50 metre çaplı bir asteroidin yerden 6-7 km yüksekse patlamasıyla oluştuğu sanılıyor. Bu fotoğraf, olaydan sonra çekilen ilk fotoğraflardan biri.

his” denmeye başlandı. Apophis, her ne kadar dinazorları yok eden göktaşı gibi küresel bir yıkıma neden olamayacak kadar küçük olsa da, büyük bir nükleer bombanın yapacağı etkiyi yapabilir. Uzunluğu yaklaşık 350 metre olarak hesaplanan Apophis, eğer bu çok küçük olasılık gerçekleşirse, saatte 45.000 km hızla atmosfere girecek. Atmosferde ısınan göktaşı, Güneş kadar parlak hale gelecek. Ya yeryüzüne ulaşmadan havada patlayacak, ya da yere düşecek ve büyük bir krater (ya da dev bir tsunami) oluşturabilecek. Eğer Apophis büyük bir şehre düşer ya da yakınında patlarsa, tüm şehirlerle bir olabilir.

Apophis, Güneş Sistemi’nde başboş gezinen milyonlarca asteroidten yalnızca biri. Bilimadamları, keşfettikleri asteroidleri dikkatle izliyorlar. Şimdilik, hiçbiri önlem alınmasını gerektirecek derecede bir tehdit oluşturmuyor. Ancak örneğin, görece yeni keşfedilen 2007PA8, 3 km’den büyük çapıyla insanların çoğunu yeryüzünden silecek kapasitede. Neyse ki, bu göktaşının yeryüzüne çarpma olasılığı yok denecek kadar küçük. Buna karşılık, o kadar tehlikeli olmayan küçük asteroidlerin sayısı çok daha fazla. Gezegenbilimciler, yaklaşık 50 metre çaplı (Tunguska olayına neden olan göktaşı kadar) bir asteroidin, yaklaşık her 1000

yılda bir atmosfere girdiğini düşünüyorlar. 2004 yılında, Apophis dikkatleri üzerine toplamadan hemen önce, 2004 FH olarak adlandırılan Tunguska göktaşı benzeri bir göktaşı, bilim adamlarını heyecanlandırdı. Çünkü yörüngesi iyi bilinmeyen bu göktaşı, başlangıçta tam olarak Dünya’ya geliyor gibi görünüyordu. Ancak, acilen yapılan hesaplamalar herkesin içini rahatlattı. Göktaşı, Dünya’ya çarpmayacaktı.

Bunun gibi birkaç yanlış alarm, uzay araştırmalarına önem veren bazı ülke yönetimlerinin dikkatini çekti ve konuyu gündeme alarak bu alanda çalışan bilim adamlarını desteklemeye karar verdiler. ABD hükümeti, NASA’ya görev vererek 2020 yılına kadar, tehlike yaratabilecek nitelikteki tüm göktaşlarının %90’ının saptanması koşulunu getirdi. Yalnızca ABD değil, ESA’nın (Avrupa Uzay Ajansı) da bu konuda çeşitli hazırlıkları var. Hatta, olası bir çarpışmaya engel olmak için alınabilecek önlemler konusunda çalışmalar yapıyor. Bu, gezegenimizi savunmak için resmi olarak başlatılmış yapılan ilk ciddi çalışma.

Amerikalı eski astronot Russell Louis Schweickart’ın başında olduğu bir grup, yalnızca ülkelerin değil, Birleşmiş Milletler’in de olası bir çarpışmayı önlemek için küresel çapta hazırlanmaları gerektiğini düşünüyor.

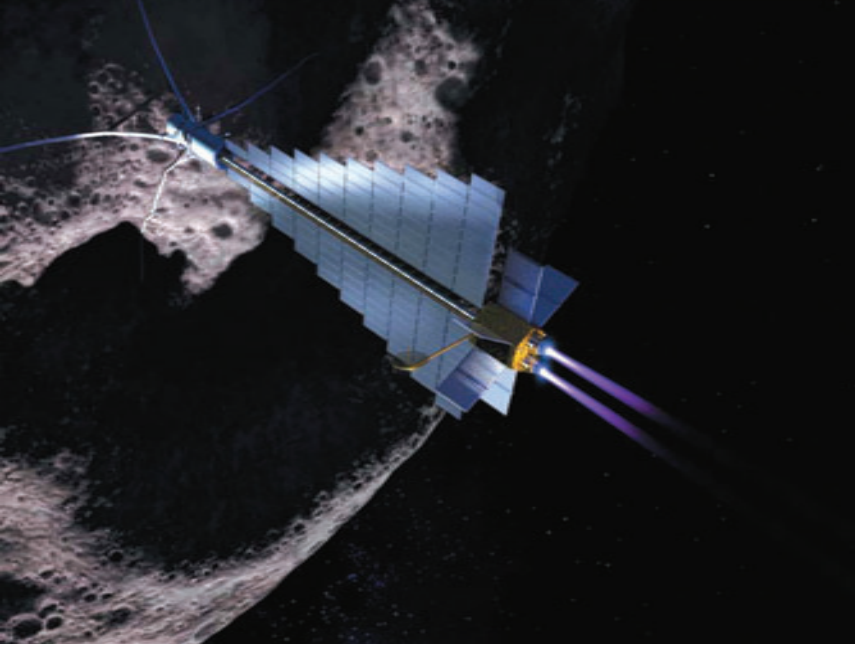
Schweickart, bir kozmik atış poligonunda yaşadığımızı, ama insanlığın artık böyle bir tehlikeyi bertaraf edebilecek düzeye geldiğini söylüyor. Ona göre bu, otomobillerin geçtiği yoldan karşıya geçmeye benziyor. Karşıya geçerken ya gözünüzü kapatıp neyin size çarpacağını bilemezsiniz, ya da size çarpmak üzere yaklaşan bir cismi görüp önleminizi alırsınız.

İnsanoğlunun kısa geçmişinde büyük bir çarpışma gerçekleşmediği için, çoğu insan Güneş Sistemi’ni sakin ve güvenli bir yer olarak düşünüyor. Günümüzde durum tam olarak böyle olmasa da, geçmişte hiç değildi. Ne var ki, sistemdeki gezegenlere ve uydularına baktığımızda, bu bize tam tersini söylüyor. Yeryüzünde de, ortaya çıkarılan eski çarpışma kraterleri bunu doğruluyor. Jeologlar çarpışmaları ve geriye bıraktıkları izleri tespit ederken, biyologlar da bu olayların yeryüzündeki yaşamı nasıl etkilediğini, birçok türü nasıl ortadan kaldırdığını anlıyorlar. Günümüzde, yine de gökyüzüne baktığımızda, Güneş Sistemi sakin bir yer olarak görünüyor. Ancak, teknoloji ilerledikçe, gökyüzüne daha güçlü teleskoplarla ve gözlem araçlarıyla baktığımızda, bu göktaşlarının hepsinin sakin bir şekilde Mars ile Jüpiter arasındaki yörüngelerinde dolanmadığını görebiliyoruz.

NASA, Apophis’in keşfinden sadece birkaç ay önce, asteroidlerin yapısını ortaya çıkarmak için NEAR uzay aracını fırlattı. (Eugene Shoemaker’in ölümünden sonra aracın adı NEAR-Shoemaker olarak değiştirildi.) 2000 yılında Eros’a ulaşan araç, yaklaşık bir yıl boyunca asteroidin çevresinde dolandıktan sonra, Eros’un yüzeyine düşürüldü. Bu düşüş öncesinde araç, yeryüzüne çok sayıda görüntü yollamayı başardı. Bu, asteroidleri tanıma yolunda atılan ilk adımlardan biriydi. Eros’un yüzeyi, bol kraterli yapıda ve jeolojik bir bulmacayı andırıyordu.

## Asteroid Saptırma Stratejileri

Hemen her türlü savunma stratejisi, çarpışmanın yıllar öncesinden bilinmesini gerektiriyor. Gökyüzünden gelebilecek bir tehlikeye karşı yapılması gerekenler düşünülünce akla ilk gelen,



Bilim adamlarından ve araştırmacılardan oluşan B612 ekibi, olası bir çarpışmayı engellemek için bir proje hazırlamış durumda. Buna göre, Dünya'yla çarpışacak olan asteroide bir araç yollanacak. Bu araç, dönme eksenlerinin olduğu iki kutuptan birine tutunacak. Ardından, asteroidin dönme eksenini istenen doğrultuya getirdikten sonra onu itecek. Grubun öncelikli amacı, 2015 yılına kadar kendine bir asteroid bulup bu yöntemi onun üzerinde denemek.

ona sahip olduğumuz en güçlü silahlar olan nükleer silahlarla saldırmak oluyor. Günümüzün en güçlü nükleer silahlarının bile, 1 km çaplı bir asteroidi parçalamaya ayırmak pek de tercih edilecek bir şey olmayabilir. Çünkü, bu boyuttaki bir asteroid parçalandığında belki küresel çapta olabilecek bir yıkım önlenmiş olur, ama, ortaya çıkacak ve çapı 35 metreden büyük çok sayıda parça atmosfere girerek görece küçük boyutta ama birçok yerde birden yıkıma neden olabilir. Bu nedenle, son anda fark edilen büyük bir göktaşını parçalamak zorunda kalmazsak, bu stratejinin uygulanması sağlıklı sonuçlar vermeyecektir.

Nükleer silahların kullanımına dayalı bir başka strateji, asteroidin yakınlığında (ancak onu parçalamayacak kadar uzakta) gerçekleştirilecek bir dizi patlamayla onu yörüngesinden saptırmak. Buna, "nükleer atma itkisi" deniyor. Asteroiti bir nevi "tokatlayarak" üzerinde küçük ama tekrarlayan bir kuvvet yaratılmış oluyor. Bu senaryo, 1967 yılında MIT'de öğrencilerin oluşturduğu ve adına "Icarus Projesi" denen bir projeden esinleniyor. Icarus Projesi, bu konuda yapılmış ilk filmlerden biri olan Meteor'a da ilham vermişti.

ESA'nın (Avrupa Uzay Ajansı) res-

men geliştirmekte olduğu savunma projesi, asteroide bir başka cisim çarptırarak, onu yörüngesinden saptırmayı amaçlıyor. Buna göre, çarpan cismin sahip olduğu momentum asteroide aktararak, onun yörüngesi değiştirilir. Don Quijote (Don Kişot) adı verilen proje, tasarlanan ve gerçekleştirilen ilk proje olacak gibi görünüyor. ESA'nın Apophis'i baz alarak yaptığı canlandırma, 1 ton'dan daha küçük kütleli basit bir aracın bile, bu göktaşını yörüngesinden istenen ölçüde saptırmak için yeterli olacağını gösterdi. Basitliği ve işlevselliği düşünüldüğünde, çok büyük olmayan ve sağlam yapıdaki asteroidler için, bu stratejinin en verimli strateji olduğu düşünülüyor.

Bütün senaryolar asteroidi patlatmak, bombalamak, ya da ona çarpmaya dayanmıyor. Çeşitli yöntemlerle, onun yörüngesini yavaş yavaş değiştirecek senaryolar da üretiliyor. Çarpışma uzun zaman (örneğin birkaç yıl) öncesinden belliyse, bu yöntemlerin kullanılması çok daha güvenli. Bunlardan biri, Edward Lu ve Stanley Love adlı iki astronot ve araştırmacı tarafından öne sürülen ve asteroide yaklaşan bir uzay aracının kütleçekiminden yararlanarak onu yörüngesinden saptırmaya dayanıyor. Buna göre, kütlece büyük insansız bir uzay aracı, asteroidin yakınında uçarak aralarındaki kü-

çük de olsa kütleçekimi yardımıyla onu yavaş yavaş yolundan saptıracak. Bunun için, çok küçük miktarda itkinin yeterli olacağını öne sürüyorlar. Proje tasarımcıları, bu yöntemin ötekilere göre üstünlüğünün, roketin asteroidin sahip olduğu dönmeden etkilenmemesi olduğunu savunuyorlar. Aradaki tek bağ kütleçekimi olduğundan, araç asteroid yakınında istenen konuma getirilebilme serbestliğine sahip.

Bilim adamlarından ve araştırmacılardan oluşan ve maddi bir kazanç sağlamaksızın "Dünya'yı kurtarmak" amacıyla kurulan B612 Vakfı, gökyüzünden gelebilecek bir tehlikeye karşı yetkilileri ve toplumu bilinçlendirmek ve çözüm üretmek amacıyla kurulmuş. Grup, gezegenimizi tehdit edebilecek olası bir göktaşını yörüngesinden saptırarak zararsız hale getirebilecek bir proje üretmiş.

B612'nin önerisi şöyle: Dünya'yla çarpışacak olan asteroide bir araç yollanacak. Bu araç, dönme eksenlerinin olduğu iki kutuptan birine tutunacak. Ardından, asteroidin dönme eksenini istenen doğrultuya getirdikten sonra onu itecek. Bu, çok kuvvetli bir itki olmayacak. Ancak, uzun süreli olduğundan aylar, belki de yıllar içinde asteroid Dünya'dan geçen yolundan saptırılmış olacak.

Bu plan, ötekilere göre daha az karmaşık görünüyor. Sonundaysa asteroid parçalanmadığı ve güvenli bir mesafeden geçecek şekilde itildiği için temiz bir iş çıkarılmış oluyor. Günümüzde, uzay araştırmalarının geldiği noktada, Böyle bir aracı fırlatma ve asteroidin istenen bölgesine indirmek için gereken tüm deneyim ve bilgi mevcut. Buradaki en önemli bilmece, aracın asteroide nasıl tutunacağı ve ne tip bir itki mekanizması kullanılacağı.

Şimdi B612'nin amacı, 2015 yılına kadar, kendilerine bir asteroid bulup projeyi onun üzerinde denemek. Bunun için uygun bir asteroid seçilmeye çalışılıyor. Elbette, gerçekte gezegenimize çapacak asteroidi seçme lüksümüz olmayabilir. Ancak, bu sınırlı bütçeye sahip bir proje olduğundan, sonucun daha düşük maliyetle ve daha kısa zamanda elde edilebileceği bir hedef seçilecek. B612 ekibi, hedefi seçerken deneme için kullanacakları asteroidin dünya'ya yakın geçen bir asteroid olmayacağını bildiriyor. Ne de olsa bir

hata durumunda bu asteroidi gezegenimize için tehlikeli hale getirmek istemiyorlar.

İster B612, ister öteki stratejiler için olsun, düşmanı iyi tanımak çok önemli. En büyük bilinmezlerden biri, onların yapısal dayanıklılıkları. Gözlemlerden anlaşıldığı kadarıyla bu göktaşlarının birçoğu sağlam birer kaya olmaktan çok, kütleçekiminin bir arada tuttuğu yığınlardan oluşuyor. Bu nedenle araştırmacılar onlara “moloz yığını” da diyorlar. Özellikle, 150 metreden büyük çaplı asteroidler bu yapıda. Yani, daha küçük olanlar (aynı zamanda sayıca daha kalabalık olanlar) daha sağlam yapıdadılar.

B612 ekibi, stratejilerini denemek için zor olanı, yani çapı 200 metre civarında olan bir asteroidi seçmeyi düşünüyor. Böyle bir moloz yığınının dönme ekseninin yönünü değiştirip ardından da onu hızlandırmayı başarırlarsa, öteki hedefler onlara çocuk oyuncağı gibi gelecektir. Çünkü böyle bir moloz yığını oluşturulan parçalar, çok düşük kütleçekimi kuvvetleriyle bir arada durduğundan en küçük etkilerle bile dağılabilirler.

B612 projesini üreten ekip, bunun tamamen deneme amaçlı yapılacağını ve asıl amacının gerçek bir tehlikeyle karşı karşıya kaldığımızda, dinazorlar gibi kaderimize razı olmak yerine, bir şeyler yapacak bilgi ve teknolojiye sahip olduğumuzu göstermek olduğunu belirtiyor.

Bunlar yanında, gökyüzünden gelebilecek davetsiz misafirlere karşı düşünülen başka karşılama stratejileri de var. Örneğin, asteroidin belli bir bölgesi lazer ya da dev aynalarla buraya odaklanan Güneş ışığı yardımıyla ısıtılabilir. Bu, asteroidi parçalamayacak düzeyde bir dizi küçük nükleer patlamayla da sağlanabilir. Böylece yüzeyde meydana gelecek buharlaşma, bir roket motoru gibi asteroide bir itki sağlar. Stratejinin iyi yanı, asteroide doğrudan temas gerektirmemesi. Ancak, bu görevi yapacak aracın konumunu korumak için çok fazla yakıt gereksinimi olacak. Ayrıca, asteroidin tam olarak bu çabalara ne gibi tepki vereceğini kestirmek çok zor. Bunun için, yapısının önceden çok iyi bilinmesi gerekiyor.

İşin basıncından yararlanmak bir başka seçenek. Asteroite gönderilen



Tehlikenin farkına varan ve uzay programına sahip ülkeler ve uzay ajansları, gezegenimize yaklaşan göktaşlarını incelemek üzere çeşitli projeler başlattılar. 2000 yılında Eros'a ulaşan NEAR-Shoemaker bunlardan biri.

bir araç, asteroidin yüzeyini yansıtıcılığı çok yüksek bir maddeyle kaplar. Daha doğrusu onu baştan aşağı boyar. Bu, güneş ışınlarının yüzeyden yansıma oranını artıracığı için, asteroidin üzerinde görece daha yüksek bir ışıma basıncı oluşturur. Asteroitin nasıl boyanacağı başlı başına sorunken, bu şekilde yörüngesinin değişmesi çok uzun zaman alacaktır.

Çoğu bilim adamı, gökyüzünden gelecek bir tehlikeye hazırlıklı olmak adına, gerekli teknoloji ve yöntemlerin hazır olması gerektiğini savunurken, Carl Sagan “Pale Blue Dot” adlı kitabında “tedavinin hastalıktan daha zararlı olabileceğini” öne sürüyor. Bu teknolojinin yanlış ellere geçtiğinde gerçekte tehlikeli olmayan göktaşlarının da insan eliyle tehlikeli hale getirilebileceği uyarısında bulunuyor. Bu nedenle de gerekli teknolojinin yalnızca gerçek bir tehlike ortaya çıktığında üretilmesinin daha doğru olacağını savunuyor. Ancak bir yandan da, insanların nükleer silahlar gibi kitle imha silahlarını birbirlerine karşı kullanmak üzere üretmek yerine, tüm insanlığı tehdit eden böyle bir “düşman” için, kullanmanın insan türünün devamını sağlayabileceğini düşünüyor.

Kuyrukluysıldızları yörüngelerinden çıkarmak, asteroidleri çıkarmaktan çok daha zor. Gerçekte sayıları çok daha fazla olmasına karşın asteroidlere kıyasla, çok daha az sayıda kuyrukluysıldız biliniyor. Çünkü bu cisimlerin

sistemin içlerine gelenlerinin sayısı çok fazla değil ve zamanlarının çoğunu onları göremeyeceğimiz kadar uzaklarda geçiriyorlar. Güneş'e doğru, bu kadar uzaktan “düşükleri” için de, sistemin içlerine yaklaştıklarında asteroidlere göre çok daha yüksek hızlara ulaşıyorlar. İşte bu nedenle, tam olarak üzerimize doğru geliyor olsalar bile, keşfedildiklerinde onları yollarından saptırmak için yeterli zaman bulamayabiliriz. Neyse ki, Dünya'ya yaklaşan kuyrukluysıldız sayısı asteroidlere göre çok daha az. Öyle ki, bir kuyrukluysıldızın gezegenimize çarpma olasılığı, bir asteroidinkinin %1'inden bile az.

Şimdilik, hiç kimse bir göktaşının bize doğru gelip gelmediğini tam olarak bilmiyor. Yalnız, tehlikenin farkına varmış bir nesil olarak, önlemlerimizi almaya başladık. Şimdi, yakınımızdaki göktaşlarının %65'ini tanıyoruz. Her geçen gün bu oran yükseliyor. Ancak, daha önce de değindiğimiz gibi, bu “olup olmama” değil, yalnızca zaman meselesi. Ne zaman olacağını bilmiyoruz ama bir gün mutlaka olacak. Ama biz de o gün buna hazır durumda olacağız gibi görünüyor.

Alp Akoğlu

Kaynaklar  
Lawler, A., What To Do Before the Asteroid Strikes, Discover, Ekim 2007  
Sagan C., Pale Blue Dot, First Ballentine Books, 1997  
Schweickart, R.L., Hut, P., Chapman, C.R., The Asteroid Tugboat, Scientific American, Kasım 2003  
Tyson, P., Cometbusters, Technology Review, Şubat/Mart 1995  
[http://www.esa.int/SPECIALS/NEO/SEMZRZNVGJE\\_2.html](http://www.esa.int/SPECIALS/NEO/SEMZRZNVGJE_2.html)  
<http://neo.jpl.nasa.gov/>  
<http://www.b612foundation.org>