



YAPAY UYDULAR ve UZAY ÇÖPLERİ



Yörüngeyi Tedirgin Eden Kuvvetler



<i>Kuvvet</i>	<i>Kaynağı</i>
Küresel olmayan çekim alanı	Küresel ve homojen olmayan Dünya
Diğer cisimlerin çekim etkileri	Güneş, Ay ve gezegenler
Işınım basıncı	Güneş ışınımı
Parçacık akısı	Güneş rüzgarı
Sürtünme ve sürüklenme	Artık atmosfer
Elektromanyetik kuvvetler	Dünyanın manyetik alanı ile uydudaki elektrik akımlarının etkileşimi



Sürüklenme_1



- Yörüngenin her noktasında atmosfer yoğunluğu farklıdır.
- Yoğunluk enlem ve boylamın fonksiyonudur.
- Ayrıca gün, mevsim ve yıl boyunca değişim gösterir.
- Sürüklenme dolayısıyla yere düşen bir uydunun dışarıda dolaşan bir insanın başına düşme olasılığı $4.5 \cdot 10^{-4}$ dür.
- Atmosferde uçan bir uçağa çarpma olasılığı ise 10^{-7} dir.
 - Her yıl 150-200 ton yörünge cismi yere düşer.
 - Bu ise her ay 2-3 uydu demektir.

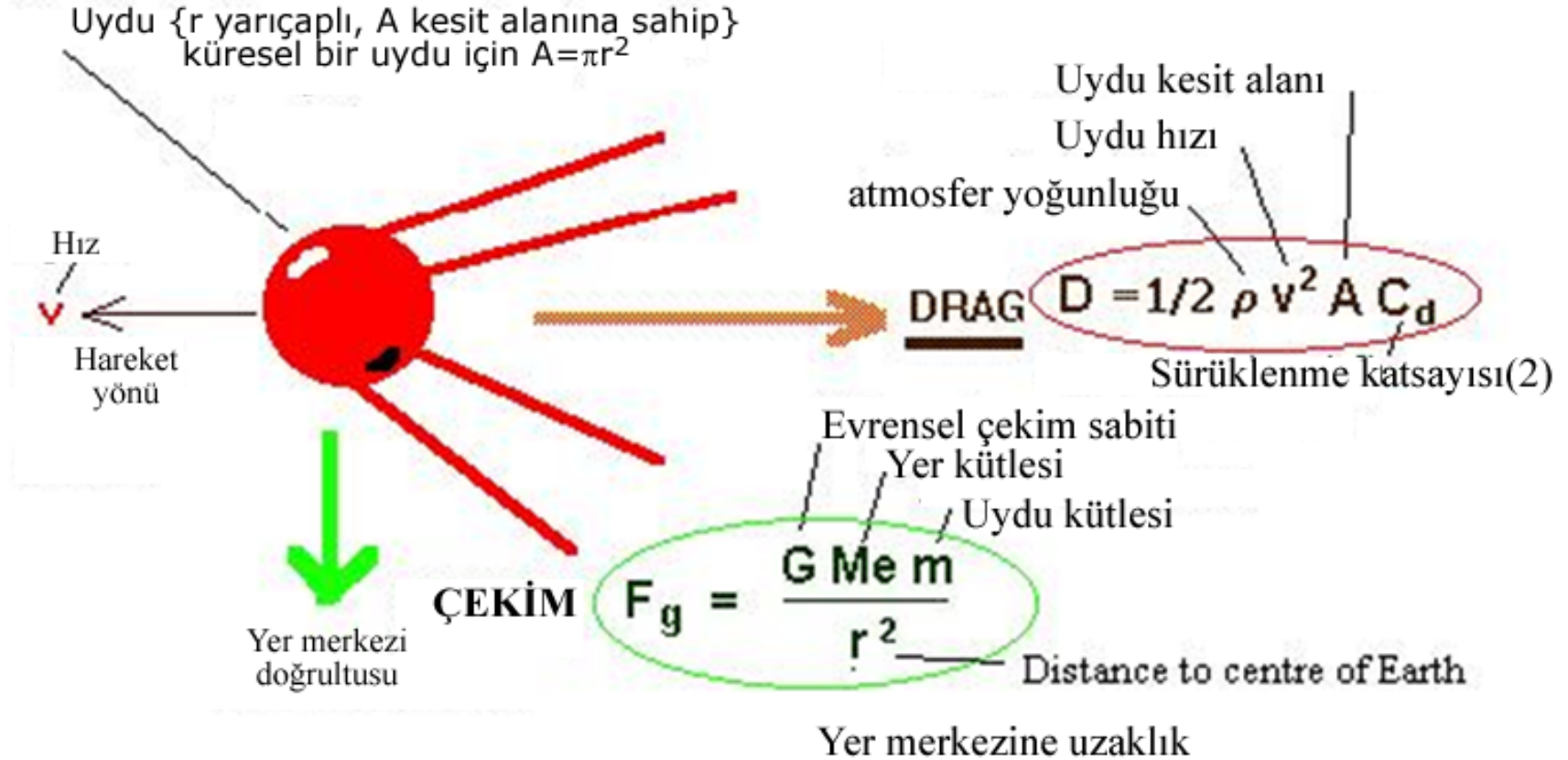


Sürüklenme_2





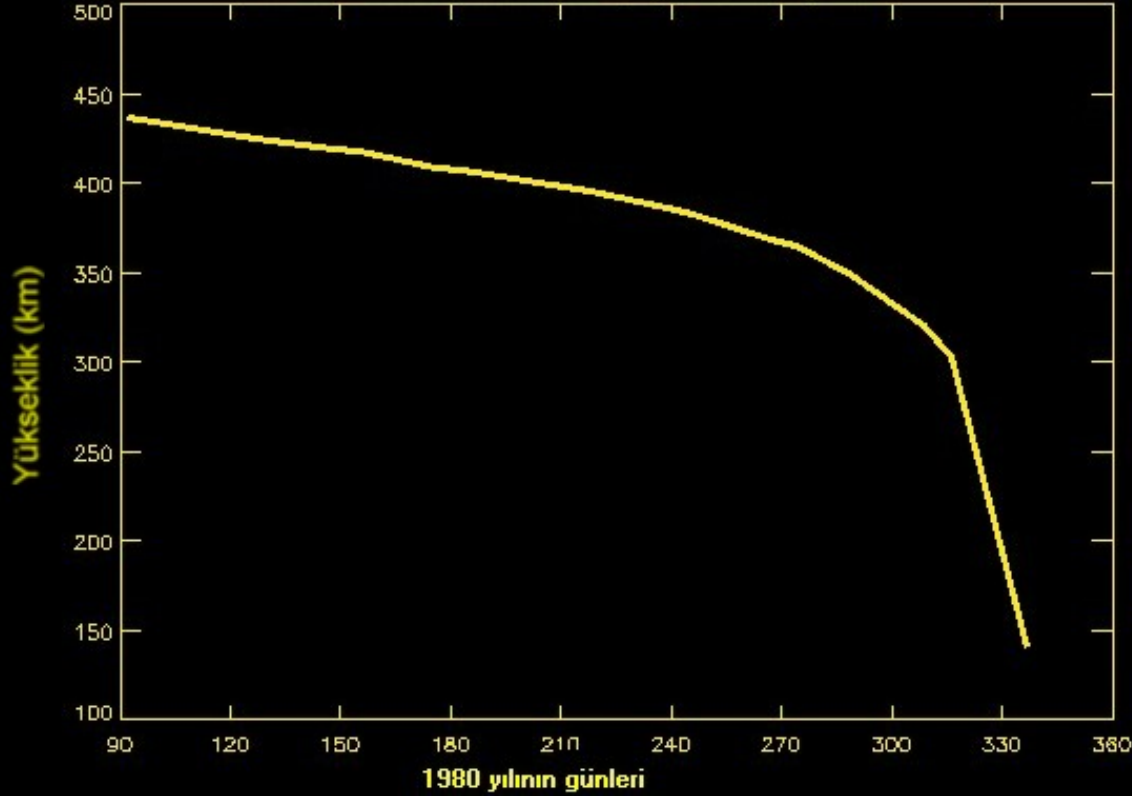
Sürüklenme_3





Sürüklenme_4

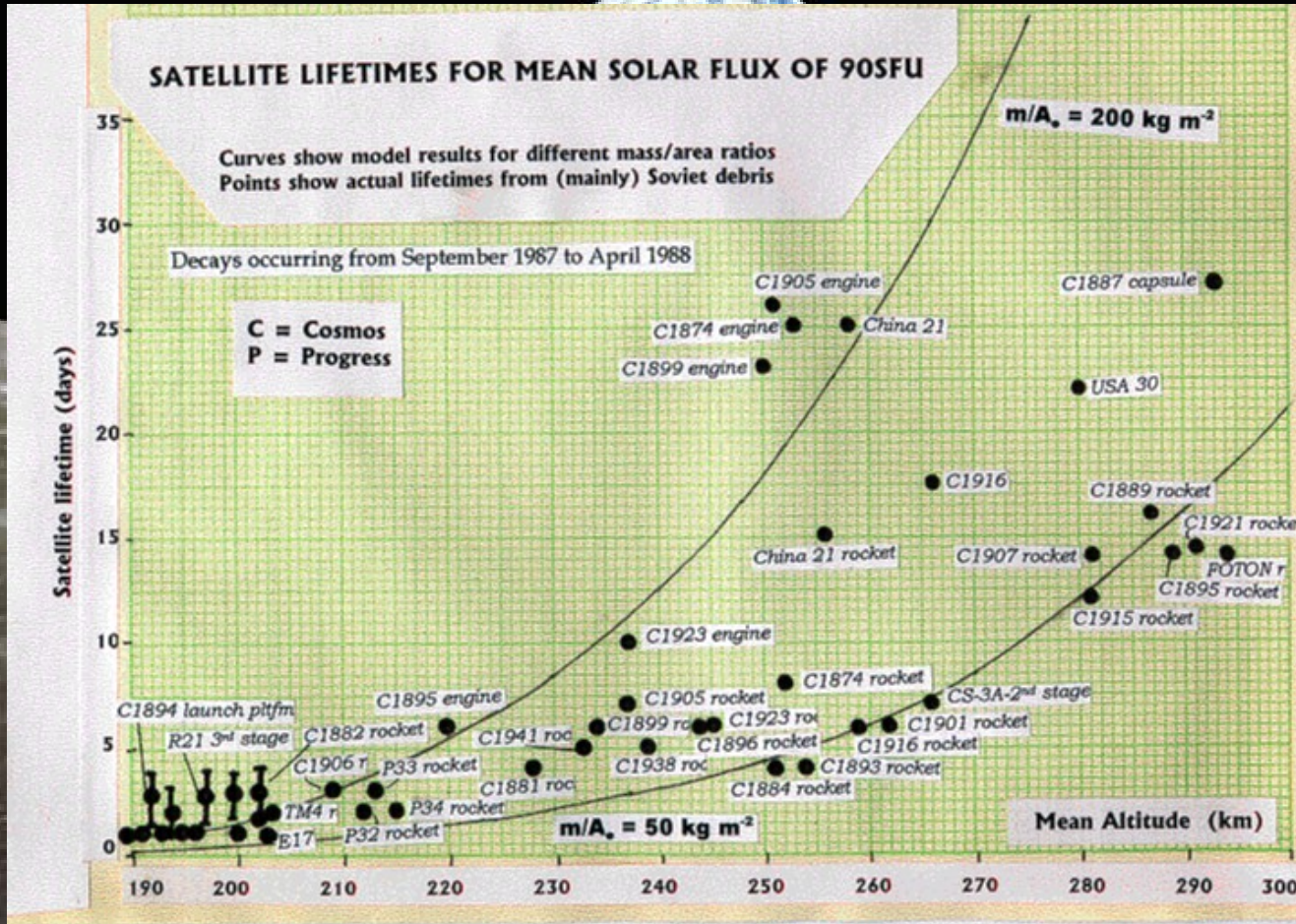
Solar Maximum Mission (SMM) uydusunun düşmesi



SMM 14 Şubat 1980 de yörüngeye yerleştirilmiştir. Güneş'i incelemiştir. 2 Aralık 1989 a kadar yörüngede kalmış, Nisan 1984 te Challenger tarafından onarılmış.



Yaşam Süresi_1





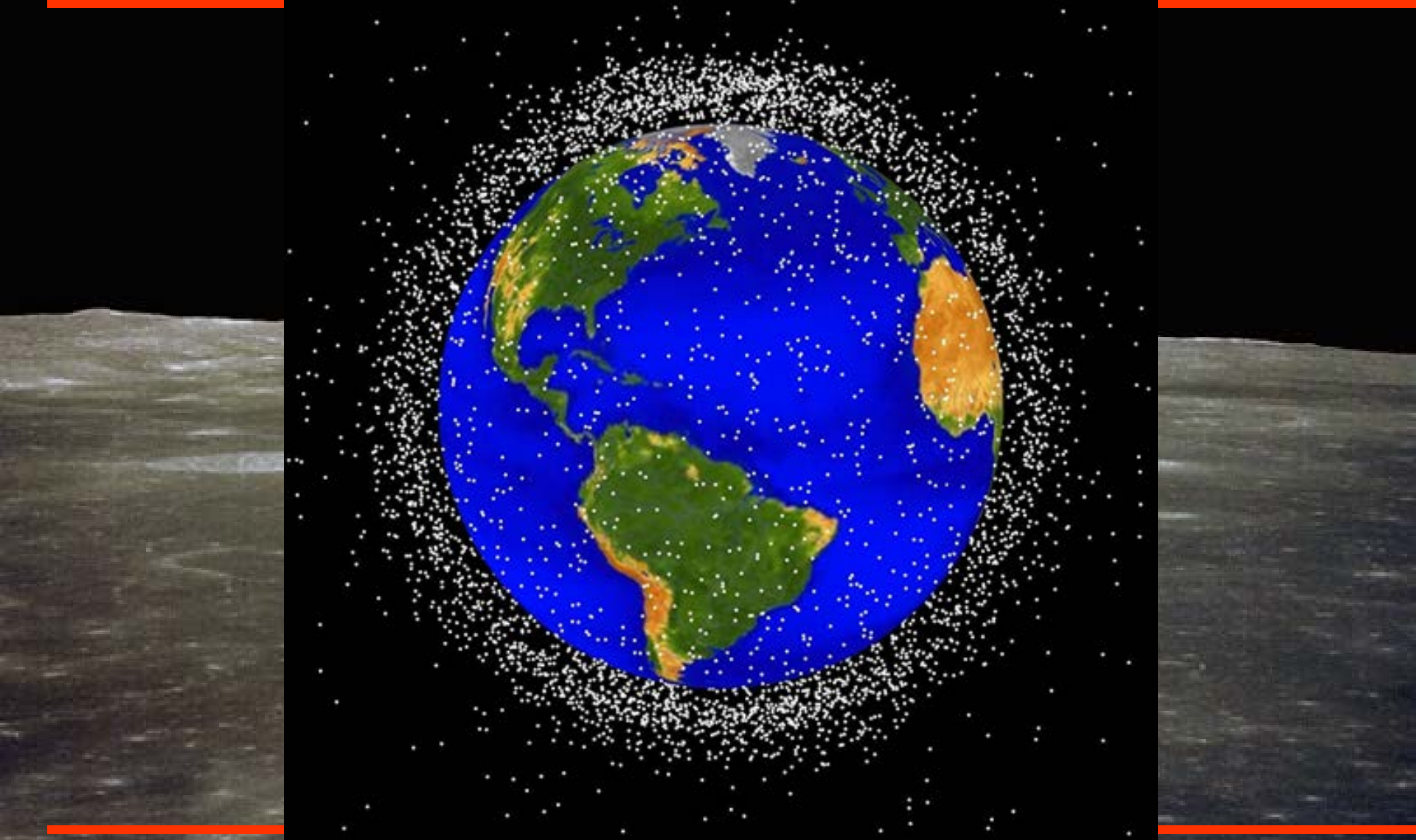
Yaşam Süresi_2



Yükseklik (km)	Yaşam Süresi
180	4-5 saat
300	20-50 gün
800	5 yıl
1 100	6 yıl
1 389	7.5 yıl
10 330	10 yıl
36 000	13 yıl



Bu Nedir?



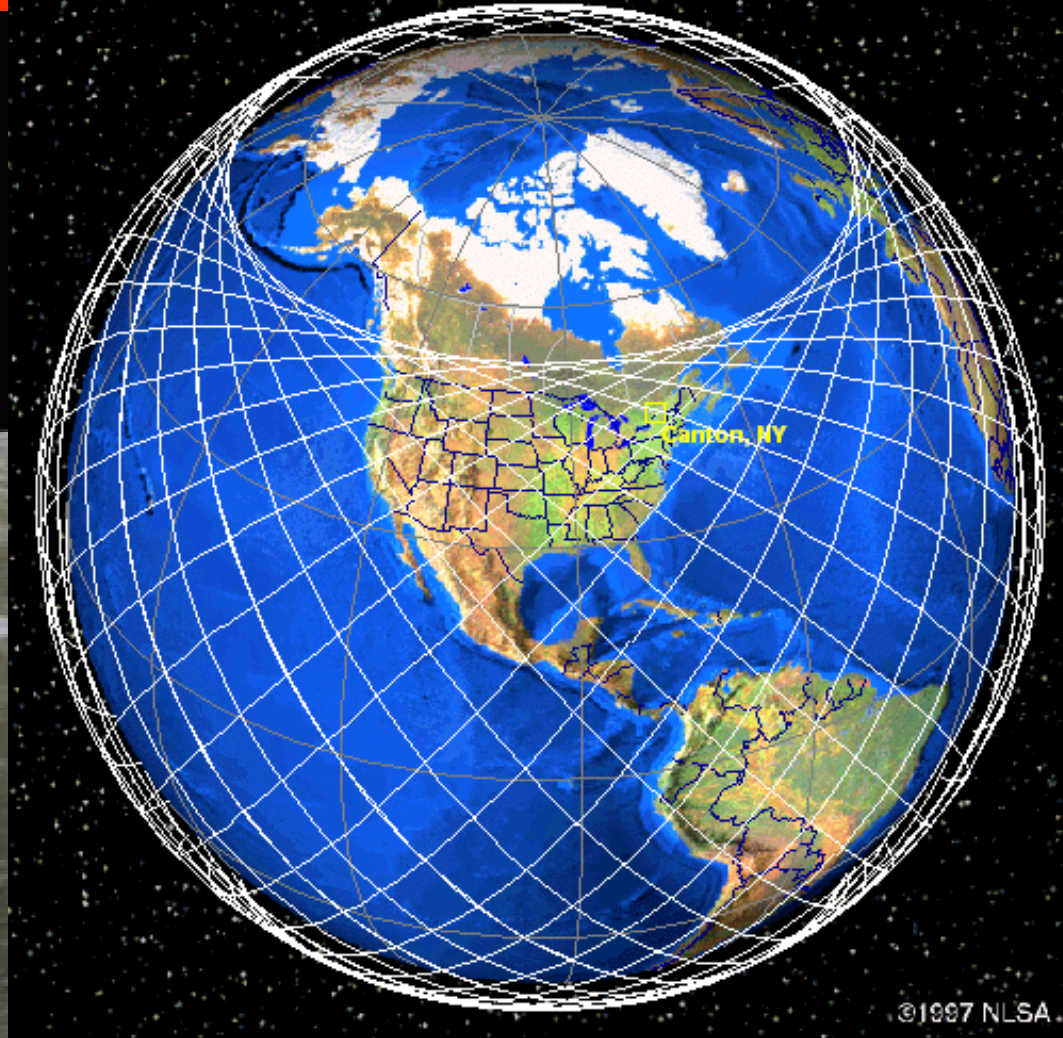


Bu Nedir?





ISS'nin yörüngesi



©1997 NLSA



Uzay Kirliliği

- Uzaya cok sayıda uydu atılmaktadır. Sadece Rus'ların attıkları
- 1976 yılında 99
- 1977 yılında 98
- 1978 yılında 88
- 1979 yılında 110
- 1978 yılında atılan 88 roketten 127 arac uzaya yerleştirildi.
- Bunların 9 tanesi bilimsel, 12 tanesi insanlı, 33 tanesi askeri fotoğrafçılık, 36 tanesi askeri ve taktik amaçlı, 8 tanesi yer bulma ve yönlendirme, 2 tanesi erken uyarı, 6 tanesi elektronik gözçü, 4 tanesi Venüs'e, 3 tanesi yer kaynakları ve jeodezi, 2 tanesi deniz gözetimi, 1 tanesi meteoroloji.





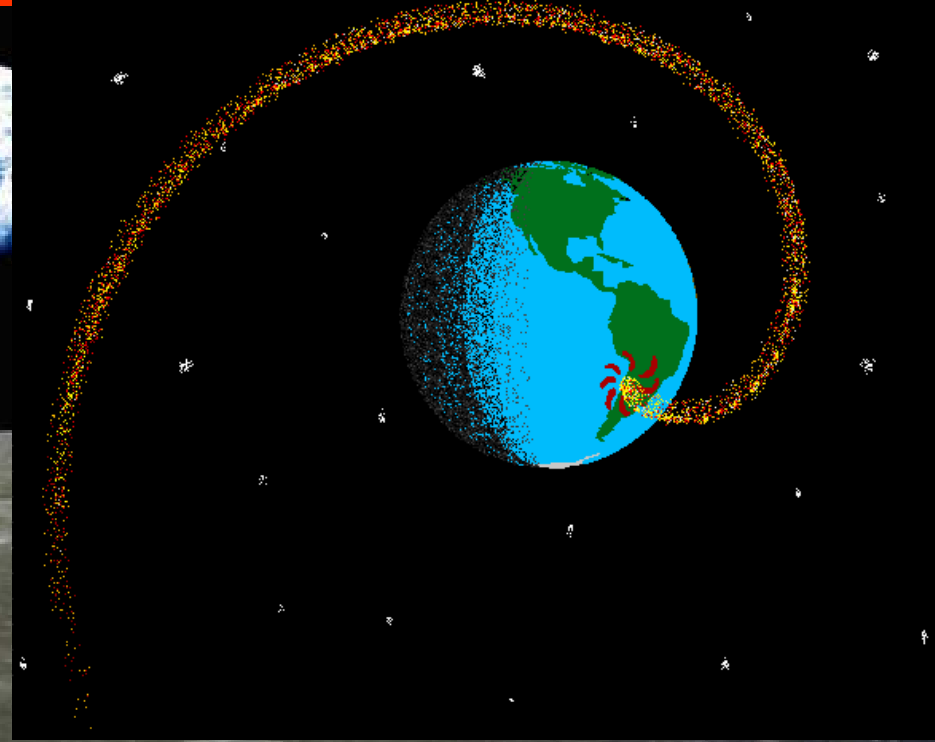
Uzay Kirliliği

- Şu anda yörüngede kullandığımız veya yeni uzaya atılacak uzay araçlarına bu cisimlerin çarpması büyük bir risk taşımaktadır.
- Optik teleskop ve radarla gözlenmektedir. Boyutu 1 cm'den küçük olanları gözlemek hemen hemen olanaksız.
- Kosmos 1402 A ve B araçları 1983 yılında
- Salyut 7 (40 ton ağırlığında) 1986 yılında
- Progress M-17 1994 yılında
- Kosmos-398 1995 yılında yer yüzüne düştü. Bunların ne zaman ve nereye düşeceğini hesaplamak da çok önemli. (<http://www.satview.org/spacejunk.php>)



Uzay Kirliliği

17 Kasım 1996 tarihinde rusların Mars'a göndermek istedikleri bir uzay aracı roketin 4. kademesindeki bir arıza nedeniyle dünyaya düştü. Araçta 200 gr plutonyum vardı. Yani Çernobil'i Güney Amerika'ya taşımıştı.





Uzay Kirliliği

- 39 yılda toplam 3750 uzay aracı atıldı.
- Bu uzay etkinliđinin sonucunda bugün boyutu 10 cm'den büyük 23000 uzay cismi büyük kirlilik yaratmaktadır.
- Őu anda bunların 10000'den fazlası hala dünya çevresinde dolanmaktadır.
- Bunlardan sadece %6'sı kullanılan uzay araçlarıdır.
- %50'si fırlatma sırasında uzayda bırakılan parçalardır.
- %44'ü ise 1961 yılından bu yana yörüngesinde parçalanan uydulardan ortaya çıkmıŐtır.

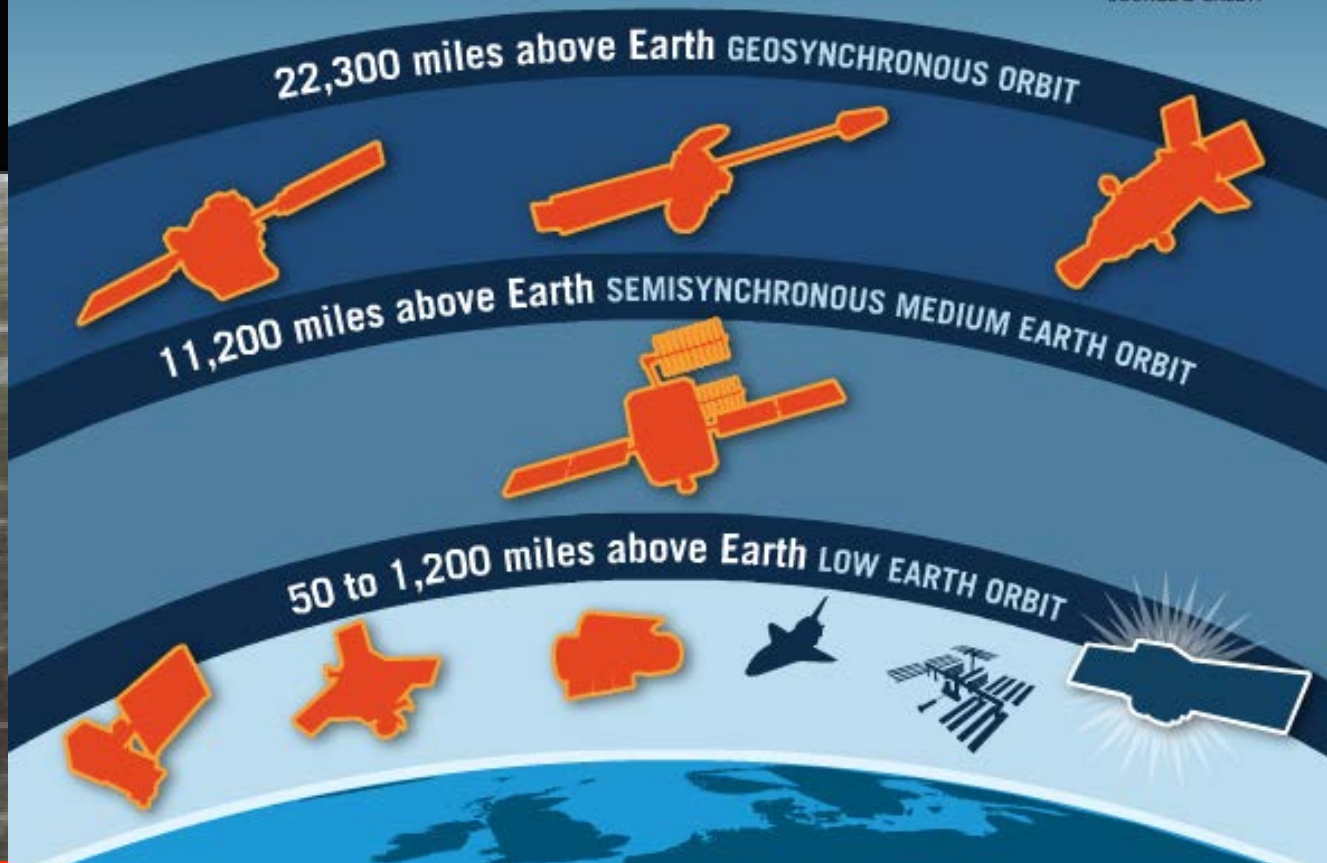


Uzay Kirliliği

Crowded Skies

There are more than 850 working satellites circling the Earth in three general categories of orbits. Here's a sample of what's up there.

SOURCE & CREDIT



Uzay Kirliliği

◀ back

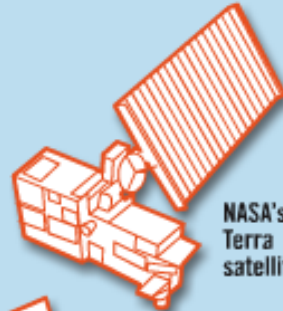
50 to 1,200 miles above Earth LOW EARTH ORBIT

Spy satellites are operated by the U.S. intelligence community. These imagery satellites reportedly can see objects as small as 4 or 5 inches across.

Weather satellites monitor climate but also detect distress signals from all commercial—and many private—planes and ships.

Environmental satellites, both civilian, like NASA's Terra, and military, monitor and collect air, land, sea, and space environmental data.

Commercial satellites like GeoEye's Ikonos can distinguish features as small as 3 feet. Communication satellites, like those operated by Iridium, serve satellite phones and other devices.



NASA's
Terra
satellite



Feng Yun 1-C

The obsolete Chinese weather satellite was destroyed 530 miles above Earth in an antisatellite weapons test Jan. 11, 2007.



Ikonos
satellite



Space
shuttle



KH12
spy satellite



International
space station

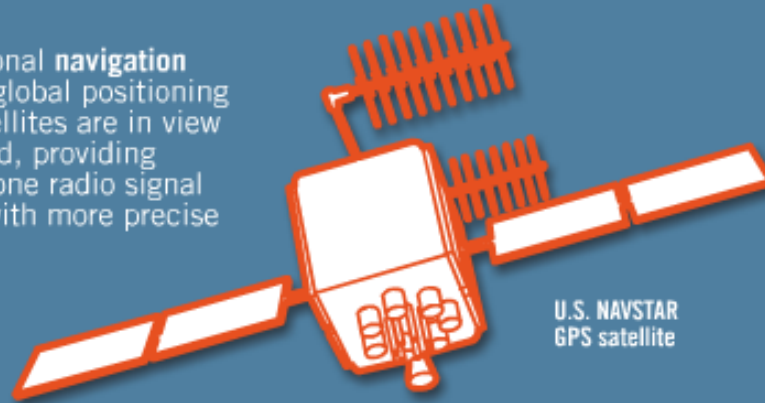
Note:
Not to scale.

Uzay Kirliliği

◀ back

11,200 miles above Earth SEMISYNCHRONOUS MEDIUM EARTH ORBIT

A constellation of 24 operational **navigation satellites** makes up the U.S. global positioning system. At minimum, six satellites are in view to users anywhere in the world, providing location data. They transmit one radio signal for civilian use and another with more precise coordinates for military use.



U.S. NAVSTAR
GPS satellite

Note:
Not to scale.

50 to 1,200 miles above Earth LOW EARTH ORBIT

Uzay Kirliliği

◀ back

22,300 miles above Earth **GEOSYNCHRONOUS ORBIT**

Communication satellites transmit multiple television programs or thousands of telephone calls at once. Satellites like XM Satellite Radio's also relay radio signals.

The highest-flying weather satellites observe nearly half of the Earth's surface. They photograph changing cloud formations and measure the planet's heat with infrared imagery.

Infrared satellites, like the Defense Support Program (DSP) satellites, detect heat from missile or rocket launches with infrared sensors.

Navigation satellites include the European Space Agency's GIOVE-A, Europe's first civilian-controlled global navigation satellite system.



DSP



MTSAT
Japanese weather
satellite



European
Space Agency's
GIOVE-A satellite

Note:
Not to scale.

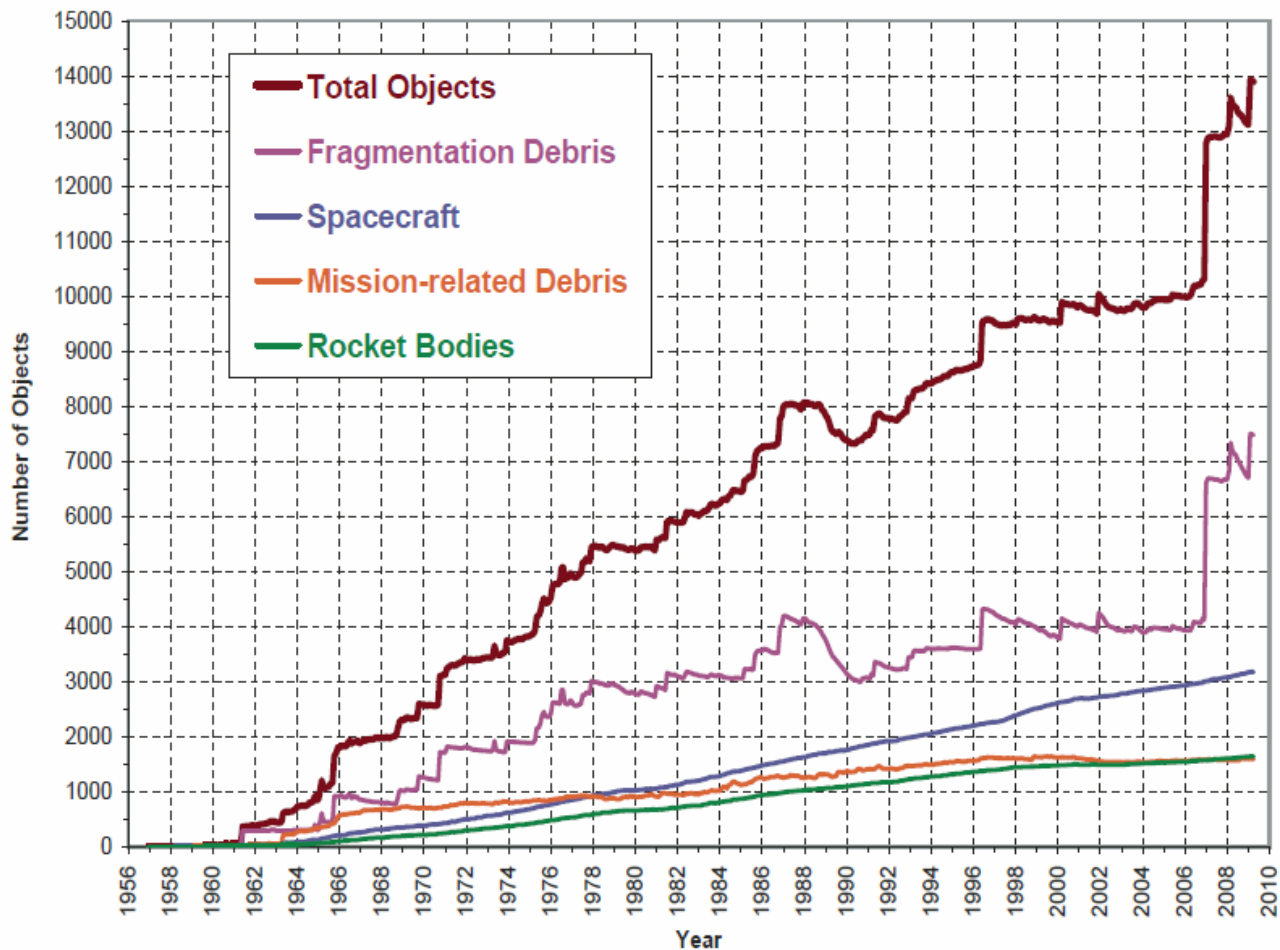
11,200 miles above Earth **SEMISYNCHRONOUS MEDIUM EARTH ORBIT**



Uzay Kirliliği

Kessler Sendromu !

Monthly Number of Objects in Earth Orbit by Object Type

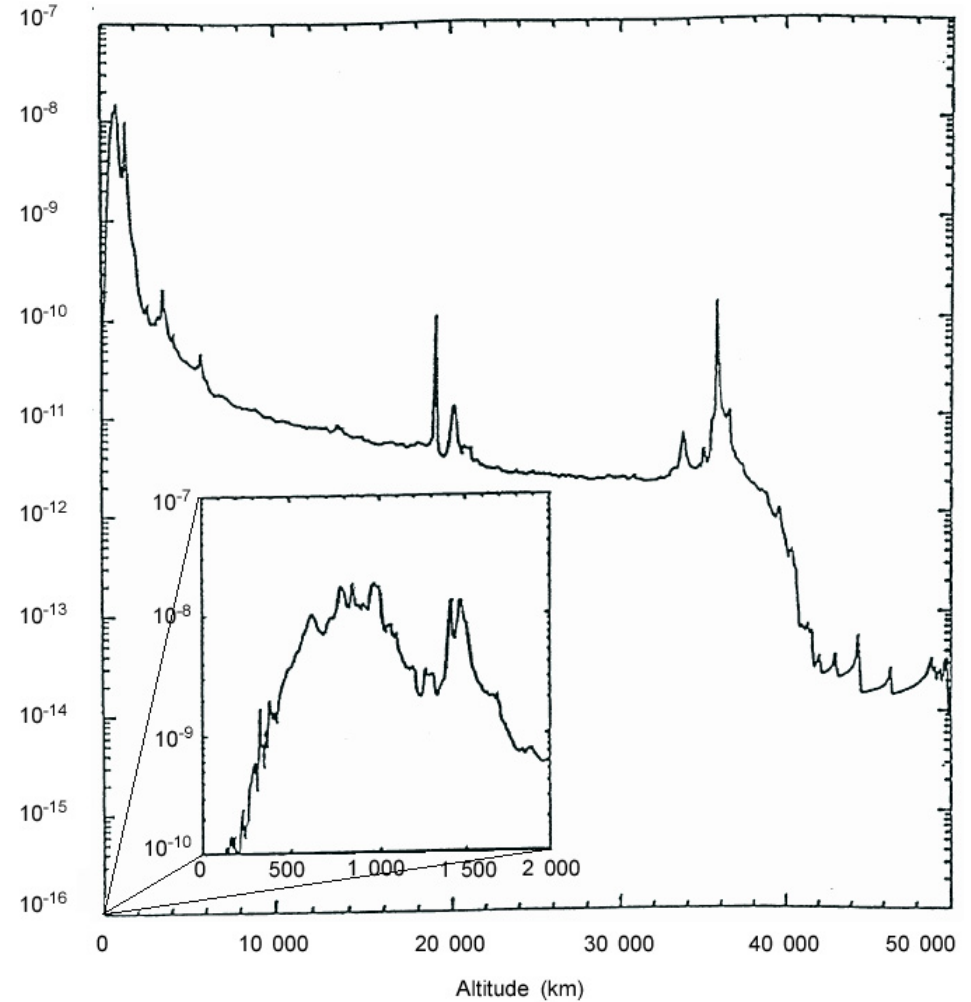




Uzay Kirliliği

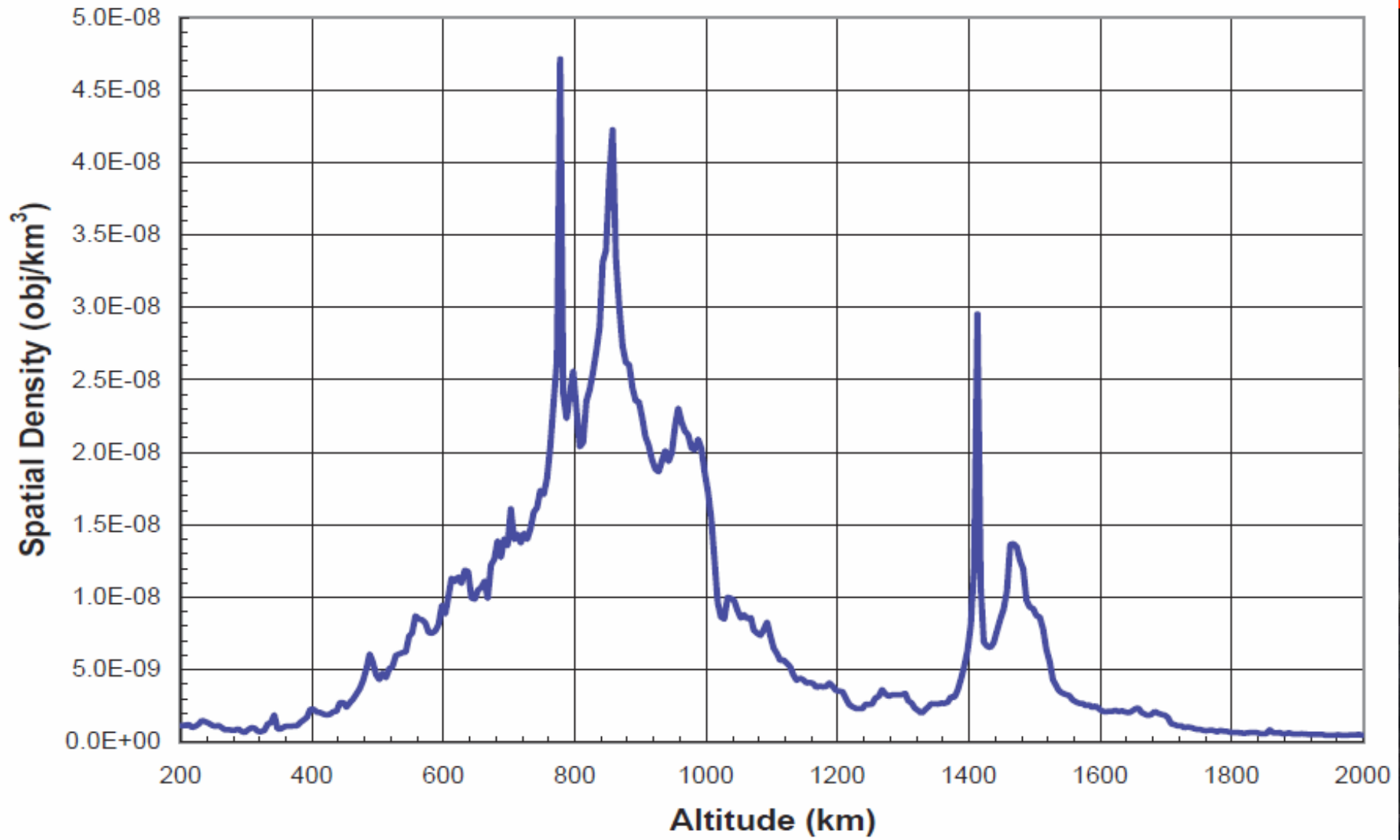
Uzay çöplerinin
yükseklige bağlı
dağılımı.

Spatial density (number/km³)





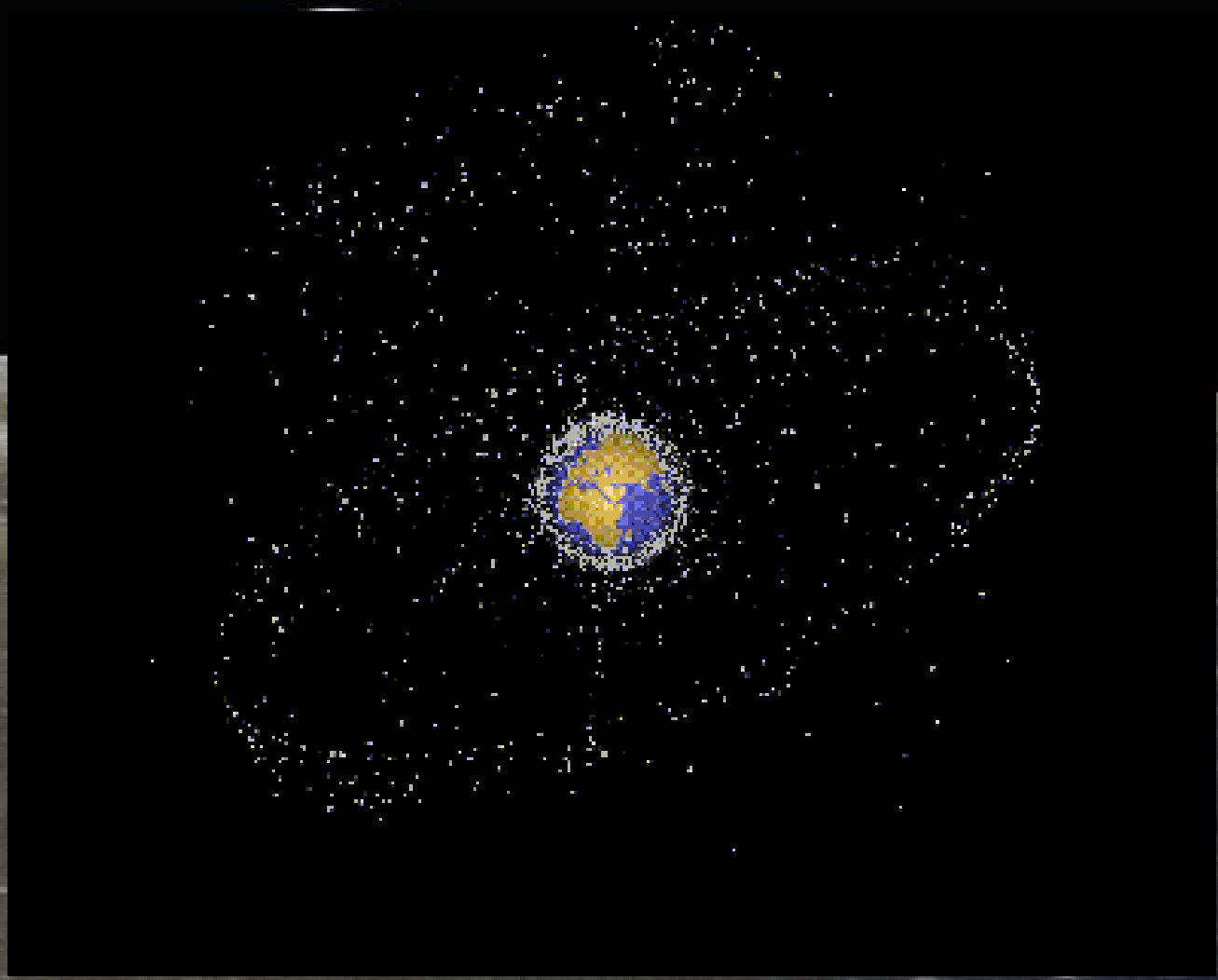
Uzay Kirliliği



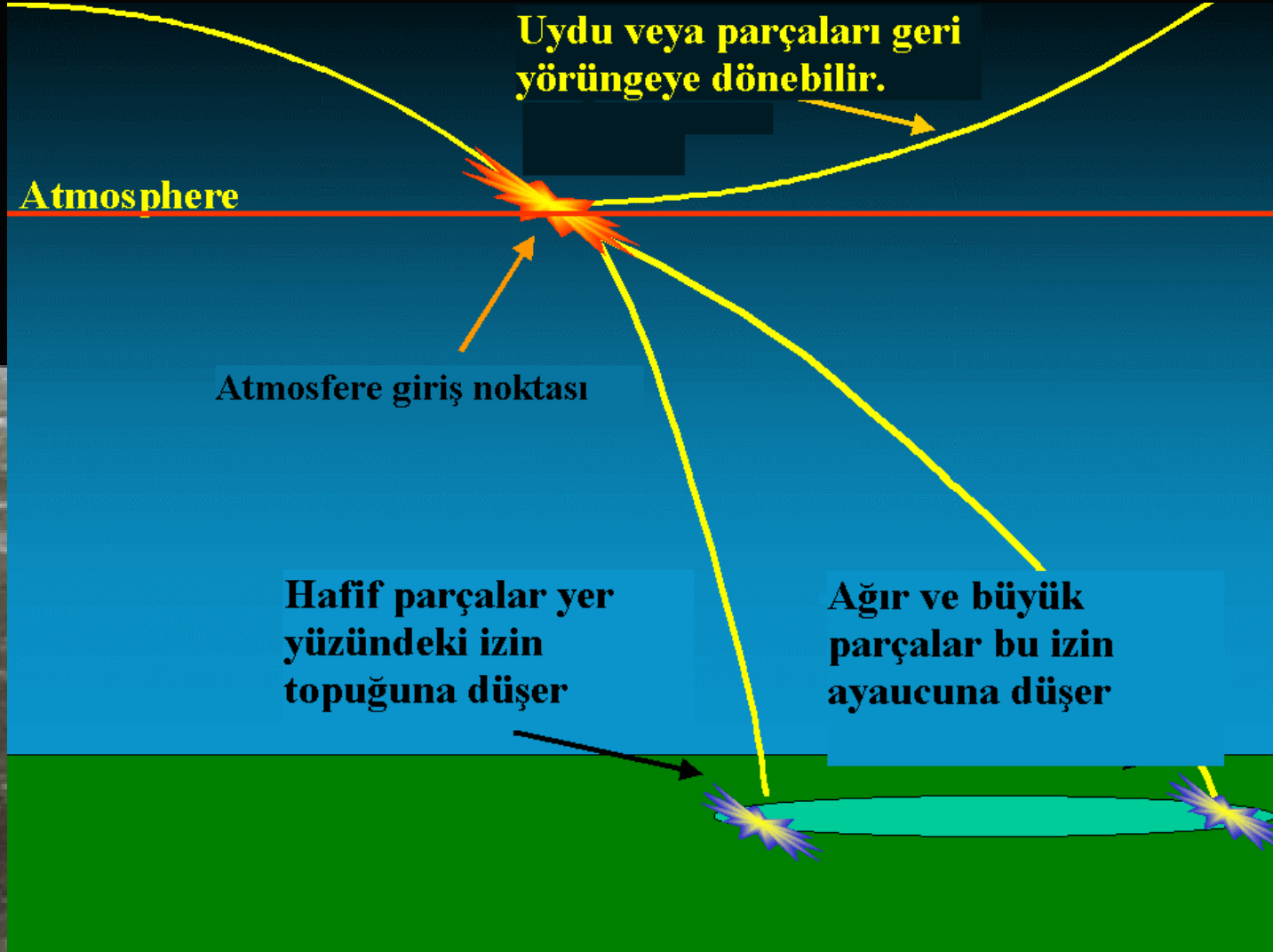


Uzay Kirliliği

1989 yılında
gözlenebilen
uzay
çöplüğündeki
parçaların
yörüngeleri.



Atmosfere Giriş





Atmosfere Giriş

□ Uydu iki türlü atmosfere girebilir. Sürüklenerek veya kontrollü giriş yapabilir. İkinci tercih pahalıdır, o nedenle atmosfere girişler sürüklenme sonucu olur.

□ Parçalanma 72 ila 84 km yükseklik aralığında olur, ortalama 78 km kabul edilir. Parçalanmanın nedeni aerodinamik kuvvetlerdir.

□ Ağır, yoğun ve sağlam olanlar biraz daha aşağıda parçalanır.

□ Güneş panelleri 90-95 km arasında kopar



Atmosfere Giriş

- Parçalar atmosfer içinde sürtünme sonucu iyice ısınırlar, bazıları yok olurlar bazıları yere kadar düşer.
- Uydu parçaları genellikle aliminyumdan yapılır ve bu metalin erime noktası çok düşüktür. Bunlar yanarak atmosfer içinde ölürler.
- Erime noktası yüksek olan (titanyum, çelik gibi) parçalar daha düşük yüksekliklerde yanarlar veya yer yüzüne kadar ulaşabilir.



Atmosfere Giriş

- Uzayda ne kadar çöp olduğunu anlamak için optik teleskop veya radar kullanılır. Çünkü bazı çöpler radar sinyaline iyi yanıt vermez bazıları ise güneş ışığını iyi yansıtmaz.
- Jeosenkron yörüngelerindeki çöpleri ancak optik teleskoplarla gözleyebiliriz. Güneş ışığını iyi yansıtan çöpler de yine teleskoplarla saptanır.
- Çöpün yapısını anlamak için optik teleskop ve tayfçeker kullanılabilir.



Yere Düşenler....



22 Ocak 1997'de fırlatılan Delta-2 roketinin ikinci kademe yakıt deposu. ABD'de Geortown'a düşen 250 kg ağırlığındaki bu tank çelikten yapıldığı için pek bozulmadan yere düşmüştür.



21 Ocak 2001 yılında yine bir Delta roketinin titanyumdan yapılmış üçüncü kademe yakıt tankı atmosfere girmiş ve Suudi Arabistan'ın başkenti Riyad'a 240 km uzağına düşmüştür. Ağırlığı 70 kg.



Yere Düşenler....



30 kg ağılığındaki titanyum yakıt tankı yine bir Delta-2 roketinin ikinci kademesi. 22 Ocak 1997 Texas'ın altında bulunan Seguin kenti yakınlarına düşmüştür.



27 Nisan 2000 yılında yine bir Delta-2 roketinin ikinci kademesi Güney Afrika'ya düşmüştür. Bu düşüş sırasında 100 km boyunca üç cisim ele geçirilmiştir. Ana yakıt tankı, basınçlı tank ve ana motor (nozzle)



Uzay çöplerinin izlenmesi
günümüzde önemli bir
araştırma alanı olmuştur.



Baker-Nunn kameraları
yapay uyduların
gözlenmesinde
kullanılmıştır. $f/0.75$
oranına sahiptirler.





Uzay Çöplerini Gözlemek...



➤ LMT (Liqued Mirror Telescope)

➤ 3 metre çaplı küresel bir kap içine bol miktarda civa konulur ve bu küresel kap dakikada 10 devir yapacak şekilde döndürülür

➤ New Meksiko'daki bu teleskop sadece başucu doğrultusundan geçen uzay çöplerini saptar.

➤ Dört yıl kullanılan bu teleskop 2001 Aralık ayında kapatılmıştır.



Uzay Çöplerini Gözlemek...

- **MODEST (Michigan Orbital DEbris Survey Telescope)**
- Şili'de bulunan Michigan üniversitesinin Schmidt teleskobu GEO yörüngelerindeki çöpleri saptamak için kullanılmaktadır.
- Teleskobun çapı 91 cm'dir. Detektör olarak duyarlı bir CCD kullanmaktadır.
- Bu teleskop hala kullanılmaktadır.





Uzay Çöplerini Gözlemek...

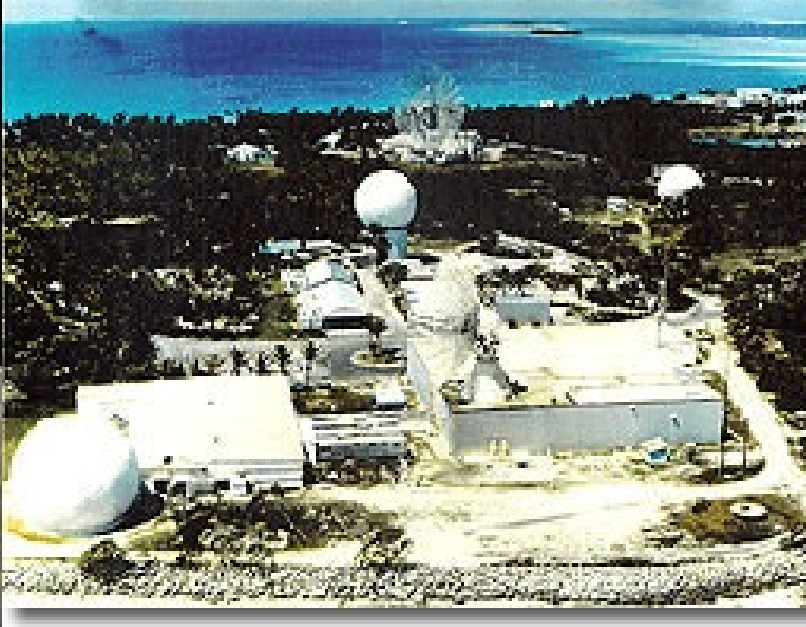
1990 yılından bu yana ABD savunma bakanlığı ile yapılan bir anlaşma sonucu MIT'in çalıştırdığı Haystack radarı uzay çöplerini saptayıp onların yörüngelerini hesaplamaktadır. 1-30 cm boyutlarındaki çöpleri algılamaktadır. 3cm dalgaboyunda çalışmakta.



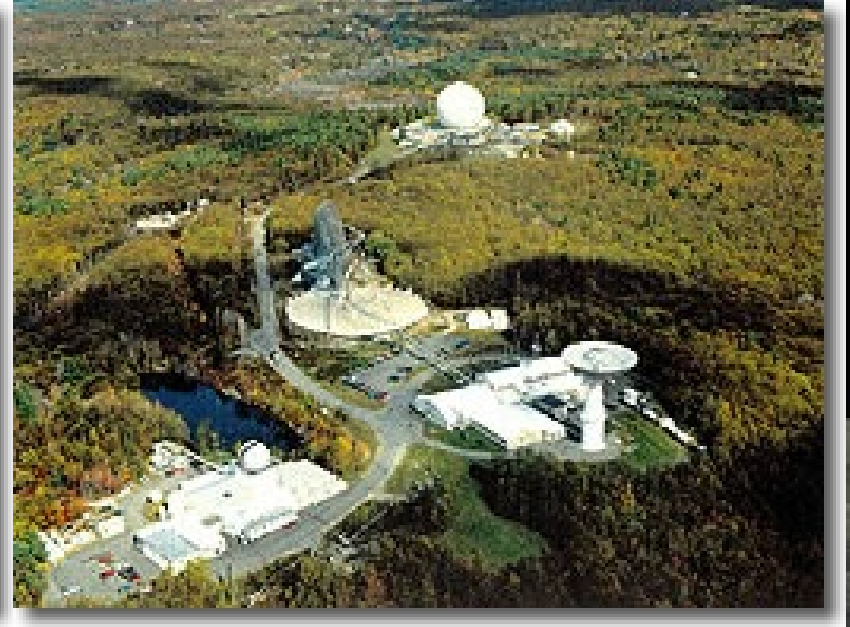
Boyutu 1 cm'den büyük çöplerin sayısı 100 000 tanedir.



Uzay Çöplerini Gözlemek...



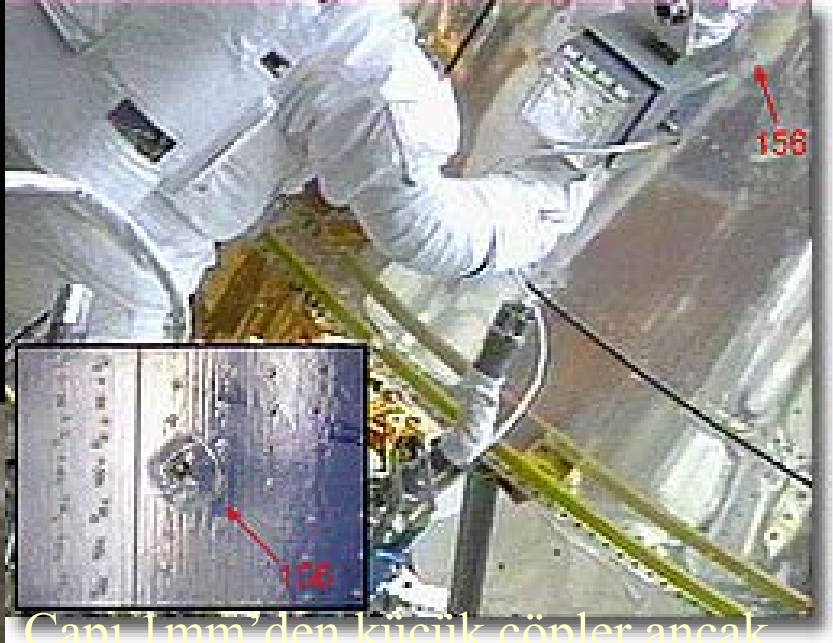
ABD ile Japonya arasında bulunan Kwajalein adalarındaki ABD üssünde bulunan radar sistemleri



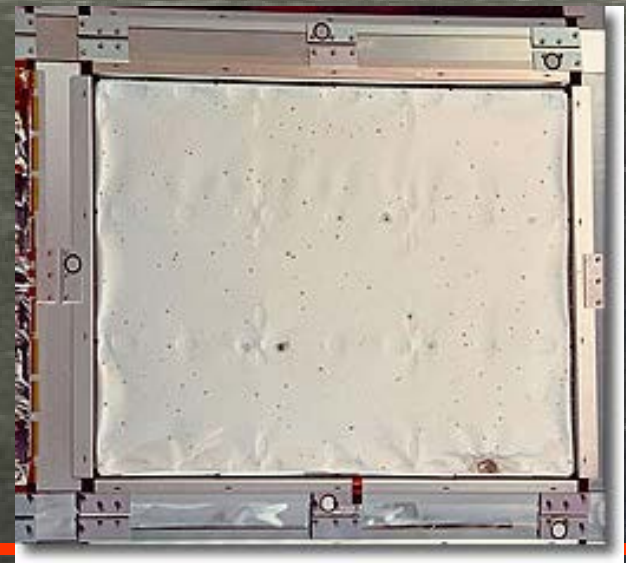
Milestone Hill Gözlemevi. Burada bulunan radar da uzay çöplerini saptamakta kullanılmaktadır.



Küçük Boyutlu Çöpler...

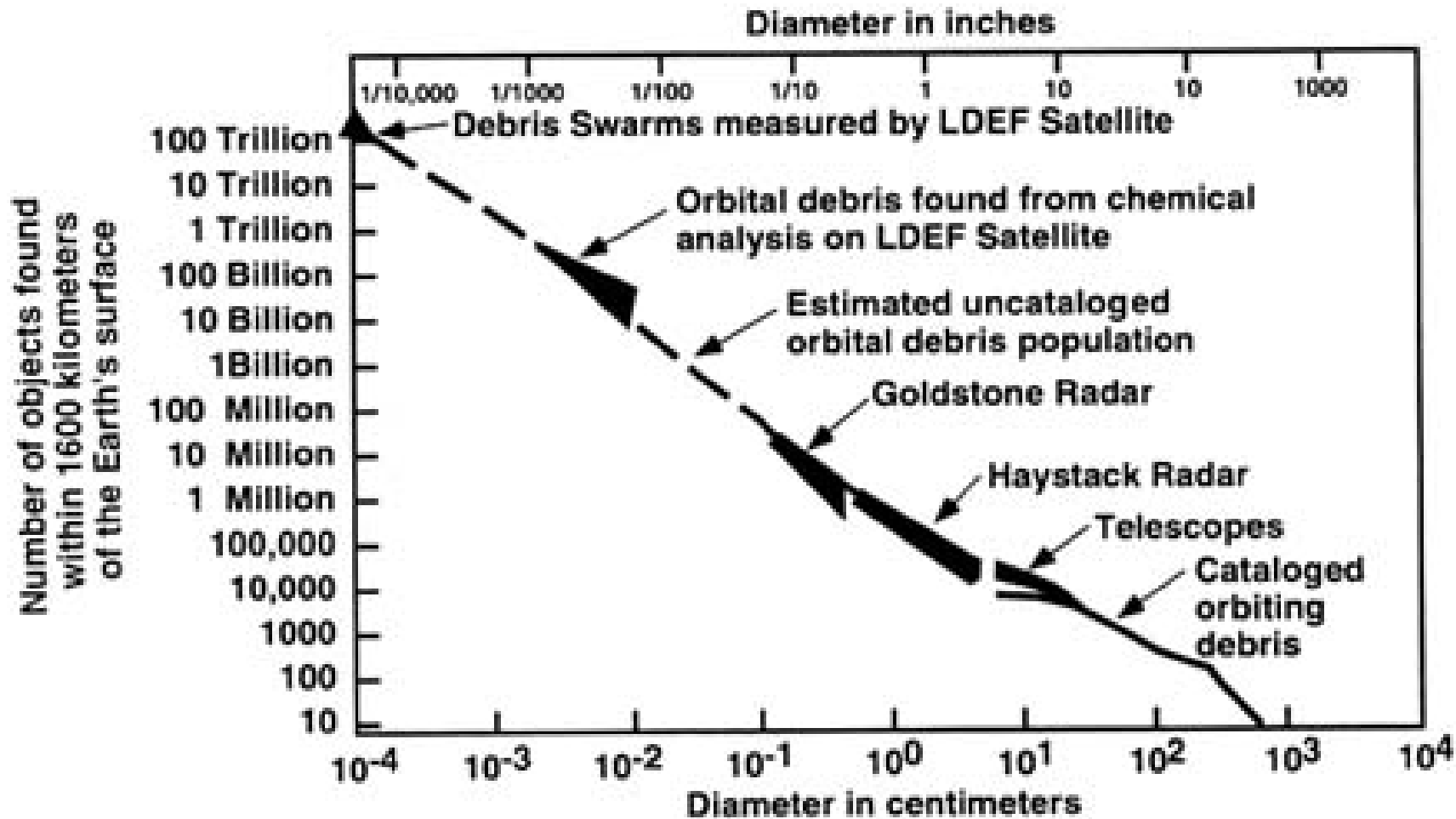


Çapı 1mm'den küçük çöpler ancak yerlerinde ölçülebilir. Bunun için de birçok proje yapılmıştır, LDEF(Long Duration Exposure Facility) uydusu bunlardan birisidir. Resimde Hubble'a çarpan küçük parçaların meydana getirdiği yaraları görmektesiniz. Sağda LDEF.





Uzay Çöplerini Gözlemek...





Uluslararası Standartlar

- ABD federal İletişim Komisyonu 18 Mart 2002 tarihinden sonra fırlatılan ABD lisanslı her uydunun yaşam süresi sonunda bir şekilde yok edilmesi kuralını koymuştur.
- Bu kuralın konmasını 11 uluslararası Uzay Ajanslarından oluşan Uzay Kirliliği Koordinasyon Komitesi (IADC) istemiştir. Bu komitenin amacı uzay kirliliğini azaltmaktır.
- Bu kurala ilk uyan Spot-1 uydusu olmuştur.



Uluslararası Standartlar

- 1986 yılında Belçika, İsveç ve Fransa'nın ortak yapımı SPOT-1 uydusu yörüngeye yerleştirildi. Üç yıl çalışacak şekilde düşünülmüştü. 2.7 milyondan fazla Avrupa'nın resimlerini çekti.
- 18 yıl çalıştı şimdi artık işe yaramaz duruma geldi çünkü daha sonra gönderilen SPOT-2,3,4 ve 5 uyduları daha iyi fotoğraf çekiyorlardı.
- Eğer bulunduğu yörüngede bırakılsaydı 200 yıl daha dünyanın etrafında dönecekti.
- Uzmanlar son yakıtları kullanarak 600 km'nin altında bir yörüngeye yerleştirdiler. Artık 10 yıl sonra dünya atmosferine girecek.



Küçük Boyutlu Çöpler...

- 1993 yılında Hubble Uzay Teleskobuna yapılan ilk onarım faaliyetlerinde anteninde 1 cm çaplı bir delik bulundu.
- 1996 Temmuz ayında Fransızların Cerise adlı askeri uydusu bir çöple çarpıştı ve onarılamaz hasar gördü. Bunun bir Ariane roketinin son kademesinden kalan parça olduğu iddia edildi. 4.2 metre boyundaki kolu tamamen çalışmaz hale geldi.
- Önümüzdeki yıllarda başka çarpışmalar olacak mı? Bunu kimse önceden tahmin edemez. Uzay çöplerinin sayısını azaltmak konusunda çalışmalara devam edilmesi gerekiyor.



2003 Yılı İstatistiği

- ESA'nın uzay kirliliği konusunda uzmanı olan Professor Walter Flury'e 2003 yılının sonunda, 10 000 tane katologlanmış uzay çöprü dünya çevresinde dolanmaya devam edecek. Bunların,
 - %7'si Çalışan uydular
 - %22'si Eski uydular
 - %17'si Roket parçaları
 - %13'ü Uçuşlarla ilgili parçalar
 - %41'i Çeşitli parçalar



Çöplerin Yaşam Süreleri

- Uyduların yaşam sürelerine benzerler. Bunların kesit yüzeyleri daha küçük olduğundan normal uydulara göre biraz daha fazla yaşarlar.
- 600 km altında olan çöpler birkaç yıl içinde atmosfere girerler.
- 800 km altında olanlar 10 yıl mertebesinde düşerler.
- 1000 km üstünde bulunan çöpler ise yüzyıl yöresinde yaşam süreleri vardır.



Çöpler nereye düşerler...

- Atmosfere giren çöpler genellikle okyanuslara düşerler. Kanada, Avustralya ve Sibirya en çok düştüğü kara parçalarıdır.
- Son 40 yılda ortalama katologlanmış bir uzay çöprü her gün yer yüzüne düşmektedir ve bugüne kadar insanlığuna bir zarar vermemiştir.
- Uydular ve uzay istasyonları çapı 1 cm'e kadar olan parçalar için özel olarak zırhlandırılmıştır.
- Çapı 10 cm yöreninde olan bir parçanın çarpması son 45 yılda bir kez meydana gelmiştir.

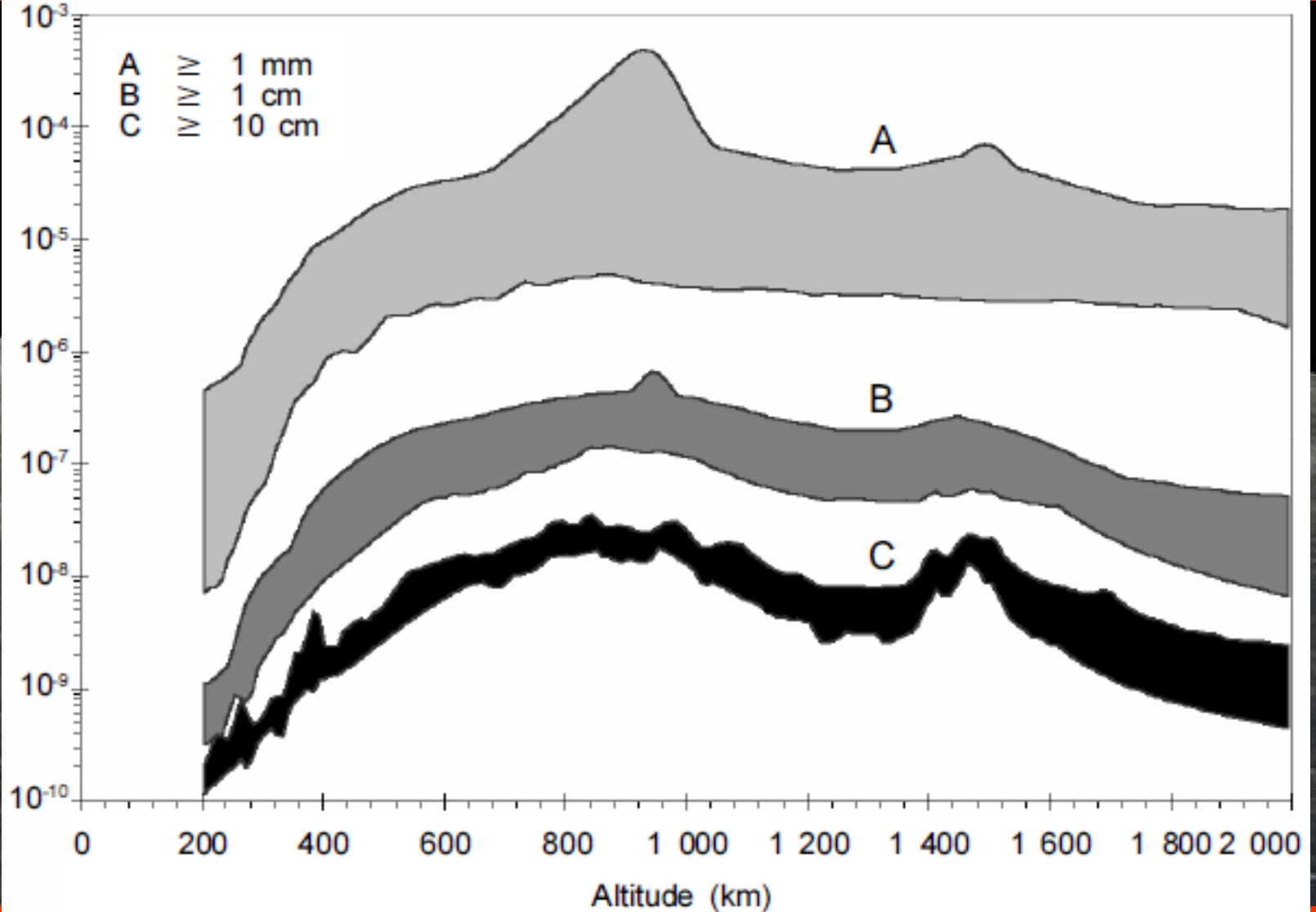


Boyut olarak Dağılımları

Boyut	Sayı	Yüzde (Sayı olarak)	Yüzde (kütle olarak)
Büyük (10 cm'den)	10 000 den fazla	<0.5	>99.95
Orta (1mm-10cm)	>10 milyon	>99.5	<0.05
Küçük (<1mm)	Trilyonlarca		<0.01



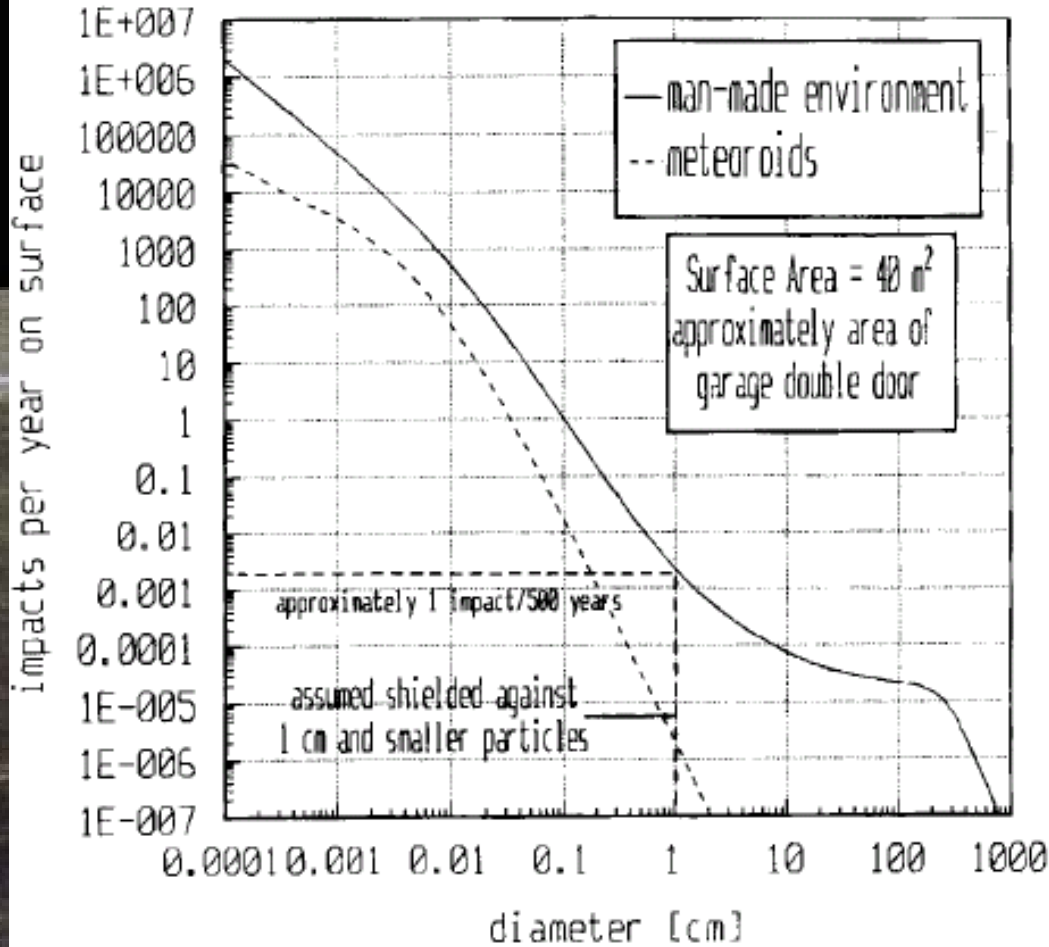
Çöplerin Uzay Yoğunluğu





Küçük Uydulara Çarpması

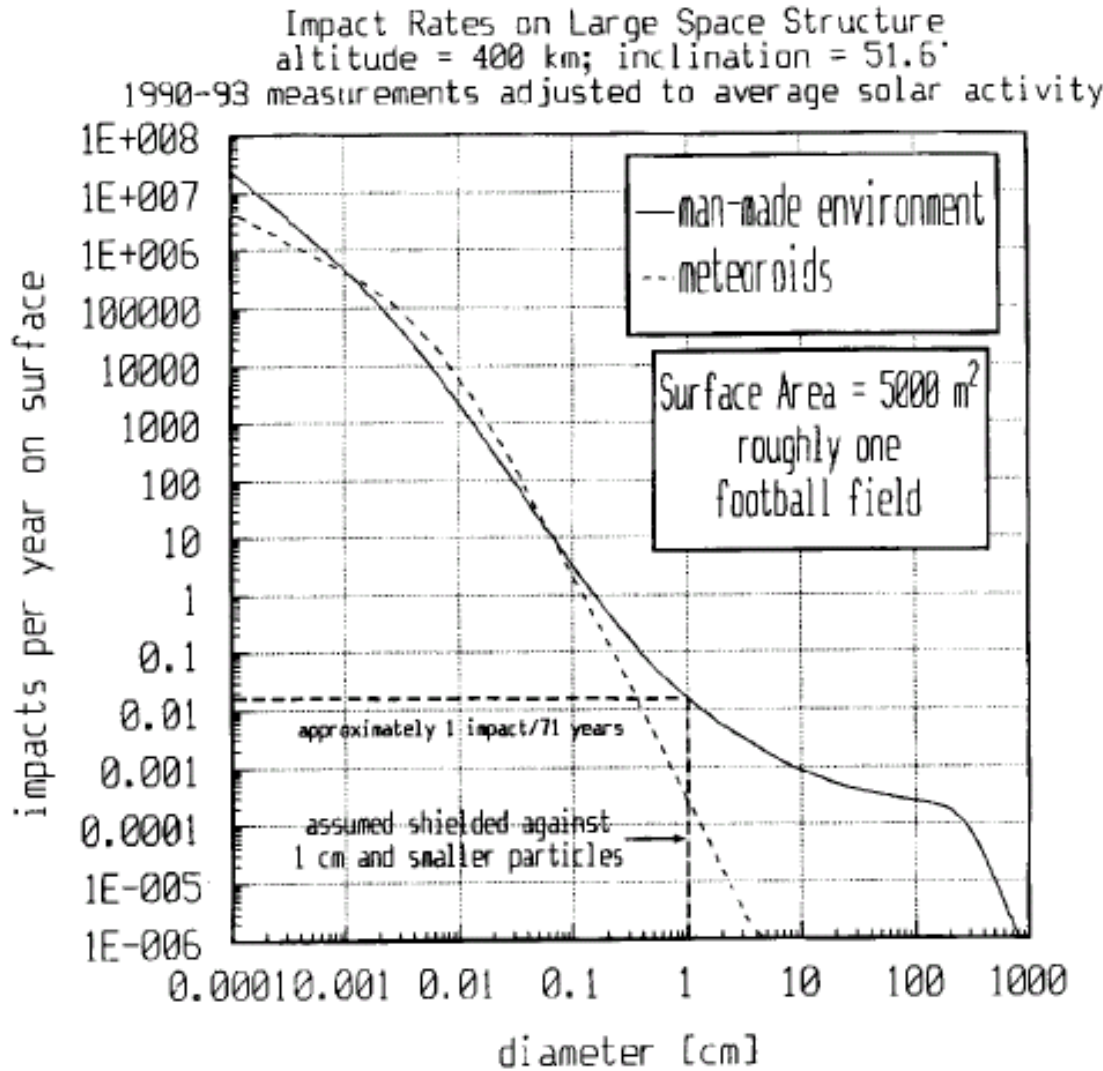
Impact Rates on Average Small Satellite
altitude = 950 km; inclination = 99°
based on 1990-93 measurements & models



950 km.
Yükseklikteki bir
küçük uyduya
1994-2030 yılları
arasında uzay
çöplerinin bir yılda
çarpma miktarı



Uzay İstasyonlarına Çarpması



400 km.
yükseklikteki bir
uzay istasyonuna
1994-2030 yılları
arasında uzay
çöplerinin bir yılda
çarpma miktarı