

# UZAYDAKİ NÜKLEER MOTORLAR

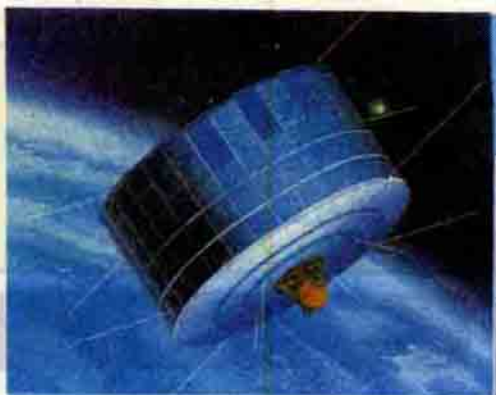
**Yirmi dört Sovyet uydusu nükleer motorlarla fırlatıldılar. Amerikalılar da, nükleer atıcılar yaparak, daha uzağa gitmeye hayır durumda idiler. Fakat sonra birdenbire ve gizemli bir biçimde vazgeçtiler. Ama daha sonra nükleer uzay çalışmalarını yeniden ele aldılar; çünkü fotopiller doyurucu sonuçlar vermiyordu.**

Pierre KOHLER

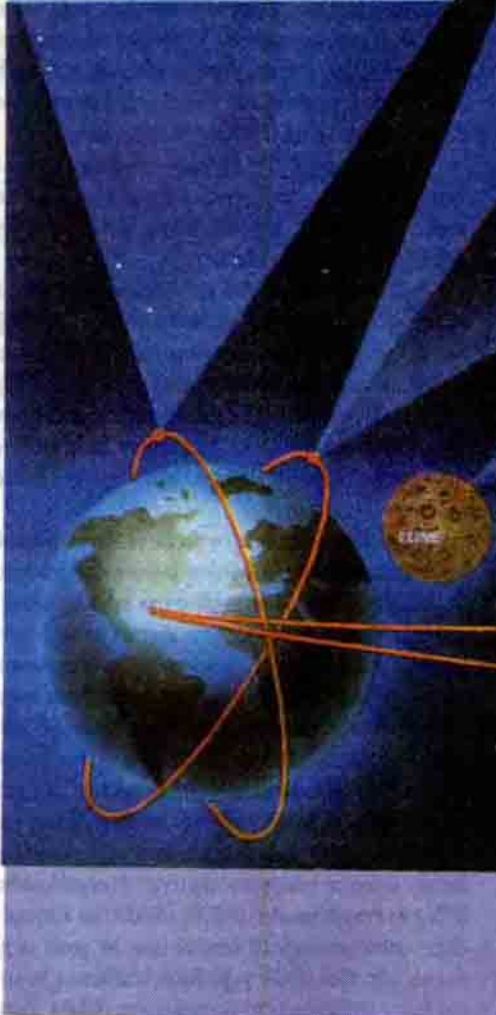
Bir yıl kadar önce, ABD, 100 kilowattlık bir nükleer reaktörün yapımı için bir çalışma programının başladığını bildirdi. Güncel santrallerin reaktörleri, bundan 14.000 kat kadar daha güçlü olabilmelerine karşın, yeni yapılacak olanın gücü neden bu kadar küçüktür? Çünkü SP-100 olarak adlandırılan bu reaktör "taşınabilir" olacaktır. NASA'nın 90'li yıllarda fırlatmayı öngördüğü yörünge istasyonları ve uzay sondaları için tasarlanmıştır.

Toplu ve dayanıklı bir enerji kaynağı olması nedeni ile, uzay çalışmalarında durumdaki, vurulma olasılığını azalttığından nükleer reaktör konusunda askerler de sivillerle aynı kaniyedirler. Oysa günümüzde var olan yapay uyduların çoğunun enerji kaynağı olan fotopiller çok dayanıksızdır.

Gerçekten de, yirmi yıl kadar önceki Apollo programından beri, yeni araştırma girişimleri başlatılmıştır. Mars'tan öteye sürmesi gereken uzay sondaları için, fotopillerin uygun olmadığı çoktan beri biliniyordu. Örneğin, Satürn'ün uzaklığında, Güneş'ten alınan ışık şiddeti, Dünya yakınındakinin yalnızca %1'i kadardır. Örneğin, Mars çevresinde 1971'de yörüngeye oturtulan ilk sonda olan Mariner 9, toplam yüzeyleri 8 m<sup>2</sup> olan dört güneş kapağı taşıyordu. Bu kapaklardaki 38.000 kadar fotovoltaik göze (ışıl gerilim gözesi), Dünya çevresindeyken 800 wattlık, Mars yakınında ise, yalnızca 400 W'lık güç sağlıyordu; Satürn yakınında 10 W'den fazla değildi. Satürn'ün uzaklığında 1 kW'lık güç elde etmek için, 2 milyon güneş gözesi ve bunları taşıyacak 300 m<sup>2</sup>'lik



TRANSIT (ABD), 3 W'lık bir nükleer üretilerle donatılmıştır.



**YAKINDA, UZAYDA  
NÜKLEER SANTRALLER  
DOLAŞACAK**



Cosmos (SSCB), 1 kW'lık "Rö-machka" reaktörü ile, 1977'den sonra ise 10 kW'lık "Tü-paze" re-aktörü ile donatılmıştır.



ALSEP (ABD'nin Ay istasyonu), 70 W'lık SNAP üreteci ile donatılmıştır.



VOYAGER (ABD), 150 W'lık SNAP üreteci ile donatılmıştır.

VIKING (ABD), 70 W'lık SNAP üreteci ile donatılmıştır.



Fotopil kapaklar dayanıksız olduğundan ve Güneş'ten uzaklaşınca verimleri düştüğünden, bir çok uydu da-ha şimdiden nükleer motorlarla donatılmıştır. Öncelikle, fotopil kapaklar yerine, katı çekirdekli nükleer üreteçler geçmiştir. Yakında ise uzaya "hareketli" gerçek nükleer santraller gönderilecektir.

kapaklar gerekecekti.

Gecenin iki hafta sürdüğü Ay üzerinde de, Apollo'dan beri yerleştirilmiş olan ALSEP (Apollo Lunar Scientific Experiment Package-Ay'da Bilimsel Deneyler Paketi) istasyonlarının bilimsel aygıtlarının gereksinime duyduğu enerji bataryaları yeniden yükleyerek bile, fotopillerle beslenmesi söz konusu olamaz. Bu nedenle, Mars'a yerleştirilen Viking, veya uzak güneş sisteminde dolaşan Pioneer ve Voyager sondaları gibi istasyonlar, tümüyle farklı türden elektrik üreteçleri ile donatılmışlardır.

Bunlar, enerjilerini ısıl çekirdeksel dönüşümlerden sağlayan radyo-izotopik üreteçlerdir. Bu üreteçler, ısıl-iyonik denen özel diyodlar yardımı ile, on gram kadar radyoaktif maddenin, özellikle plütonyum ve stronsiyumun yavaş bozunumundan çıkan ısıyı, elektrik enerjisine dönüştürürler. Amerikalılar bu üreteçleri, Transit uydularını donatmaya başladıkları 60'lı yılların başından beri denemişlerdir. "SNAP" (System for Nuclear Auxiliary Power-Nükleer Yardımcı Güç Sistemi) olarak adlandırılan bu üreteçler hafiftirler (on kilo kadar), az yer kaplarlar (en büyük boyutları 50 cm'den küçüktür), yapılarındaki parça sayısı az olduğu için, işleyişleri çok güvencelidir. Fakat güçleri zayıftır: 1961'deki ilk Transit uydusu SNAP 3 W'dir; Surveyor Ay sondaları SNAP 11'lerinki 25 W'dir; ALSEP Ay istasyonları SNAP 27'lerinki 70 W'dir. Voyager sondalarında bulunan üçer üreteçten her birinin gücü ise 130 W'dir.

Daha yüksek güçler için gerçek nükleer reaktörler, başka bir deyişle hareketli küçük atomik santraller gereklidir. SNAP üreteçlerinde toplam yükün kilogramı başına 2 watt'tan az olan verim, reaktörler için 6 W/kg'ı geçmektedir. Bu konuda da Amerikalılar ilktir. Deneysel amaçla, Nisan 1965'te gücü 640 W olan SNAP 10-A'yı göndermişlerdir. Bu deneyim, astronomi çalışmaları ile sınırlı kalmayıp, askeri okya-

nas gözetleme uyduları olan SSU ve OPS'lere de nükleer reaktörler yerleştirilmiştir.

Sovyetler de, okyanus gözetleme uyduları olan Cosmos'ların güçlü radarını beslemek için nükleer reaktörler kullanmaktadır.

## UZAY ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN NÜKLEER ÜRETEÇLER ZARARLI MIDIR?

Nükleer uzay çalışmaları dolayısı ile, Dünya'yı çevreleyen uzay, gitgide radyoaktif maddelerle dolmaktadır; bunlar SNAP'lardan gelen plütonyum 238, stronsiyum 90 ve kiryum 242, ve Sovyet uydularından gelen % 90 zenginleştirilmiş uranyum 235 maddeleridir. Radyoaktif kirlilik tehlikesi yüzünden, bu makinelerin Dünya'ya geri getirilmeleri söz konusu değildir. Teknik bu uyduları yeterince yüksek yörüngelere oturtmaktan oluşmaktadır; böylece düşmeleri durumunda, atmosferin de yavaşlatma etkisi nedeni ile, bir kaç yüzyıldan önce Dünya'ya ulaşamayacaklardır. Bu kadar zaman sonra da, kullanılan elementler, kendi dönemleri (1) ile karşılaştırıldığında, radyoaktiflik şiddetlerini yitirmiş olacaktırlar. Amerikan Transileri 800 - 1.200 km, SSU'lar 1.100-1.400 km. ve Sovyet Cosmosları 900-1.000 km. yüksekliklerde dolaşmaktadırlar.

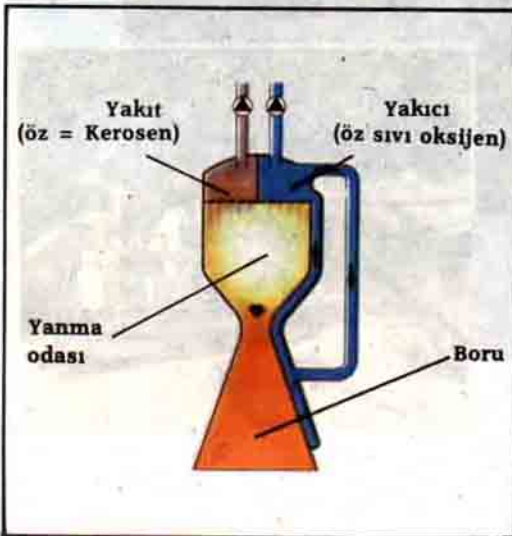
Ay denizine bırakılmış olan ALSEP istasyonlarının radyo-izotopik üreteçlerine gelince, bunlar, Surveyor ve Viking, veya Pioneer 10'un ardından, uzak yıldızlara gitmek üzere birkaç yıl sonra güneş sisteminden ayrılacak olan Pioneer ve Voyager sondalarının üreteçlerinden daha zararlı değildir.

## NÜKLEER REAKTÖRLER FÜZELERİN FIRLATILMASINDA DA KULLANILACAKTIR

Atom, yakın gelecekte füzelerin fırlatılmasında da kullanılacaktır. Gerçekten, insanların gelecek uzay çalışmalarını bakımından, kimyasal yakıtlı füzeler güneş sistemi içinde kalmak zorundadır. Bir kaç on tonluk veya birkaç yüz tonluk uzay gemilerini, örneğin Mars'a göndermek için, yer'den kalkışta, kurulması olanaksız dev yapılı, makineler gerekecektir. Apollo programı çerçevesinde Ay'a insan taşımış olan Satürn V dev füzesi veya Sovyetlerin gelecekteki büyük uzay istasyonlarının parçalarını taşımak üzere, ancak 15 verimsiz yıldan sonra atılmaya hazır görünen gizemli "G" atıcısı, bu alanda elde edilebilecek maksimum başarıdır: 150 ton kadarlık bir uyduyu bir alt yörüngeye yerleştirmek üzere fırlatmak için, 3.000 t ile 5.000 t arasında bir başlangıç toplam kütlesi gerekmektedir (Uydu kütlelerinin toplam kütleyle oranı % 5 ve % 3 arasındadır.)

Verim bakımından, kimyasal fırlatma uygulamasında, uzay mekiği en başarılı olanıdır. Kullanılan soğutulmuş şur oksijen hidrojen çifti, 2.000 t'luk başlangıç yüküne karşılık, 100t'luk mekiğin yörüngeye yerleştirilmesidir. Kullanılabilir-

(1) Dönem, bir elementin radyoaktifliğinin yarıya düşmesi için geçen zamandır. Örneğin, 238 Pu için 90 yıldır.



cek yakıtların tümü incelendiğinden, daha ileriye gitme ola-  
nağı da pek yoktur. Yalnızca, oksijenin flüor ile değiştiril-  
mesi biraz yararlı olabilir; fakat sağladığı kazanç, getirdiği sa-  
kıncalar (yakıt artıklarının zehirleme etkisi ve kullanım güç-  
lükleri) önemsizdir.

Bir füzenin başarısının yükseltilmesi, kütle oranının artırılmasına (böylece ölü yük azalacak ve yapı hafifleyecektir) ve yanma gazlarının atılış hızının büyütülmesine bağlıdır. Fakat oksijen-hidrojen çiftinin verdiği en büyük gaz atış hızı 4.5 km/l basamağındadır.

Bir nükleer motorlu füze, gaz atış hızını üç katına çıkararak, bir kimyasal füzenin başarısını üç kat artırabilir. Bu füzenin çalışma ilkesi çok yalındır: Zenginleştirilmiş uranyumun kullanıldığı reaktör çekirdeği, çıkardığı ısı ile, kendine değen bir akışkanı bir borudan dışarı atılmadan önce ısıtır. Böylece bir kimyasal füzede enerji kaynağı itici maddelerden (yakıtlardan) oluşmasına karşılık, bir nükleer füzede enerji kaynağı ve itici maddeler birbirlerinden ayrılmışlardır; ve itici maddelerin seçilmesi isteağe bağlıdır. Molekül kütlesi en küçük olanı seçmek yetecektir; çünkü gaz atış hızı molekül kütlesinin karekökü ile ters orantılıdır.

Öyleyse, bir nükleer reaktör için ideal itici, molekül kütlesi 2 olan hidrojenidir; çünkü bundan daha küçük kütleli molekül yoktur. Bir kimyasal füzede, yanmayı boşlukta da sürdürebilmek için, hidrojen oksijen ile birleştirilir. Böylece çiftin molekül kütlesi 18'e ulaşır. 18'in karekökünün 2'ninkine oranı tam olarak 3'tür. İşte bu nedenle, hidrojenin kullanıldığı bir nükleer fırlatıcı, gaz atış hızının üç kata çıkmasını sağlar.

Bununla birlikte nükleer füzenin elverişsiz yönleri de vardır: Reaktör ve zırlar (uzay gemisinde insan bulunması du-

rumunda zorunlu olan) çok ağırdır. Dolayısı ile, atış hızından kazanılanın bir kısmı, kütle oranı nedeni ile yitilir.

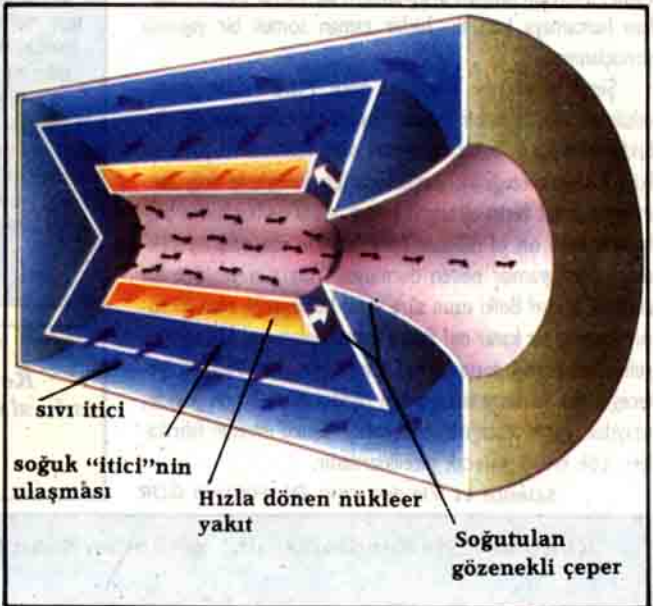
Ayrıca, reaktörün hemen hemen tükenmez enerji birikimi de görüldüğü kadar yararlı değildir; çünkü dışarı atılacak madde olmadıkça, bu enerji kullanılamaz. İki itici evre arasında, bölünme ürünleri, ısı vererek parçalanmalarını sürdürürler. Reaktörün yıpranmasından kaçınmak için, soğutmayı sürdürmek gerekir. Soğutma akışkanının tüketimi de önemli ölçülerdedir.

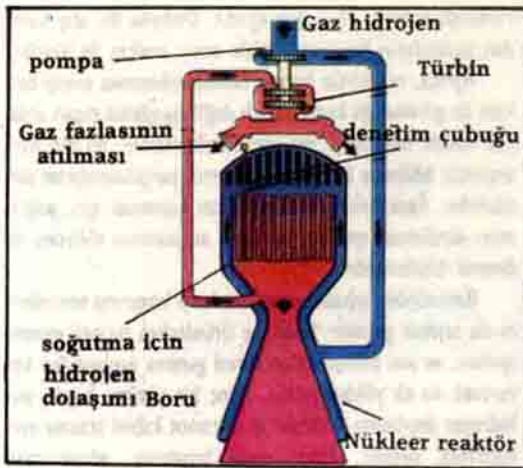
Reaktörden salınan ışınımlara karşı korunma sorunlarını da saymak gerekir. Bölünme ürünlerinin birincil gamma ışınları, ve ana zırtan gelen ikincil gamma ışınlarından korunmak da ek yükler getirir. İlginç bir çözüm, büyük sıvı hidrojen deposunu, reaktör ve astronot kabini arasına yerleştirmek olabilir. Fakat depo boşalınca, görev nasıl bitirilecektir?

Salt teknik bakımdan, yukarıda belirtilen gaz atış hızını elde etmek için, hidrojeni 3.000°C yakınlarına dek ısıtmak gerektiği de bilinmelidir. Öyleyse, reaktör için, bu sıcaklığa dayanıklı maddeler kullanılmalıdır; yalnızca, tantal ve zirkonyum karbürlerinin yüksek sıcaklıklara dayanıklı birleşik maddelerle yapılan alaşımları uygun olabilir; fakat bunlar da 2.000°C'nin geçilmesine pek izin vermezler. Bu koşullarda, gaz atış hızı 9 km/s yakınlarına düşecektir; ve başarı, kimyasal iticilerin başarısının üç katı değil, ancak iki katı olabilecektir.

Daha iyiyi yapmak için, içlerinden geçen gazı ısıtan klasik nükleer reaktörlerden vazgeçmek ve çekirdeğinin kendisi de gaz olan ve böylece bölünme ürünlerinin doğrudan doğruya atılacak gazı ısıttığı bir reaktör yapmak gerekir. Fakat o zaman, bu gazın kendisi ile birlikte bölünebilir maddeleri

*Gaz çekirdekli nükleer reaktörde, zenginleştirilmiş uranyum gaz evresindedir ve itici (örneğin hidrojen) reaktör çekirdeğinin içinden geçer. Sıvı hidrojen çift çepirli bölgeye gönderilir, buharlaştırılır, sonra döndürülen gaz karışımının bulunduğu silindirik biçimli gövdeye teğet olarak enjekte edilir. Gövdeyi geçen hidrojen normal bir reaktördekinin bir kaç katına varan bir sıcaklıkla boruya ulaşır. Merkez kaç kuvvet, nükleer yakıtın dışındaki sürtünme kuvveti ile zıt yönlü olmalıdır.*





de götürmesi nasıl önenebilir? Belki bir merkezkaç kuvveti yaratan bir dönme hareketi sağlanabilir. Bu düşünce ("Orion" projesi), 1955'den başlayarak, Los Alamos'un ünlü laboratuvarında gelişti. Üç yıl sonra, General Dynamics firması, yapılabirlik incelemelerini yapmak için, bir milyon dolarlık bir sözleşme imzaladı. Ağustos 1959'a dek, iki kredi dilimi daha verildi (aylık ortalama 100.000 dolarlık).

1963'de NASA da projeye ortak oldu ve General Dynamics'den insan taşıyabilecek bir uzay gemisi yapmaya yönelmesini istedi. Fakat Orion projesi, aynı yılın Ekim ayında, uzayda nükleer deneyleri yasaklayan anlaşmanın imzalanması ile bitti. Bunun dışında her şey iyi gidiyordu.

Orion projesine koşut olarak, Amerikalılar, uzaya gitmek için nükleer enerjiden yararlanmanın başka olanaklarını da incelediler... Fakat, bir çeyrek yüzyıl süren nükleer motorlu Amerikan füzeleri programları, bir milyar dolarlık toplam harcamaya karşılık, hiçbir zaman somut bir yapıyla sonuçlanmadı...

Şimdi bu yüzyılın sonundan önce, Mars'a insan göndermek için, hem bir fırlatıcı yapma tutkusu hem de güçlükler sürüyor... Fakat, kimyasal iticili füzelerin başarısının ikiye katlanabileceğinin, gerçekleştirilen deneylerle doğrulanmasının umut verici olmasına karşın, ABD'de bugünden başlayarak daha on yıl nükleer fırlatıcılardan söz edilmeyecektir. Bu programlar neden durmuştur? Bir gün yeniden ele alınacak mıdır? Belki uzun süre yanıt bekleyecek olan iki soru. Alınmış bir karar mı? Bütçe kısıtlamaları mı? Üstesinden gelinemez teknik sorunlar mı? Kimse bilmiyor. Yine de, geleceğin dev yörünge istasyonları nedeni ile, atomun gitgide, uzaydaki yerini alacağı bir gerçek. Çünkü evrenin fabrikaları, çok enerji yutacak niteliktedir.

Science et Vie'den çev: Dr. Hanaslı GÜR

## ELEKTRON MİKROSKOPUNDA CANLILAR

İncelenilen maddeyi 50.000 kez hatta daha fazla büyütebilen/elektron mikroskopları, mikroskopik dünyanın vazgeçilmez geçireleri olmuşlardır. Görünüm hatalarını en aza indirmek amacıyla, bu aygıtlarda elektron ışınları, hedefe bir vakum içerisinde geçirilerek gönderilir. Ancak canlı hücreler vakumda canlılıklarını sürdüremediklerinden, kısa bir süre öncesine kadar elektron mikroskobu, yalnızca cansız ya da ölü maddelerin incelenmesinde kullanılmaktaydı.

Biyomedikal mühendisi Alan Nelson başkanlığındaki araştırmacılar, artık canlı dokuları elektron mikroskobuyla büyütebilecek, hatta üç boyutlu olarak inceleyebilecek bir teknik geliştirdiler. Söz konusu teknikte, incelenen örnek açıklığı bulunan bir bölmeye konmakta ve bölmede, normal atmosfer basıncının 1/10'unu oluşturacak kadar hava kalması sağlanmaktadır. Bu ortam örneklerin canlı kalması için yeterli olmakta ve çok sayıda hava molekülü ile çarpışması sonucu, elektron ışınının odağının bozulması bu yöntemle önenebilmektedir.

Üç boyutlu görüntü elde edilebilmesi için ise araştırmacılar, tıpta kullanılan bilgisayarlı radyogram yönteminden yararlanmışlardır. İncelenen madde çeşitli açılardan görüntülenmekte ve bu görüntülerden her biri bilgisayar tarafından, iki boyutlu görüntü dilimleri halinde hafızada depolanmaktadır. Daha sonra, bu dilimler bilgisayar tarafından yeniden birleştirilmekte ve bu yolla TV ekranındaki benzer şekilde, üç boyutlu canlı bir görüntü elde edilmektedir.

Nelson'un çalışma arkadaşlarından Roy Hughes bir takım mekanik kusurların giderilmesi gerektiğini ancak yeni yöntemden ümitli ve iyimser olduklarını söylemektedir.

Discover'dan çev: Dr. Abdin SÖNMEZ

**Kendi onayınız olmadan kimse-  
nin sizi küçük göremeyeceğini bilin.**  
F.D. ROOSEVELT

**Kim size "Siz Kendinizsiniz" sözünden daha övücü bir söz söyleyebilir.**  
W. SHAKESPEARE