

UZAYDA MADENCİLİK MÜMKÜN MÜ?

Geçtiğimiz ay gazetelerde yayınlanan bir habere göre; ABD Başkanı Barack Obama, ABD vatandaşlarına ve ülkede kayıtlı özel şirketlere göktaşı madenciliğinden elde edilecek kaynakların özel mülkiyeti ile kullanımı hakkını güvence altına alan ve uzayın ticari keşfi için teşvik sağlayan yasayı onayladı. Bu yasaya göre, ABD Başkanı Obama, göktaşı madenciliğinin özelleştirilmesini ve şirketlerin devletten uzmanlık hizmetinin yanı sıra teşvik almasını onaylamış oldu. Bu yasa ile özel şirketler gök cisimlerinden çıkaracakları doğal kaynakların mülkiyet ve kullanım hakkına sahip olacak.

Ticari Uzay Faaliyetleri Rekabet Kanunu (HR 2262) adı verilen yasaya göre, ABD hükümeti kuracağı komisyonlar ve Ulaştırma Bakanlığı aracılığıyla göktaşı madenciliğini aktif bir şekilde desteklenecek. Bakanlık nezdinde kurulacak uzman ekipler, söz konusu şirketlerin madencilik yöntemlerini iyileştirme ve giderleri en aza indirme adına raporlar sunacak. Yasada yer verilen uzay kaynakları (space resources), göktaşlarında bulunan altın, platin gibi nadir ve pahalı madenlerin yanı sıra, karbon ve su kaynaklarını da kapsayacak. Yani herhangi bir gökcisminde bulunacak kaynaklar, özel şirketler tarafından "ilk bulanındır" mantığı esas alınarak çıkarılıp kullanılabilir ya da Dünya'ya taşınıp satılabilir.

Birleşmiş Milletler'in 1967 tarihli anlaşmasına göre aralarında Türkiye'nin de olduğu 102 ülkenin imzasıyla kabul edilen Dış Uzay'ın keşfi ve kullanımı tüm ülkelerin çıkarına olması gerekmektedir. Bu anlaşmada; tüm ülkeler bu konuda prensip olarak özgür ve eşit haklara sahip olduğu ve hiçbir birey ya da ülke, uzay cisimlerinin mülkiyeti üzerine hak iddia edemeyeceği belirtilmektedir. Uzayda bulunan bu cisimlerde kitle imha silahı barındırmak da uluslararası hukuka aykırıdır. Ayrıca Dünya'nın uydusu Ay üzerindeki tüm faaliyetler de barışçıl olmak zorundadır.

Birleşmiş Milletler tarafından kabul edilen ve bugüne kadar geçerli bulunan bu anlaşmaya aykırı olarak ABD Başkanı Obama'nın kabul ettiği yasada uzmanlara göre birçok muğlak ifadeler yer almaktadır. Bu yasa ile ABD'nin uzayda mülkiyet iddiasında bulunduğu, dolayısıyla Çin başta olmak üzere diğer birçok ülkenin tepkilerine ve iddialarına neden olacağını söylemektedir. Tasarının destekçileri ise Amerika'da 1860'larda bir yasa ile başlayan "Altına Hücum" (California Gold Rush) dönemi ve açılan altın madenleriyle Kaliforniya'nın canlanmasını dayanak olarak göstermektedirler.

Dünya'daki madencilikten farkı ne?

Geçtiğimiz yıllarda tüm Dünyanın gündeminde olan Avatar filminde insanların başka bir gezegene gidip oranın kaynaklarına sahip olabilmek için verdikleri savaşı izlemiştik. Eskiden hayal ettiğimiz çoğu şeyin günümüzde gerçekleşme fırsatını bulduğunu gördüğümüz bir çağdayız. ABD'nde yürürlüğe giren bu yasa ile Dünya'nın kaynakları bu kadar kısıtlyken insanoğlunun başka kaynak arayışlarına ve başka dünyalardaki doğal kaynaklara yönelmesine neden oluyor.

Dünya'daki birçok savaşın asıl nedenlerinin doğal kaynakların paylaşımı üzerine olduğu düşünüldüğünde, sınırlı rezervlere sahip olduğu bilinen birçok madenin başka

platformlarda aranması gayet doğal olduğu görülüyor. Göktaşlarındaki madenler, Dünya'daki nadir elementlerin en yoğun ve saf hâllerinde bulunabiliyor. Ayrıca Yerküre üzerindeki madencilik faaliyetleri, bulunduğu sınırlar içindeki ülkenin yasal denetimi altında yapılabilir.

Dünyada mevcudiyeti giderek azalan altın, gümüş, kobalt, manganez, molibden, demir, nikel, osmiyum, paladyum, platin, renyum, rodyum, rutenyum, tungsten ve nadir toprak elementleri gibi madenlerin uzayda asteroitlerde Dünya'dakinden çok daha fazla bulunduğu bilinmektedir. Uzmanlara göre modern endüstrinin ana elementleri olan antimuan, bakır, kalay, çinko, gümüş, kurşun ve altın gibi rezervler geliştirmekte olan ülkelerin artan tüketimine paralel olarak 50-60 yıl içerisinde dünya üzerinde tükenmiş olacak.¹ Geline bu noktada dünyada üretimi giderek azalan platinyum ve kobalt gibi değerli elementlerin asteroitlerden çıkartılıp dünyaya gönderilmesinin daha doğru bir yatırım olacağı ifade ediliyor.² Bundan dolayıdır ki ABD'nde yayınlanan bu yasanın hemen ardından NASA Gelişmiş Kavramlar Enstitüsü (NASA Institute for Advanced Concepts-NIAC), Kepler Enerji & Uzay Mühendisliği (Kepler Energy Space Engineering-LCC), Derin Uzay Endüstrileri (Deep Space Industries), Gezegen Kaynakları (Planetary Resources) gibi büyük şirketler uzay madenciliği için birbirleriyle yarışmaya başlamıştır.

Aslında adı geçen ekonomik ve teknolojik gelişimde önemli yer tutan bu elementler, dünyaya çarpan asteroit yağmurları ile gelmiş ve yer kabuğunun soğumasıyla oluşmuşlardır. Günümüzden yaklaşık dört milyar yıl önce yer kabuğu erimeye başladığında çekim kuvveti ile ağır siderofilik elementleri arzın merkezine doğru çekilmişlerdir. Böylece yer kabuğundaki değerli elementler çok azalmış veya tükenmişlerdir. Bu süre içinde asteroitlerin tekrar dünyamıza çarpmasıyla yer kabuğunda yeniden metaller ile dolmuştur.³

Asteoitlerden Maden Nasıl Çıkarılacak

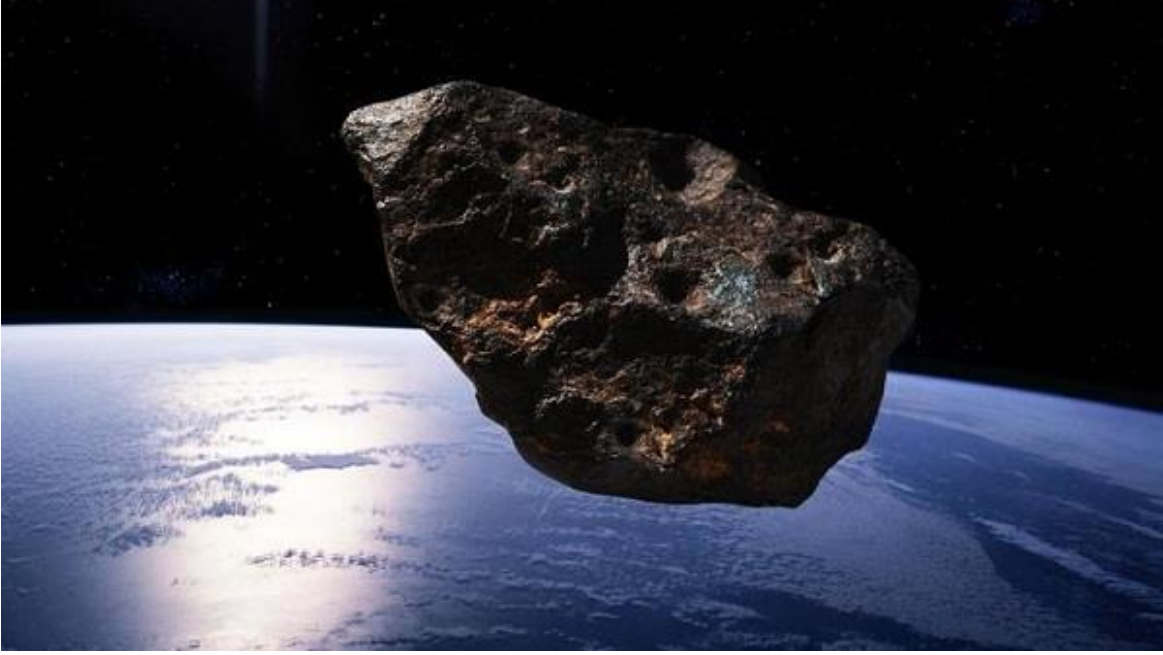
ABD'nde çıkarılan bu yasa ile birçok batılı maden şirketleri dünyadaki maden talanını artık uzaya taşıyacaklar. ABD Kongresi tarafından kabul edilen ve Amerikan şirketlerinin asteroitlerde buldukları doğal kaynaklar üzerinde hak iddia etmesine olanak sağlayan yeni yasanın Dünya tarihinin ilk trilyonelerini yaratacağı iddia ediliyor. Uzmanlar, çok uzak olmayan bir gelecekte insanlığın asteroitler üzerinde madencilik yapmaya başlayacağı ve yeni kaynakların dünya ekonomisinde büyük bir değişime neden olacağını söylüyorlar.

Uzayda madencilik yapılabilecek, daha doğru bir deyimle üzerinde bulunan doğal kaynakların dünyaya taşınabileceği 3 çeşit asteroit bulunmaktadır. Bunlardan C-tipi asteroitler, güneş sisteminde en çok bulunanlardır. C-tipi asteroitler karbon ve su içeren mineraller bakımından zenginlerdir. Ayrıca çok miktarda organik karbon, fosfor ve gübreleme amacıyla kullanılacak temel bileşenleri de barındırırlar. Bu asteroitlerde su bulunması gidecek olan uzay aracının yakıtını sağlayabilmesi için de uygun ortam oluşturmaktadır.

¹ <http://science.howstuffworks.com/asteroid-mining.htm>

² http://en.wikipedia.org/wiki/Asteroid_mining_s.1

³ http://en.wikipedia.org/wiki/Asteroid_mining_s.3



S-tipi asteroidler, kayalık yapıya sahiplerdir temel olarak demir ve magnezyum silikatları içerirler. Ayrıca yapılarında nikel, kobalt, platin, rodyum, altın bulundurlar. M-tipi asteroidler, nadir kayalardır. Ancak S-tipine kıyasla 10 kat daha fazla metal içerirler. Genellikle elektronikte kullanılan madenleri bünyelerinde barındırırlar.

Bu 3 tip asteroid de madencilik açısından birçok yöntemle işlenebilmesi söz konusudur. Bu asteroidlerde yüzey madenciliği yapılması durumunda toplama işlemini (conveying) gerçekleştirebilecek ekipmanla donatılmış araçlara ihtiyaç vardır. Birçok asteroidin yapısında moloz yığınları şeklinde cevherler vardır. Elektromanyetik sistemler kullanılarak, değerli metallerin toplanması kolayca mümkün olabilir. Kum içerisine karışmış demir tozlarına mıknatıs yaklaştırıldığında, sadece demir taneciklerinin mıknatısa yapışması sonucu kolayca bir ayırıştırma ve toplama işlemi prensibine dayalı sistemler tasarlanabilir.

Asteroidten maden çıkarmak için araçlar tasarlanmasıyla asteroidten çıkarılan cevher yerçekiminin az olmasından dolayı aynı gökçismi üzerinde bir noktadan başka bir noktaya kolayca nakledilebilecektir. Gidilen asteroid Dünya'dan epeyce uzakta olacak ve haberleşmek için kullanılan standart yollar birkaç dakika sürebileceği için kullanılması beklenen araç ya da ekipmanlar mutlaka otonom olmalı veya son derece yüksek bir otomasyon seviyesine sahip olmalıdır. Örneğin, Mars'a gönderilmiş keşif araçları komutlarını düzenli olarak Dünya'daki operatörlerden alsa da bu araçların da anlık şartlara uyum sağlamaları gerektiği için karar alma mekanizmalarındaki otonomluk seviyesi oldukça yüksek tutulmaktadır. Ancak madenciliğin zor koşulları nedeniyle insan desteği özellikle bakım ve onarım tarzı işlerde vazgeçilmez olacaktır.

Madenler Nasıl Getirilecek?

Uzmanlar asteroidlerde maden işletilmesine dair çok çeşitli seçenekleri birarada değerlendirmeye çalışmaktalar. Bu seçeneklerden ilki ve en yapılabilir olanı asteroidi parçalayıp, Dünya'ya getirerek burada işlenmesidir. İkinci ve belki biraz daha maliyetli olanı, madeni yerinde işlemek ve sadece işlenmiş ürünlerin Dünya'ya getirilmesidir.

Bu yöntemde en çok merak edilen konular arasında; işlenmiş madenleri taşıyacak olan uzay aracının ne kadar yakıtı ihtiyaç duyacağıdır? Ancak tüm bu seçeneklerden en ekonomik gözükeni ise üzerindeki madenlerin işleneceği asteroiti Ay, Dünya ya da uluslararası bir uzay istasyonunun yörüngesine getirip burada işlenmesi yöntemidir. Böylelikle en önemli maliyet kalemi olan ulaşım ve taşıma maliyetleri azalmış olacaktır.

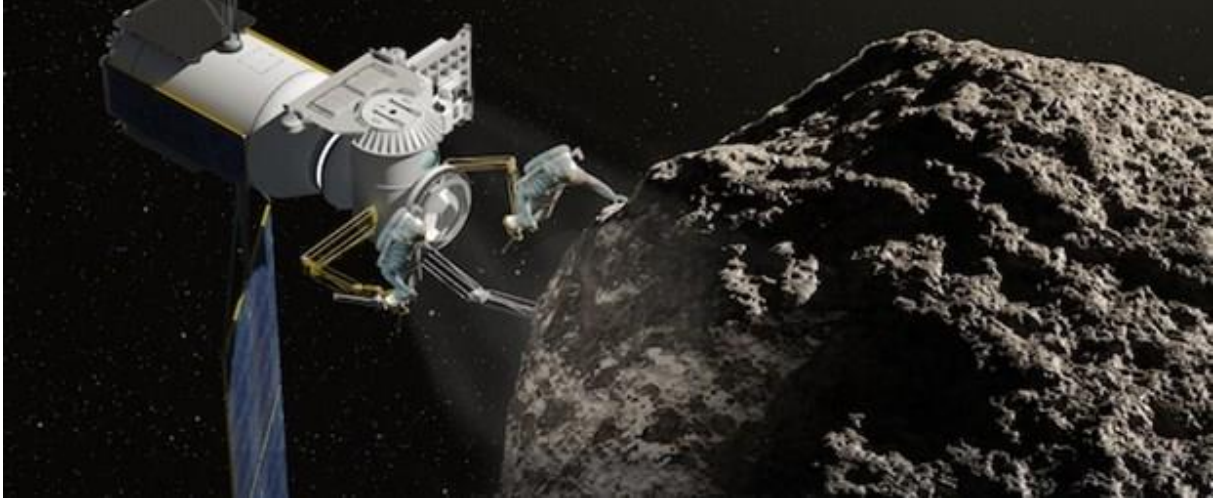


Yine bu uzmanlara göre asteroitlerdeki buz kitleleri, platinyum, paladyum, iridyum vb. gibi metaller sayesinde uzay mekikleri için yakıt elde edilebilecek. Böylece uzayda yakıt istasyonları kurularak, değerli metaller dünyaya taşınabilecek. Böylece belki de yıldızlar arası yolculuk için fırsat doğacak. Uzmanlar, her yıl gezegenimizin etrafında irili ufaklı 1.000 asteroit keşfedildiğini ifade ediyorlar. Bu asteroitlerin büyük çoğunda su, nikel ve metan gazı olduğu düşünülüyor. Metan gazı yakıtı dönüştürülebilir ve nikel de uzayda bileşen üretiminde kullanılabilir. Uzmanlar, yerkürenin etrafında bulunan 9.500'den fazla asteroitin çok önemli ve büyük bir kaynak olduğunu belirtiyorlar.

Yapılan hesaplama göre 500 tonluk bir göktaşına insansız uzay aracını gönderip, göktaşının yörüngesini değiştirerek dünyaya getirmek 6 ile 10 yıllık bir süre içinde gerçekleşebilir. Tüm bu operasyonun maliyeti ise 2.6 milyar dolar. Oysa ki değerli maden yönünden çok zengin olan göktaşlarından çıkartılacak olan demir, nikel, titanyum, altın, kobalt, manganez, paladyum, tungsten gibi madenlerin getirisi yakın bir gelecekte trilyon dolara ulaşabilecek. Boyu 1 kilometre olan ve üzerinde yoğun demir cevheri olduğu tespit edilen bir göktaşındaki madenin çıkartılması durumunda, dünyanın yıllık demir üretiminin 2-3 katı büyüklüğünde demir elde ediliyor. Daha da çarpıcı bir örnek ise NASA tarafından tespit edilen 16 Psyche göktaşı. Bu göktaşı üzerinde dünyanın tüm demir ihtiyacını milyonlarca yıl karşılayacak kadar demir olduğu biliniyor.

Uzay Madenciliğini Kimler Yapacak?

Geçtiğimiz yıllarda NASA Gelişmiş Kavramlar Enstitüsü (NASA Institute for Advanced Concepts-NIAC) "Robotic Asteroid Prospector" denen bir proje hazırladı. Eylül 2012'de başlatılan bu proje asteroid madenciliğinin pratik yolları, gereken teknolojiler, görev ve araç tasarımları üzerine bilgiler verirken, bir yandan da 2025'te NASA'nın bütçesinin bir kısmı ile yatırım yapılması halinde ilerleyen yıllarda bu yatırımın nasıl bir geri dönüşünün olacağı da hesaplanıyor.



Uzay madenciliği konusunda ilk girişimleri başlatan Kepler Enerji & Uzay Mühendisliği (Kepler Energy Space Engineering LLC), önümüzdeki on yıl içerisinde seçtiği küçük asteroidlere küçük delgi matkaplı robotlar göndererek Dünya'ya birkaç tonun üzerinde maden getirmeyi planlıyor. Derin Uzay Endüstrileri (Deep Space Industries) ise asteroidleri tabir yerindeyse avlamayı planlıyor. Şirketin prototip tasarımları arasında asteroide yerleşik yapılardan küçük boyutlardaki asteroidleri yutarak dünyaya indiren sistemlere kadar seçenekler bulunuyor. Deep Space, 3D teknolojisi kullanarak çıkarılan madenleri uzay ortamında işlemeyi planlıyor. Bu sayede uzay çalışmalarında giderlerin çok büyük kısmını oluşturan dünyaya iniş kalkış maliyetleri ortadan kalkabilecek. Deep Space Industries asteroidlerden tekrar uzay gemisi yapmak için maden çıkarmayı planlıyor. Maden arama robotları sayesinde uygun madenler tespit edilecek ve bu madenler çıkarılacak. Sonrasında ise 3-D uzay araçlarında işlenecek ve yeni robot uzay gemileri yapılabilir. Yani artık asteroid ya da uzay madenciliği başlıyor diyebiliriz.

Geçtiğimiz günlerde Deep Space Industries firması uzaydaki madencilik planlarını açıkladı. 2 set küçük uydu sayesinde maden araması yapılacak ve dünyaya yakın asteroidlerde hafif madencilik yapılacaktır. 2015 yılında başlayacak 25 kg'lık insansız uzay mekiği "FireFly" kolayca iletişim uydularına tutunarak yolculuk yapabilir. FireFly asteroidlerde 2 ay ile 6 ay arası çalışacaktır. Halen Dünya'nın yörüngesinde mi kalacağı ya da uzaklardaki asteroidlere gidip gitmeyeceği belli değildir. 2016'da ise daha büyük olan 31,7 kg'lık Dragon Flies yollanacaktır. Dragon Flies ise asteroidlere giderek 2 ile 4 yıl arasında numune toplayarak geri dönecektir. Bu mekik asteroidlerde bulunan madene bağlı olarak 20 ile 70 kg numune toplayarak geri dönebilecektir. Son olarak şirketin asıl amacına yeni geliştirdikleri ve "Micro Gravity Foundry" adını verdiği 3D teknolojisine uygun uzay mekikleri için parçalar üretecektir. Bu mekik nikel yüklü gaz sayesinde uzayda zenginleştirilmiş metal kütleleri oluşturabilecek. Şirket bu metal parçalarının geleneksel üretim metodlarından daha güçlü olacağını ve düşük erime noktasına sahip metalleri kullanacağını belirtiyor. Bu eşsiz dökümhane



sayesinde ister Mars görevi için olsun isterse de yeni uydular üretmek için gerekli metal parçalar üretilebilecek.⁴

Bu girişimlerden en ilginç ise Gezegen Kaynakları (Planetary Resources) adlı şirketten geldi. Bizzat Google'ın patronları Larry

Page ve Eric Schmidt, Titanic filminin yönetmeni James Cameron tarafından yatırım yapılan bu şirket, pastadan en büyük dilimi alacak gibi görünüyor. Planetary Resources, 2020 civarı uzayda bir yakıt tankı kurup asteroidlerden elde edilen buzu burada sıvı oksijen ve sıvı hidrojen olarak ayrıştırıp roket yakıtı haline getirip, ticari uydu ve uzay araçlarına ikmal yapmayı hedeflemektedir. Planetary Resources öncelikle asteroidlerin araştırılması ve tespit edilmesine odaklanıyor. Bunun için geliştirdikleri Arkyd 100 isimli uzay teleskopunu geçtiğimiz yıllarda yörüngeye yerleştirdiler. Şirket, değerli maden taşıyan bir asteroid tespit ettiğinde bunu Ay'ın yörüngesine çekerek burada işletmeyi düşünüyor. Ne yazık ki ilk test uyduları Arkyd, 28 Ekim 2014'te fırlatma sırasında patlayan Antares roketindeydi. Uzay endüstrisinde yatırımları bu şirketler kadar büyük olmasa da uzayı faaliyet alanı olarak tanımlayan 900'e yakın şirket mevcut.⁵

Amerikalı şirket Planetary Resources, on yıl içerisinde uzaydaki maden kaynaklarını çıkararak, Dünya'ya getirmeyi planladığını açıkladı. ABD'nin Seattle kentinde yapılan tanıtımda, şirketin kurucu üyelerinden Peter Diamandis, uzayın doğal kaynaklarla dolu olduğunu, kendilerinin bu kaynakları insanlığın hizmetine sunacaklarını söyledi. Anderson, asteroidler üzerindeki kaynakların keşfi için ilk makinelerin yapımının sürdüğünü belirterek, iki yıl içerisinde, özel bir uzay teleskobunun keşif ve fizibilite çalışmaları için fırlatılmaya hazır olacağını kaydetti. Öncü aracın Dünya'nın yakınında, hangi asteroidlerin kaynak çıkarmaya uygun olduğunu tespit edeceğini ifade eden Anderson, daha sonra bu göktaşlarına robotlar yollayacaklarını, bunların da kaynakları çıkartıp Dünya'ya göndereceğini bildirdi. Özellikle Dünya'da nadir bulunan platin ve su gibi kaynaklara yoğunlaşmak isteyen şirketin kurucu üyelerinden Anderson, suyun muhtemelen uzaydaki en kıymetli kaynak olduğunu söyledi.⁶

ABD Kongresinin aldığı bu kararlar önümüzdeki yıllarda uzayda her türlü maden arama ve çıkarma çalışmalarının da önü açılacak gibi görünüyor. Önümüzdeki 50 yılda ciddi enerji darboğazına girmesi beklenen küresel güçlerinin bu defa gözlerini uzaya çevirmesi bu endişeden kaynaklanıyor. Bu girişimlerin tümü Dünya dışı zenginlikler iddiasıyla uzaya dönük yeni bir "altına hücum" dönemi başlatıyor. Bu durum tıpkı Christof Columbus'un Ferdinand ve Isabella'ya Hindistan'ın baharat yolunu satmasına oldukça benzer bir durum.

⁴ <http://www.gercekbilim.com/2015-asteroitlere-maden-arama-robotlari-yollaniyor>

⁵ <http://www.planetaryresources.com>

⁶ <http://www.acikbilim.com/2013/10/dosyalar/cevheri-cok-uzaklarda-aramak-uzay-madenciligi.html>

Sonuç ve Değerlendirme

ABD'nde imzalanan ve Uzay Madenciliğinin yolunu açan yasanın hazırlayıcıları arasında öne çıkanlardan biri olan Texas eyaleti Cumhuriyetçi parti milletvekillerinden Lamar Smith, yasanın önemini şöyle anlatıyor; "Güneş Sistemimizin doğal kaynakları, insanlığın faaliyetleri açısından büyük bir potansiyele sahip. ABD'li ticari uzay şirketleri bu yönde ciddi yatırımlar yapıyor. Bu yasa yeni bir sanayi kolu ve gelecek neslin girişimcileri için rehber olacak."

Bingöl'ün Sarıçiçek köyüne 2 Eylül'de düşen göktaşının parçalarına yurtdışındaki bilim kurumları tarafından verilen yüksek fiyatlar, Türkiye'ye sektördeki kârı ispatladı. Sarıçiçek köylüleri günlerce göktaşı parçaları arayarak gramını 15-60 ABD doları arası fiyatlarla satmış, bazı şanslı kişiler borçlarını ödeyip üstüne araba alacak kadar gelir elde etmişti. Söz konusu gelirin vergilendirilmesi tartışma konusu olmuş, o zamanki Maliye Bakanı Mehmet Şimşek bireysel arama ve satış faaliyetlerinden vergi alınmayacağını açıklamıştı.

Bilindiği gibi asteroitler, yörüngeleri çoğunlukla Mars ile Jüpiter gezegenleri arasında kalan gök cisimleridir. Uzmanlara göre 1997 yılında, çapı 1,6 km olan küçük metalik bir asteroitte 20 trilyon dolardan fazla değerinde endüstriyel metal olduğu hesaplanmıştı. Daha küçük bir M-tipi asteroit iki milyar ton demir-nikel madeni içerebilir. Yine bu uzamanlar büyük bir asteroitten 100 trilyon dolarlık maden çıkarılabileceğini düşünmekte. 16 Psyche isimli asteroitin dünyamızın milyonlarca yıl ihtiyacını karşılayabilecek nikel ve demir içerdiğini düşünüyorlar.⁷

Deep Space Industries Başkanı David Gump, "her yıl gezegenimizin etrafında irili ufaklı 1.000 asteroit keşfediliyor. Büyük çoğunda su, nikel ve metan gazı olduğu düşünülüyor. Metan gazı yakıtla dönüştürülebilir. Nikel, uzayda bileşen üretiminde kullanılabilir" dedi. 20 milyon dolara mal olacak FireFly projesinin ardından 2016'da uzaya gönderilecek DragonFly uzay aracı, belirlenen asteroitlerden 23-45 kilogram arasında örnekler getirecek. Şirketin nihai hedefi, 2020'den sonra asteroitlerden yakıt ve değerli madenler elde edebilen bir robotik gemi filosuna sahip olmak. Gump, yerkürenin etrafında bulunan 9.500'den fazla asteroitin çok önemli ve büyük bir kaynak olduğunu da ifade ediyor.⁸

Göktaşlarından maden çıkartacak teknolojilerin yaygın olmamasına rağmen uzayda madencilik yarışının teknolojik imkânlar doğrultusunda yakın zamanda başlaması mümkün görünmemekle birlikte, aynı maden üzerinde iki ülkenin maden aramaya kalkıştığı zaman ne olacağının da henüz belirsiz olduğu ifade ediliyor. Bunun haricinde başka hukuki boşlukların da mevcut olduğu bilinmekte. Yeryüzündeki madenlerin belirli sürelerle işletildiği ve işletilmeyen madenin el değiştirdiği bilinmekte iken uzay için henüz bu kurallar oluşturulmuş değil. Ayrıca ABD'nde çıkarılan bu yasa ile madencilik konusunda gerekli teknolojiye sahip olan ülkeler ve sahip olmayan ülkeler arasındaki denge de düşünülmüş gözüküyor. .

Nadir AVŞAROĞLU

Maden Mühendisi
2015 - ANKARA

⁷ http://en.wikipedia.org/wiki/Asteroid_mining

⁸ <http://www.trthaber.com/haber/ekonomi/hedef-uzaydaki-tonlarca-degerli-maden-71968.html>

KAYNAKÇA

- 1- J.M Brenan ve W.F McDonough, "Core formation and metal–silicate fractionation of osmium and iridium from gold." Nature Geoscience (18 Ekim 2009)
- 2- F. Marchis et al., "A low density of 0.8 g/cm-3 for the Trojan binary asteroid 617 Patroclus", Nature, 439, pp. 565-567, 2 Şubat 2006
- 3- L. Wilson, K. Keil, S. J. Love (1999). "The internal structures and densities of asteroids". Meteoritics & Planetary Science 34 (3): 479–483
- 4- "Tech billionaires bankroll gold rush to mine asteroids". Reuters. 2012-04-24
- 5- <http://www.planetaryresources.com/>
- 6- <http://lepicallidus.com/teknoloji/uzayda-altin-var-uzay-madenciligi>
- 7- <http://science.howstuffworks.com/asteroid-mining.htm>
- 8- http://en.wikipedia.org/wiki/Asteroid_mining
- 9- http://www.science.org.au/nova/newscientist/027ns_005.htm
- 10- <http://www.radikal.com.tr/radikal.aspx?atype=haberyazdir&articleid=1085994>
- 11- <http://www.acikbilim.com/2013/10/dosyalar/cevheri-cok-uzaklarda-aramak-uzay-madenciligi.html>