



# Uzay Yolculuđuna Çıkmadan Önce Aşmamız Gereken Engeller

Dr. Selçuk TOPAL [ *Astrofizikçi, Van 100. Yıl Üniversitesi, Fizik Bölümü*

Uzay bilimi ve teknolojileri hiç olmadığı kadar hızlı ilerliyor. Ay'a üs kurmak isteyen birçok ÷lke sırada beklerken, bazı ÷lkeler ve özel şirketler uzay turizmini başlatmak, Dünya etrafında dolanan oteller inşa etmek ve Mars'a ilk kez insan göndermek için çalışmalarına devam ediyor.

Sadece son birkaç yüzyılda bugünkü aşmaya gelen insanlık, öyle görünüyor ki bir gün kesinlikle uzayı ikinci evi yapacak. Ancak aşmamız gereken ciddi engeller var. Bu yazıda o engellerden bazılarına bir göz atacağız.



## İnsan Vücudu Mikro Kütleçekim Etkisine Alışık Değil!

Bizler yaşadığımız gezegen Dünya'nın bize her saniye uyguladığı çekim ivmesine uyum sağlamış canlılarız. Günlük yaşamda hissettiğimiz çekim ivmesi  $1g$ 'dir (deniz seviyesinde). Burada  $g$  kütle çekiminden kaynaklanan ivmelemeyi temsil eder. İvme, birim zamanda hızdaki değişimdir. Çok kısa zamanda yüksek bir hıza ulaşmak hissedeceğiniz ivmenin artması demektir. Lunaparktaki tren size  $2g$ 'yi hissettirirken, uzaya giden bir roketin kalkışı esnasında  $4g$  kuvvet hissedersiniz. Göğsünüzün üzerinde yaklaşık  $200$  kg ağırlığında bir kütle olduğunu ve nefes almaya çalıştığınızı düşünün! İşte  $4g$  kuvvete maruz kaldığımızda hissedeceğiniz de budur. Bu değer normal bir insan için sınır değer olsa da anatomisi uygun olmayan insanlar bu değerın altındaki  $g$  kuvvetlerinde bile bayılabilir. Savaş uçağı pilotları manevralar esnasında  $10g$  kuvvete maruz kalabilir. Bu değer çoğu insan için ölüm riski demektir. Ancak pilotların giydiği özel kıyafetler daha rahat nefes almalarına ve vücut sıvılarının vücutta eşit dağılmasına yardımcı olur. Maruz kalınan  $g$  kuvvetinin büyüklüğünün yanı sıra o kuvvete ne kadar süre maruz kalındığı da ölüm ile yaşam arasındaki çizgiyi belirler. Eğer aşına olduğumuz  $1g$ 'lik sabit ivme ile, örneğin  $40$  trilyon km ötedeki bize en yakın yıldız Proxima Centauri'ye uzay yolculuğu yapabilirsek yolculuk boyunca kendimizi evimizde gibi hissedebiliriz. Ancak uzay yolculuğu için bu pratik bir seçenek değil, en azından günümüz teknolojisiyle şu an imkânsız. Çünkü uzay gemisinin uzun bir süre  $1g$ 'lik ivmede sabit kalması için çok fazla enerjiye (ve çok büyük bir yakıt tankına) ihtiyaç olur. Yolun yarısından sonra bu kez de uzay gemisini frenlemek için bir o kadar enerji gerekecektir. O kadar çok enerji sağlayacak kadar büyük bir yakıt tankı yapmak da mümkün değil. Zaten taşınan yakıtın ağırlığı uzay gemisinin hızlanmasına engel olacaktır. Belli bir ivmeye ulaşmak için gereken ilk enerji bir sorun, ancak o ivmeyi yolculuk boyunca sabit tutmaya yetecek kadar enerjiyi depolamak daha büyük bir sorun. Öyle görünüyor ki başka bir gezegene yolculuk ederken, boş uzayda karşılaşacağımız asıl sorun yüksek  $g$  kuvveti değil (bir gök cisminde kalkış esnasında veya bir gök cismine inişte hissedilecek yüksek  $g$  kuvveti dışında) mikro kütleçekimin vücut üzerindeki etkisi olacak.

!  
**Garip Ama  
Gerçek**

Uzayda astronotların boyu uzar. İnsan omurgasında bulunan omurların arasındaki diskler Dünya'nın çekim etkisi nedeniyle sürekli baskı altındadır. Uzayda ise diskler üzerinde böyle bir baskı oluşmaz. Bu da disklerin arasının biraz açılmasına ve sonuç olarak astronotların boyunun uzamasına neden olur. Bu nedenle astronotlar sırt ağrısı çekebilir.





Nitekim, uzayda insan vücuduna pek de iyi şeyler olmuyor. Bu gezegenin yüzeyinde binlerce yıldır varlığını devam ettiren türler olarak, ne basıncın sıfır olduğu uzayda yaşayabilen suayıları kadar, ne de basıncın çok yüksek olduğu okyanus tabanlarındaki canlılar kadar uç ortamlara alıştık. Uzayın insan vücudu üzerindeki belli başlı etkilerine birkaç örnek verelim:

### **Kemikler aşırı kalsiyum kaybetmeye başlar.**

Kana karışan kalsiyum artışına bağlı olarak böbrek taşı riski artar. Kemikler giderek güçsüzeleşir. Kemik yoğunluğu ayda %1 kadar düşüş gösterebilir.

### **Kalp küçülür.**

Uzay koşullarında vücut sıvıları artık Dünya'nın merkezine doğru olan kütleçekiminden etkilenmez. Bu nedenle vücutta kanın dolaşımından sorumlu olan kalp Dünya'da olduğu kadar güçlü çalışmak zorunda değildir. Bu da zamanla kalbin küçülmesine neden olur.

### **Sürekli zararlı radyasyona maruz kalınır.**

Dünya üzerinde yaşamı mümkün kılan ve bizi uzayın tehlikeli radyasyonundan koruyan şey atmosferimiz ve gezegenimizi saran manyetik alandır. Astronotlar atmosfer dışında oldukları için duruma uygun kıyafetler giyseler bile, yeryüzündeki insanlardan daha fazla radyasyona maruz kalırlar.

### **Duyular uzay koşullarından etkilenir.**

Vücudumuz yaşadığı çevreyi duyu organları ile algılar. Örneğin yer ve yön algısı, durağan görüş kabiliyeti ve denge bu duyuların doğru çalışmasına bağlıdır. İç kulak denge organlarının olduğu, kütleçekimine duyarlı bir kısımdır. Ancak iç kulak uzayda artık eskisi gibi çalışmaz. Bu nedenle, uzayda göreve yeni başlamış astronotların ilk yaşadığı sorunlardan biri denge kaybı nedeniyle oluşan uzay tutmasıdır. Tam da görev esnasında uzay kıyafetinizin içine kustuğunuzu düşünün! Hiç iç açıcı değil.

### **Bildik gece-gündüz çevrimini unutun.**

Astronotlar için artık 24 saatlik bir günden söz edilemez. Örneğin Uluslararası Uzay İstasyonu (ISS) Dünya'nın etrafında 90 dakikada bir tur atar. Bir başka deyişle, 24 saatte Dünya'nın etrafında 16 kez dolunur. Yani ISS'de 16 kez gün doğumu ve gün batımı yaşanır. İşte astronotlar da bu koşula uyum sağlayana kadar uyku sorunları yaşar. Bu da vücudu olumsuz yönde etkiler ve performansı düşürür.

## **Uzayda mikro kütleçekim etkisi altında yürünemez.**

ISS'deki astronotlar için yürümek diye bir şey söz konusu değildir. Serbest düşmeden dolayı uzay mekiğinin içinde âdeta süzülürler. Aylarca uzayda kalmış bir astronotun, yani aylarca yürümemiş bir kişinin, Dünya'ya döndüğünde bir süre yürüme zorluğu çekmesinin nedeni budur. Bu nedenle yeryüzüne dönen astronotlar kucakta taşınır. Bir noktaya sabit bakamama, ayağa kalkamama ve dönmede zorluk çekme Dünya'ya döndüklerinde yaşadıkları diğer sorunlardan bazılarıdır. Uzayda çok daha az çalışan kaslar da giderek büzülür.

## **Vücut sıvılarının dengesi değişir.**

Mikro kütleçekimi nedeniyle vücut sıvıları vücudun üst kısmında toplandığı için "şişkin yüz" denilen bir durum ortaya çıkar. Astronotların suratları bu nedenle kırmızı ve şişkindir. Sıvılar vücutta değişik biçimlerde dağıldığı için bacak çevresi de yaklaşık %10-%30 inceler. Bacaklardan beyne doğru hareket eden sıvı neredeyse 2 litredir!

## **Uzay stresli bir yerdir.**

Uzay boşluğunda küçücük bir alanda tıkkı kalmak insan psikolojisini olumsuz yönde etkiler. Dışı ölümcül radyasyonla dolu, minicik bir evin içinde uzun süre yaşamak zorunda olmak herkesin dayanabileceği bir şey değildir. Uzay ortamında uzun süre kalma sonucunda yaşanan stres artışı, Year in Space projesi kapsamında uzayda yaklaşık olarak 1 yıl kalan astronot Scott Kelly'nin vücudunda da gözlenmiştir. Dünya'dan 400 kilometre yukarıdaki ISS'deki astronotların işi, gelecekte Mars'a (on milyonlarca kilometre öteye) gidecek astronotlarınkinden daha kolaydır. Milyonlarca kilometrelik bir yolda izole halde yaşamak, bugüne kadar hiç kimsenin yaşamadığı bir durum olduğundan Mars'a gidecek astronotların çok daha yoğun bir eğitimden geçirilmesi planlanıyor.

## **Uzayda güneşlenilemez.**

Uzayda dışarı çıkıp şöyle Güneş altında birkaç tur atıp D vitamini alayım deme şansız olmayan astronotlar başta D vitamini olmak üzere başka birçok vitamin takviyesi alır.

Bu saydığımız etkiler belli bir korumaya sahip olduğunda bile (uzay giysisi, uzay mekiği) vücutta görülecek etkilerdir. Peki ya uzayda savunmasızken vücutta ne gibi etkiler gözlenir? Hiç istenmeyecek etkiler, ama ne olacağını bilmek bilmemekten daha iyidir. Eğer uzay kıyafetiniz olmadan uzay aracının dışına çıkarsanız feci bir şey olur: Çok kısa sürede ölürsünüz. Uzayda bir atmosfer olmadığı için maruz kalacağınız alçak basınç nedeniyle kanınızda baloncuklar oluşmaya başlar. Bu da vücudunuzun biraz şişmesine neden olur. Ama sanıldığının aksine patlamazsınız. Doğru sanılan başka bir yanlış da alçak basınçta sıvıların kaynama sıcaklığı düştüğü için kanınızın kaynamaya başlayacağıdır. Oysa basınçsız uzay ortamındayken bile vücudunuzun iç basıncı korunur. Sanılanın aksine vücudunuz bir anda donmaz da. Çünkü donma için vücut sıcaklığınızın çok daha soğuk olan uzay ortamına aktarılması gerekir. (ISS dışında uzay yürüyüşü yapan astronotların Güneş gören kısımları 130 santigrat derece sıcaklığa ulaşabilirken, görmeyen kısımları -200 santigrat dereceye kadar düşebilir. Uzayın ortalama sıcaklığı ise -271 santigrat derece civarındadır). Ancak uzay vakum olduğu için çevrede vücut sıcaklığının aktarılabileceği bir madde yoktur! Peki vücudunuza tam olarak ne olur? Vücudunuzdaki tüm hava uzaya çıkar. Maksimum 15 saniyede havasız kalırsınız. Beyninize oksijen gitmeyeceği için 15 saniye sonunda bilincinizi kaybedersiniz. Vücudunuzun dış kısmındaki kan damarları aşırı düşük basınç nedeniyle çatlamaya başlar ve o bölgelerdeki deri yüzeyine yakın vücut sıvılarınız vücut sıcaklığınızda kaynamaya başlar. Örneğin ağzınızdaki tükürük. Muhtemelen birkaç dakikada da ölürsünüz. Elbette bunlar olurken uzaydan gelen tüm o radyasyon nedeniyle kavrulursunuz.

Gördüğünüz gibi insan vücudu uzay ortamında savunmasız olarak sadece birkaç dakika kalabiliyor ve o birkaç dakikanın neredeyse hiçbir anında bilinci açık olmuyor. Beynini diğer canlılara göre daha verimli kullanan insanoğlu gerçekten de gezegendeki en zeki canlı olabilir. Ancak en dayanıklı canlılar listesinde kesinlikle birinci sırada değil. O listenin en başında suayıları var. Boyları yarım milimetre olan bu minik canlılar çok aşırı sıcakta ve basınçta, hatta uzayda yaşayabiliyor! Bu minik canlılardan öğrenecek çok şeyimiz var.

## Daha İyi Roketler ve Daha Verimli Enerji Kaynakları Gerekli

Geçtiğimiz günlerde SpaceX adlı şirketin *Falcon Heavy* isimli roketi deneme uçuşunu başarıyla gerçekleştirdi. *Falcon Heavy* Apollo görevlerinde kullanılan *Satürn V* adlı roketten sonra, bugüne kadar yapılmış en büyük roket. Eğer derin uzay yolculuğu yapacaksak daha güçlü roketlere ihtiyacımız olacak. Diğer yandan gezegenler arası yolculuk yapılacaksa, kimse o kadar yol boyunca arkasında nükleer bomba taşıyan bir uzay aracına binmek istemeyebilir. İşte bu nedenle, radyoaktif maddeler yerine plazma veya kimyasal yakıt kullanabilecek roketler tasarlanıyor.

ISS'ye gitmek artık sorun değil, bizden sadece 400 km uzakta. Ama başka bir gezegene gitmek hiç de kolay değil. O yüzden roketlerde kullanılmak üzere daha iyi yakıtların yanı sıra daha değişik itki ve enerji kaynakları üzerinde de çalışılıyor. Üzerinde çalışılan teknolojilerden biri dev güneş yelkenleri. Güneş enerjisi roket için gerekli itki gücünü sağlayabilir. Fotonlar yelkene çarptıklarında yelkeni itecek ve roketin hareket etmesini sağlayacak.



Ancak yelken çok ince ve uzay aracına göre çok büyük olmalı. Örneğin Breakthrough Starshot projesinde, minik uzay araçlarının 2-3 metre genişliğinde ve sadece birkaç yüz atom kalınlığında bir güneş yelkeninin merkezine konup en yakın yıldız ışık hızının beşte biri hızda gönderilmesi planlanıyor. Bu proje kapsamında gerçekleştirilecek her türlü ilerleme, Güneş Sistemi'nde daha hızlı yol alabilen uzay araçları yapmak için öncü teknolojiler üretilmesini sağlayacak.





## Uzayda Yön Bulmak Kolay Değil!

Eğer uzay yolculuğu yapacaksınız, Dünya'daki yol gösterici antenler her zaman işinize yaramayabilir. Nitekim o antenlerden size gelen ve uzay aracınızın izlediği güzergâhtan sapmasını engelleyen sinyallerin sonsuz bir hızı yok. Evrenin hız sınırı olan ışık hızını geçemezler. Yani siz Dünya'dan uzaklaştıkça sinyallerin de size ulaşma süresi artacaktır. İşte bu nedenle uzay aracınızda yön tayin eden, GPS'e (*Global Pointing System*) benzeyen, bir tür DSPS (*Deep Space Pointing System*) sistemi olmalı. Evrenin derinliklerindeki parlak birkaç cismi referans alıp veri üçlemesi yaparak size yön bildirebilen bir sistem. Ancak o sayede Dünya'daki antenlere bağlı kalmadan uzayda çok hassas olarak yön tayin edilebilir. Unutmayın ki, yörüngedeki çok küçük bir açısal sapma, yolculuk ilerledikçe asıl hedeften giderek artan bir oranda uzaklaşma anlamına gelir. O nedenle sürekli yön tayini yapan, koordinatlarını revize eden, Dünya'dan bağımsız bir yön tayin sistemine ihtiyaç var.

## Yaşanabilir Alanlar Ne Kadar Yaşanabilir Olacak?

Ay'da ve Mars'ta yaşanabilir alanlar inşa etme planlarını duymuşsunuzdur. Ancak bu inşaatlar Dünya'da olduğu gibi birkaç hafta içinde, birkaç katlı binalar dikmeye benzemeyecek. Örneğin Mars'ta bir yaşam alanı inşa etmek için Dünya'dan yapı malzemesi taşımak mantıklı bir seçenek değil. Mars'ta bulunan malzemeler kullanılarak yapılar inşa edilebilir. Ay'daki ve Mars'taki yanardağ kanalları radyasyona karşı doğal koruma yapıları olarak kullanılabilir. Ancak o yapıların içine başka bir yapı inşa etmek yüzeye inşa etmekten daha zahmetli olacaktır. Başka bir sorun da yaşam için gerekli şeylerin (su, yiyecek ve oksijen) sürdürülebilirliğinin sağlanması olacaktır. İnsanoğlu 2030'lar ile 2040'lar arasında Mars'a bir şekilde ayak basacak olsa da, yüzeydeki kısa bir ziyaretten sonra yörüngedeki uzay istasyonuna dönmek zorunda kalacaktır. Sonuç olarak, Mars'ta bu yüzyıl içinde bir yaşam alanı kurmak 2050'den önce mümkün olamaz gibi görünüyor.



## Uzaydaki Mesafelere Kıyasla İnsan Ömrü Kısacıktır

Bizler 10 saatlik otobüs yolculuğunda bile en az iki kez mola verilmediği takdirde bunalırız. Dünya'dan Mars'a uzanan milyonlarca kilometrelik bir otobanda hiç mola vermeden, şöyle araç dışına çıkıp bir soluklanmadan yolculuk yapmak öyle kolay değil. O nedenle mesafeleri daha hızlı kat etmemizi sağlayacak araçlara ihtiyacımız var. Akla hemen solucan delikleri gelebilir. Evrenin bir ucundan diğer ucuna anında gitmeyi sağlayan bu olguyu henüz gözlemiş değiliz. Bir gün Güneş Sistemi'nin bir köşesinde bir tane bulsak bile (*Yıldızlararası* adlı filmde olduğu gibi) onu nasıl kullanacağımızı öğrenemeyebiliriz. Bu yüzden daha gerçekçi, o kadar hızlı olmasa da uygulanması daha mümkün yöntemlere odaklanmak daha mantıklı. Evet, ışık hızına çıkmayabiliriz ancak elimizden geldiği kadar yaklaşıma çalışmalıyız.

## Daha Kullanışlı ve Dayanıklı Uzay Kıyafetleri Gerekli

Eğer bir uzay yürüyüşü izlediyseniz, uzay aracının dışında görevlerini yapan astronotların çok yavaş hareket ettiğini de görmüşsünüzdür. Bunun başlıca nedeni uzay giysilerinin hantal oluşudur. Giysilerin en yüksek seviyede güvenli olması daha fazla malzeme kullanılmasını gerektirdiği için "kaba saba" modeller ortaya çıkabiliyor. Ancak hem uzay ajansları hem de bazı üniversiteler, daha rahat ve koruma açısından belli bir güvenlik seviyesinin üzerinde uzay giysileri tasarlamaya devam ediyor.



Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nün (MIT) BioSuit projesi buna güzel bir örnek. Öyle görünüyor ki, insanlık uzayda yayıldıkça uzay giysileri modasında da değişiklikler olacak.

Uzay yolcuğunda aşılması gereken engellerden kısaca bahsettik. Gördüğünüz gibi bu iş hiç de kolay değil. Örneğin Dünya'dan yola çıktık ve Mars'a doğru gidiyoruz. Ancak üzerimize doğru bir meteor ya da asteroit geliyor mu gelmiyor mu, geliyorsa hangi büyüklükte hangi hızda geliyor bilmiyoruz. Tehlike yakınsa ancak görebiliriz, ama o zaman da iş isten geçmiş olabilir. Aydınlatması olmayan, zifirî karanlık bir yolda kim araç kullanmaktan hoşlanır ki!

Bir insan doğal kaynaklardan yılda ortalama 2,4 mSv (milisievert, doz eşdeğeri olup radyasyonun biyolojik etkisini gösteren birimi) radyasyona maruz kalır. Eğer nükleer reaktöre yakın bir yerde yaşıyorsa veya öyle bir reaktörde çalışıyorsa bu oran yaklaşık 8 kat artıp 20 mSv değerine ulaşabilir. Ancak uzayda 1 yıl kalmak ortalama 200 mSv radyasyona maruz kalmak demektir. Daha uzun sürecek gezegenler arası yolculuklarda ise bu sayı 600 mSv değerine ulaşabilir. Kötü haber ise şu: 100 mSv'den daha yüksek dozda radyasyona maruz kalmak, yüksek olasılıkla kanser olmak anlamına gelir! Gördüğünüz gibi, uzayda yolculuk yapmak Dünya'da bir ülkeden başka bir ülkeye seyahat etmeye hiç benzemiyor.

Uzayın derinliklerine yapacağımız yolculukta en büyük engel yine biziz, yani vücudumuz. Aşmamız gereken diğer engeller ise enerji, iletişim, ulaşım ve yaşam kaynaklarının sürdürülebilirliği. Ancak bilim durmaksızın ilerlediği için şanslıyız. Bir gün bu sorunların hepsine bir çözüm bulacağız ve şimdilik sadece "Dünyalı" olan adımız tam anlamıyla "uzaylı" olacak. O nedenle uzayı iyi tanımamız gerekiyor. Uzaya yapılan her yatırım geleceğe yapılmış demektir. Çünkü gelecek uzayda! ■

### Kaynaklar

- <https://www.nasa.gov/hrp/bodyinspace>
- <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/what-happens-human-body-space-180958259/>
- <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1705129>
- <http://news.mit.edu/2014/second-skin-spacesuits-0918>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Raptor\\_\(rocket\\_engine\\_family\)#cite\\_note-fg20121120-18](https://en.wikipedia.org/wiki/Raptor_(rocket_engine_family)#cite_note-fg20121120-18)
- <http://blogs.discovermagazine.com/crux/2016/08/10/interstellar-warp-drive-space-travel/#.WtSxENNuykU>
- <https://breakthroughinitiatives.org/initiative/5>
- <http://www.spacex.com/mars>
- <https://www.nasa.gov/content/journey-to-mars-overview>
- <https://www.popsoci.com/8-printable-martian-habitat-designs-that-we-want-to-live-in#page-9>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2996147/>
- [https://www.nasa.gov/pdf/284273main\\_Radiation\\_HS\\_Mod1.pdf](https://www.nasa.gov/pdf/284273main_Radiation_HS_Mod1.pdf)
- <https://www.selcuktopal.net/>
- <http://nathangeffen.webfactional.com/spacetravel/spacetravel.pdf>