

# Zeolitler Uzayda

Yeni bir uydunun uzaya fırlatılması, yörüngeye oturtulması ya da bir uzay aracının X gök cisminde araştırma yapması, bizim için artık "yeni" ve "ilginç" olma özelliğini yitirmiş, sıradan haberler haline geldi. İnsanlık, uzayda elinin uzanabildiği her köşeyi, gerek yeni teleskoplarla, gerekse bizzat giderek araştırmaya başladı. Elde edilen sonuçlar ise, taşıdıkları bilimsel değerlerin yanı sıra, haber açısından oldukça zengin bir kaynak oluşturuyorlar. Ancak Uluslararası Uzay İstasyonu gibi, bilimkurgu filmlerini çağrıştıran ortak projeler söz konusu olduğunda, haber sıradanlığını yitiriyor. Özellikle de, Uzay İstasyonu'nun geliştirilmesine hizmet eden bir projede ülkemizden bir bilim adamı da görev almışsa...

**U**LUSLARARASI Uzay İstasyonu konusundaki önemli adımlardan biri, 1995 yılının Haziran ayında gerçekleştirilen Mir-Atlantis buluşmasıydı. Dergimizde "Tarihi Buluşma" başlığı altında bahsettiğimiz uçuş, kargo bölümünün kış tarafına eklenen, Spacelab (uzay laboratuvarı) adı verilen modülle daha da renklenmişti. Spacelab, 13 ülkeden araştırmacının katkılarıyla Uluslararası Uzay İstasyonu'nda kurulacak Uzay Bilim ve Teknoloji Enstitüsü'nün kurulma aşamasındaki bir basamaktı ve tasarımında 13 ülkeden araştırmacının katkısı bulunuyordu. Mir Uzay İstasyonu'nun 1997 yılı sonuna kadar kurulması planlanıyor. 1998 yılının ilk aylarında ise Uluslararası Uzay İstasyonu Alpha-1'in montaj uçuşları başlayacak ve montaj çalışmalarının 2000 yılının başlarında tamamlanması bekleniyor.

Spacelab'ın öyküsü 1995 yılından çok daha önceye dayanıyor. Tarih 24 Eylül 1973... Amerikan Uzay ve Havacılık İdaresi (NASA) ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) arasında bir sözleşme imzalanır. Sözleşme, Spacelab'ın "özel amaçlar" için tasarım ve geliştirilmesi amacıyla işbirliği yapılmasını öngörür.

Haziran 1974 yılına gelindiğinde ise, Spacelab'ın bileşenlerini üretmeye girişilmişti bile. Üretimi için girişimlerde bulunan bu ilk bileşen bir laboratuvar içeren modüldür. Basınç ayarlanabilen modül, zamanla ekipman aç-

sından da zenginleştirilmiş ve laboratuvarı bütünüleyici parçaların yapımı tasarlanmış. Bugün, Spacelab'da laboratuvar içeren modülün dışında, alet ve ekipmanların uzayla temasını sağlayan bir ya da daha fazla sayıda düzenek, modüle ivme kazandıran bir tünel ve cihaz göstergeleri bulunuyor. "Özel amaç" için görev alacak kişiler ise, profesyonel astronotların yanı sıra, astronotluk eğitimi almış bilim adamları.

Göreve bağlı olarak sayıları 1-4 arasında değişen profesyonel astronotlar, Spacelab'ın "şoförleri"dir. Uçuş sırasında "kızlarına" gerekli bakımı gösterirler. Bilim adamları ise, uzay uçuşunun inceliklerinin yanı sıra, uzayda yapacakları deneyler konusunda eğitim alırlar. Laboratuvar iki bölüme ayrılır. Bunlardan birincisi, veri işlem cihazlarının da bulunduğu laboratuvar bölümü ve gerekli durumlarda uzayla temas için destekleyici sistemleri kapsayan kabuk bölümü; ikincisi de deneylerin yapıldığı ve içi daha geniş olan deney bölümü. Bilim adamlarının deneylerini, yani

uçuşun "özel amacını" gerçekleştirdikleri bu iki bölümlü laboratuvarın dış çapı yaklaşık 4,2 metre, yüksekliği ise yaklaşık 7 metre. Araştırmacılara rahat bir çalışma ortamı sağlamak amacıyla, modülün sıcaklığı araştırmacıların kısa kollu gömlekle dolaşabilecekleri düzeyde tutuluyor.

Modülde gerçekleştirilecek deneyler uçuştan uçuşa farklılık gösterse de, birçoğu, yerdeki bilimsel çalışmalara destek vermenin ötesinde, Uluslararası Uzay İstasyonu'ndaki Bilim ve Teknoloji Enstitüsü için gerekli altyapının sağlanmasını amaçlıyor. Her uçuş için "özel amaç" belirleniyor, modül bu doğrultuda donatılıyor ve "özel amaca" yönelik olarak uçuştaki gerçekleştirilecek deneyler planlanıyor. Mürettebatın hazırlıklarından sonra da uçuş gerçekleştiriliyor. Bundan sonrası, yerdeki ve uzaydaki ekibin deneylerdeki başarısına bakıyor. Örneğin, Uluslararası Uzay İstasyonu'nda yapılacak araştırma başlıklarının arasında kristal büyüme deneyleri yer alıyor. Şimdiye kadar



Mürettebat, Columbia'nın STS-73 uçuşu için USML-2 uzay laboratuvarında eğitimde... (üstte)  
Prof. Sacco, USML-2 uçuşu için hazırlanıyor (Sağda)



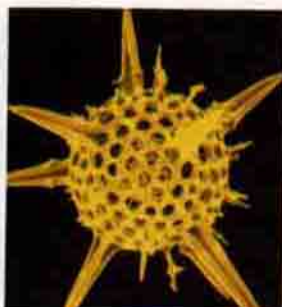


çeşitli uçuşlarda bazı proteinlerin ve zeolitlerin daha büyük kristallerinin üretimine çalışıldı. Özellikle zeolitler konusunda elde edilen olumlu sonuçlar, bu kristallerin uzayda üretimine yeşil ışık yakacağına benziyor. Daha sonra da bu uzay kristalleri şablon olarak kullanılacak; Dünya'da taklitleri üretilebilecek.

Zeolit kristalleri normalde doğada da bulunan alüminyum, silikon ve oksijenden oluşan inorganik bileşenler. Doğadaki sınırlı sayıda zeolit kristaline kullanım alanı açılınca, bunların sentetik üretim yoluyla çeşitlenmesi gündeme geldi. Sahip oldukları petekli yapı, zeolitlerin bakteri, virüs gibi mikroorganizmaların süzülerek ayrılmasında, hızlı ve etkin su arıtma sistemlerinin kurulmasında ve hatta yapay kemik üretiminde yeni diyaliz cihazlarında kullanılmalarına olanak sağlıyor. Kendilerine özgü maddelere gösterdikleri yüksek seçicilik sayesinde de katalizör olarak kullanılıyorlar. Özellikle su arıtma sistemleri için iyi birer aday olan zeolitlerin, sezyum ve stronsiyum gibi radyoaktif bileşenlerle, azot ve fosforlu bileşenler ya da düşük derişimdeki metal iyonları gibi sudan ayrıştırılması zor maddelerin uzaklaştırılmasında etkin olduğu biliniyor. Katalizör olarak kullanımı ise en çok petrol ve petrokimya endüstrisine yarar sağlıyor, ancak zeolitlerin katalizleme mekanizması bütünüyle anlaşılabilmiş değil. Bu da katalizör işlevi göreceği yeni zeolitlerin üretimini kısıtlayan bir etmen.

Ham petrolün işlenmesinde hem moleküler süzgeç hem de katalizör olarak işlev gören zeolitler, bu alanda da gelecek vaat ediyorlar. Ancak fosforu daha etkin süzebilen ya da petrolün işlenme sürecini daha verimli kılabilen uygun zeolitlerin üretimi, zeolit kristal yapısına ve büyüklüğüne gelip dayanıyor. Zeolitlerin uzaklara yolculuğu işte burada başlıyor!

**Zeolit kristalleri**



## Zeolitler Uzaya Gidiyor

Dünya'da çeşitli üniversitelerde sürdürülen deneylerde zeolit kristallerinin yerçekimine yenik düştüğü, istenen kristal yapılarının ve büyüklüklerinin yerçekimi nedeniyle elde edilemediği görüldü. Bundan sonra çalışmalar, zeolitleri uzayda mikroçekimli ortamda üretmeye yöneldi.

Mikroçekimli ortam, çekimin çok az olduğu ortam anlamına gelir. Yeryüzündeki çekim 1 g (yerçekimi ivmesi) alındığında, uzay mekiğindeki mikroçekim ortamı  $10^{-3}$ - $10^{-4}$  g civarındadır. Mikroçekimli ortamda araştırmacılar, kristal büyümesini etkileyen farklı unsurları belirlemeyi ve çeşitli kristalleri üretmede kullanılabilecek uygun yöntemleri saptamayı hedefliyorlardı. Uzay üretimi zeolitlerin daha büyük kristal yapısına sahip olacağı, daha önceden tahmin ediliyordu. Uzaydaki üretim sayesinde, iç yüzü bilinmeyen "katalizörlük" meselesi de açıklık kazanacaktı. Bugünkü üretim teknolojileri daha büyük kristal yapısı elde etmek için kimyasal katkı maddelerine başvuruyor. Bunlar ise zeolitlerin kullanımını kısıtlıyor. Eğer katkı maddelerini kullanmaksızın daha büyük kristalli zeolitler elde edilebilirse, söz konusu kısıtlamalar da ortadan kalkacaktır. Hem yer hem de uzaydaki büyük kristalli zeolitlerin üretiminde kullanılan fırının ilk uçuşu, USML-1 adlı laboratuvarla oldu. Bu uçuşla elde edilen bulgular, onların süregelen yolculuklarının başlangıcı oldu.



Prof. Sacco, USML-2'de Damla Fizik Modülünde



Uçuş: STS-50  
Araç: Columbia  
Fırlatma: 25 Haziran 1992  
Mürettebat: Richard N. Richards (3. uçuş), Kenneth D. Bowersox (1. uçuş), Bonnie J. Dunbar (3. uçuş), Ellen S. Baker (2. uçuş), Carl J. Meade (2. uçuş), Lawrence J. DeLucas\* (1. uçuş), Eugene H. Trinh\* (1. uçuş) (\*deneyden sorumlu bilim adamları)

Kargo: USML-1 (United States Microgravity Laboratory-1; Birleşik Devletler Mikroçekim Laboratuvarı-1)

Yapılan Araştırmalar: IFMP (Investigation in Polymer Membran Processing; Polimer Membran İşlemlerinde İnceleme), SAREX-II (Shuttle Amateur Radio Experiment-II; Mekik Amatör Radyo Deneyi-II), UVP I (Ultraviole Plume Instrument, Özel Morötesi Araç), ZCG (Zeolite Crystal Growth, Zeolit Kristal Büyütme Deneyi), PCG (Protein Crystal Growth; Protein Kristal Büyütme Deneyi), DPM (Drop Physics Module; Damla Fizik Modülü)

Dönüş: 9 Temmuz 1992

Görev Süresi: 13 gün, 19 saat, 30 dakika, 4 saniye

Uçuşun Amacı: USML-1'de deney yapmak.

Columbia Uzay Mekiği'nin STS-50 uçuşunun birincil amacı, USML-1'de önceden tasarlanan 31 deneyin gerçekleştirilmesiydi. Deneyler 4 alanda yapılmıyordu. Yeni malzeme araştırmaları, akışkanlar fiziği, ateşin uzaydaki davranışı ve biyoteknoloji. Söz konusu deneyler arasında, zeolitleri büyütme deneyi, kristallerin olası yarı-iletken kullanımına yönelik üretim denemeleri, "ağırlıksız" sıvıların davranışlarının incelenmesi yer alıyordu. Deneyler sırasında USML-1'deki bilim adamları (Lawrence J. DeLucas ve Eugene H. Trinh) "yer"deki Spacelab Görev Uygulama Kontrol Merkezi'ndeki uzmanlarla doğrudan ses bağlantısıyla birlikte deney ve mürettebatın görüntülerini alan video kameralara sahipti; böylece deneyler iki ekibin işbirliğiyle yapılmıyordu.

USML-1'deki zeolit büyütme deneyi, Worcester Polytechnic Enstitüsü'nden Prof. Dr. Albert Sacco Jr. başkanlığında yürütüldü. Prof. Sacco, bu uçuşta yedek astronot-bilim adamı olarak görevliydi. DeLucas ya da Trinh'den birinin uçuş öncesi uçmalarını engelleyecek şekilde hastalanmaları olasılığına karşı, onların yerini almak üzere Joseph Prah ile birlikte eğitim görmüştü. Normalde uçuşlarda yedi kişi görev alır, ancak herhangi bir tersliğe karşı iki yedek



kişi eğitim alır. İşte Prof. Sacco da bu uçuş için yedekteydi. Ortadoğu Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Nurcan Baç ise, Kennedy Uzay Merkezi'ndeki ZCG yer ekibinin başkanlığını yapıyor ve deney için gerekli ekipmanın mekiğe yüklenmesini koordine ediyordu. Sacco ve ekibi, USML-1'den deneyler konusunda bilgi alabiliyor ve deneyi uzayda yapan Bonnie Dunbar'a komutlar verebiliyordu. Bu yolla, deneylerle ilgili bilgiler paylaşıyor, sorunlar çözülebiliyor ve deney planları yeniden gözden geçirilerek düzeltilebiliyordu.



Uçuş: STS-73  
Araç: Columbia  
Fırlatma: 20 Ekim 1995  
Mürettebat: Kenneth D. Bowersox (3.

uçuşu), Kent V. Rominger (1. uçuşu), Kathryn C. Thornton (4. uçuşu), Catherine G. Coleman (1. uçuşu), Michael E. Lopez-Alegria (1. uçuşu), Fred W. Leslie (1. uçuşu), Albert Sacco (1. uçuşu) (\* Deneylerden sorumlu bilim adamları)

Kargo: USML-2 (United States Microgravity Laboratory-02; Birleşik Devletler Mikroçekim Laboratuvarı-02)

Yapılan Araştırmalar: OARE (Orbital Acceleration Research Experiment; Yörüngesel İyemlendirme Araştırma Deneyi), SAMS (Space Acceleration Measurement System; Uzay İyeme Ölçüm Sistemi), 3DMA (Three Dimensional Microgravity Accelerometer; 3-Boyutlu Mikroçekim İyemölçer), STABLE (Suppression of Transient Acceleration By Levitation Evaluation) ve HI-PAC (High Packed Digital TV; Sayısal Televizyon Deneme Sistemi), ASC (Astroculture- Patates Bitkisi Yetiştirme Deneyi), ZCG (Zeolite Crystal Growth; Zeolit Büyütme Deneyi) ve CPGC (Commercial Protein Crystal Growth; Ticari Protein Büyütme Deneyi).

Dönüş: 5 Kasım 1995

Görev Süresi: 15 gün, 21 saat, 53 dakika, 16 saniye

Uçuşun Amacı: Akışkanlar fiziğinin teorik modellerine yeni bakış açıları kazandırmak, yerçekiminin yarım ve yarıltık kristallerin oluşumu üzerindeki etkilerini incelemek. USML-1 deneylerinde elde edilen birkaç protein kristalinden elde edilen veriler ışığında, bu proteinlerin moleküler yapılarını saptamak.



Prof. Sacco ve Prof. Baç, USML-2'nin önünde

STS-73 uçuşu, zeolit kristallerinin büyütülmesinde elde edilen başarının ötesinde, göreve imza atan isimler açısından ayrı bir önem taşıyor. STS-50 uçuşuyla USML-1'de yapılan zeolit deneylerini yerden yöneten Prof. Dr. Albert Sacco, bu kez STS-73 uçuşunda, uzay mekiği Columbia'nın konduğu olmuştuk. Prof. Dr. Albert Sacco, 5 yıllık eğitim sürecinin sonunda, zeolit kristal büyütme deneylerini ve diğer deneyleri yapmak üzere Columbia ile yolculuğa hazırlanırken, yer kontrol merkezindeki yerini de Prof. Baç'a bırakmıştı.

Prof. Dr. Nurcan Baç, zeolitlerle ilgili pek çok çalışmaya imzasını atmış. Bunlardan biri Ortadoğu Teknik Üniversitesi'nden Prof. Dr. Levent Yılmaz ile yaptığı zeolite dayalı membranların gaz geçirgenliğine ilişkindi. Bir diğeri ise, uzayda zeolit büyütme deneyinde kullanılan fırının tasarımıydı. Prof. Dr. Nurcan Baç'ın USML-2'ye de önemli katkıları olmuş. Uzayda kristallerin büyütülmesinde prototipini yaptığı fırın kullanılmış; yine zeolit kristallerinin

üretiminde başvurulan bir katkı sağlayıcı bulmuş ve ona adını vermiş. Prof. Dr. Albert Sacco Jr., uçuş sırasında USML-2'de yaptığı deneylerde "Dünya"dan Prof. Dr. Nurcan Baç'tan destek alırken, deneyler sırasında onun bulduğu cihazları kullandı.

USML-2 uzay laboratuvarı USML-1'de yapılan deneylerin bir kısmını büntünleyen deneylere sahne oldu. Deneylerden bazıları, ilk USML uçuşundan elde edilen sonuçlar doğrultusunda gerçekleştirildi. Yapılan deneylerin birçoğu yerçekiminin varlığının (ya da yokluğunun) canlıları, fiziksel davranışı ve akışkanları nasıl etkilediğini saptamaya yönelikti. Böyle bir çalışma uzun vadede Dünya'da yaşamı daha iyi anlamaya yarayacaktır.

USML-2'de uzay teknolojisi bir kez daha denendi; bitkilerin mikroçekimli ortamda yetiştirilmesinde bazı teknikler uygulandı. USML-2'de yapılan deneylerle protein kristallerinin üretimi, yapıları ve biyolojik işlevleri hakkında bilgiler elde edildi. Kristalize edilmeye çalışılan proteinler arasında epidermal büyüme hormonu, ribozomlar, RNA molekülleri yer alıyordu. USML-2'nin mikroçekimli "bahçesinde" ise patates yetiştirilmeye çalışıldı. Deneylerle bu ortamda patates bitkisinin gelişimi ve bitkide nişasta oluşumu izlendi. Yeni maddelerin bulunması amacıyla USML-1'de de kullanılan kristal büyütme fırınına

## Uzay Kristalleri

Nurcan Baç

Prof. Dr. Worcester Polytechnic Institute  
ODTÜ Kimya Mühendisliği Bölümü

Uzay mekiği, Dünya'nın çevresinde yörüngede dolaşırken, içinde sağlanan mikroçekimli ortam özel bir laboratuvar ortamı yaratmaktadır. Bu laboratuvarı yapılan NASA destekli araştırmalar, 21. yüzyılın yeni teknolojilerini yaratma çabasıdır.

Bu araştırmaların önemli bir bölümü, yeni malzemeler ve biyoteknoloji alanlarında kristal büyütme deneylerinden oluşmaktadır. Uzayın mikroçekimli ortamında sıvılar içinde oluşturulan kristaller, çökeltme olmadan sıvı içerisinde asılı kalmakta ve kusursuz bir biçimde büyümeye devam etmektedir. Bu şekilde yeryüzünde üretilebilen kristallere oranla daha iri ve kusursuz yapıda ürünler elde edilmektedir. İri ve kusursuz kristaller, yeni tanımlama deneyleri ile yeni teknolojilere kapı açmaktadır. Örnek olarak uzayda üretilen protein kristalleri, virüslere karşı yeni ilaçların üretilmesinde kullanılmakta, galyum arsenid kristalleri ise elektronik devrelerin, mikroçiplerin hızını on kat arttırmaktadır.

Uzayda üretilen kristaller arasında yer alan "zeolitler", kimyasal üretim sektöründe katalizör ve fil-

re malzemesi olarak kullanılır. Üç boyutlu ve sabit büyüklükteki gözenekli iç yapıları nedeniyle "moleküller düzeyinde elek" görevi yaparlar. Başka bir deyişle, bazı moleküller bu gözenekli kanallardan geçerken diğerleri dışarda kalır ve bu özelliği, zeolitlerin katalizör ve filtre olarak kullanılmalarını sağlar. Petrol rafinerilerinde "katalitik parçalama" yöntemi ile üretilen benzin, toplam benzin üretiminin yaklaşık % 50'sini oluşturmaktadır. Bu işlemlerde zeolit katalizörleri kullanılır. (Her gün otomobil ile yolculuk yaparken bunu bir ölçüde zeolitlere borçlu olduğunuzu düşünebilirsiniz). Düşük düzeyde civa, krom, kadmiyum gibi ağır metal iyonları ve radyoaktif atık içeren sular da zeolit filtreleriyle temizlenir. Toz deterjanlarda fosfatın yerini zeolitler almıştır. İri zeolit kristalleri içinde yerleştirilen kadmiyum sülfür (CdS) (quantum dots) optik ve elektronikte yeni uygulamaları yaratmaktadır. Dünyada yıllık zeolit pazarı 2 milyar dolar civarındadır.

Uzay mekiğinde yapılan bilimsel araştırmaların yoğunlaşması üzerine, uçuşların bir bölümü özellikle "mikroçekimli laboratuvar" amacıyla kullanılmaktadır. Benim, ABD Massachusetts Eyaleti'nde Worcester Institute (WPI) Kimya Mühendisliği Bölümü Başkanı Prof. Albert Sacco Jr. ile birlikte yönettiğim "Uzayda Zeolit Kristalleri Üretimi" deneyi, ilk olarak 1992 yılında Columbia uzay mekiği ile STS-50 (Space Transportation System) numaralı

United States Microgravity Lab-1 (USML-1) uçuşunda yer aldı. 1992 yılındaki uçuşta Prof. Sacco astronotların birinin uçuş öncesi görev yapamayacak şekilde hastalanma olasılığına karşı yedek astronot olarak görevli idi. Ben ise bu sırada, Florida'da Kennedy Uzay Merkezi'ndeki deney ile ilgili özel fırını, çözümleri ve otoklavların hazırlanarak mekiğe yüklenmesi ile ilgili çalışmaları koordine etmekle meşgul idim.

20 Ekim 1995 tarihindeki STS-73 numaralı Columbia uçuşu ise, USML-2 (United States Microgravity Lab-2) olarak adlandırılmıştı. Bu uçuşta yine benim ve Prof. Sacco'nun yöneticisi olduğumuz "Zeolit Kristal Büyütme" deneyi yer almıştı; buna ek olarak Prof. Sacco, bu kez uçuş ekibinde 16 günlük bir uzay yolculuğuna çıktı. Prof. Sacco, uzay mekiği Columbia Dünya yörüngesinde 90 dakikada bir turunu tamamlarken, mikroçekimli ortamda bir dizi deneyin yapılmasında görev aldı. 16 günlük uçuş süresince ben de kontrol konsolunda görev yaptım; ses ve görüntü bağlantısıyla Prof. Sacco ile konuşarak deneyle ilgili işlemleri yönettim.

Uçuş sonucu elde edilen verilerin analizleri 1996 yılı içinde tamamlanacak. İlk alınan verilerin oldukça olumlu olması nedeniyle 1999-2000 yılında montajı bitecek olan Uluslararası Uzay İstasyonu'nda yer alacak ilk deney adayları arasında "Zeolit Kristal Büyütme" deneyi de bulunmaktadır.



baş vuruldu; amaç, bazı malzemelerin doğalarını anlamak, yeni malzemeler üretmek ya da şu an kullanılanları geliştirmekti. Bu amaçla, örneğin, yarı-iletken alaşımların kristal büyüklüğü artırıldı, mikroçekimli ortamda galyum arsenid kristalinin büyütülmesi sırasındaki davranışı incelendi. USML-2'de akışkanların mikroçekimli ortamdaki davranışları, çeşitli akışkanlar fiziği olgusu da incelendi. Yaklaşık 12 grup altında toplayabileceğimiz deneylerden bizim için en ilgi çeken kuşkusuz zeolit büyütme deneyi idi.

## Sonuçlar Yüz Güldürücü

USML-2 ile yolculuğunun 2. gününde yaptığı zeolit büyütme deneyinde Sacco, alümina ve silika çözeltilerinin karışma özelliklerini incelemek amacıyla, şeffaf kaplardaki çözeltilerden 16 tanesini karıştırdı ve gözlemleriyle elde ettiği sonuçları fırına yerleştireceği 38 örneğe uyguladı. Sonra da bu örnekleri kristal büyümesini başlatmak üzere bilgisayar kontrollü zeolit kristal büyütme fırına yerleştirdi. Diğer örnekleri ise, en etkin karıştırma yöntemlerini kullanarak hazırlayıp onları da zeolit kristal büyütme fırına yerleştirdi. Uçuşun 3. gü-



nünde Sacco ve çalışma arkadaşı Rominger, fırındaki zeolitlere göz atarken, yer kontrol merkezindeki ekibin yöneticisi Prof. Dr. Nurcan Bağ, zeolitlerin çirkekleşme, büyüme süreçleri ve yapıları hakkında daha fazla bilgi edinmek istediklerini, böylece bu bilgileri Dünya'daki farklı işlemlerde de kullanabileceklerini söyledi. Örneğin, deneyde kullanılan zeolitlerden biri petrol arıtma endüstrisinde oldukça yaygın olarak kullanılıyor. Eğer bu zeolit arıtmadaki etkinliği artırılabilirse, ham petrolden daha yüksek verimle rafine petrol elde edilebilecek. Bunu rakamla ifade edecek olursak, zeolit etkinliğindeki %1'lik artış, A.B.D.'ye giren ham petrol miktarında yılda 20 milyon varillik azalmaya neden olacaktır; bu da yaklaşık 400 milyon Amerikan Doları anlamına geliyor.

Zeolit kristalleri, bu deneyde, Dünya'da olduğundan 500-1000 kat daha büyük elde edildi. Zeolit A'nın birkaç kristalinde silikon/alüminyum oranı kuramsal hesapları destekler biçimde 1,0 olarak ölçüldü. Bu oran, "zeolit tarihinde" ilk kez elde ediliyordu. Dünya'da yapılan kontrol grubuna göre alanı %220, hacmi ise %480 artmıştı. Bu oran, zeolit X için sırasıyla %80 ve %145 ti.

USML-2 uçuşundaki zeolit deneyi, bu alanda ESA ve NASA'nın ilk işbirliği oldu. Prof. Sacco ve Prof. Bağ, ESA adına Hollanda Delft Üniversitesi'nde Prof. Jansen tarafından hazırlanan iki zeolit örneğinin de sentezini yaptılar. Deneyin başarıyla sonuçlanmasıyla zeolitlere yeniden yol gözükte. Deneyler mikroçekimde daha büyük zeolit kristallerini üretmek ve ticari uygulamaları olan yeni zeolit sentezleri yönünde sürecektir. Ancak işin en sevindirici yanı bu başarılı deney dizisinde ülkemizden bir bilim adamının imzasını görmektir...

## Columbia Yine Yolcu

1970'li yıllarda tasarımına başlanan Columbia, 1981 yılındaki STS-1 uçuşuyla, Dünya tarihinin ilk yörüngeye giren uzay mekiği oldu. Bugüne dek tamamladığı 19 uçuşla 64 milyon milin üzerinde yol kat etti. Uzayda kaldığı toplam süre ise 160, 83 saat.

Columbia, Ekim 1995'deki STS-73 uçuşunun ardından, geçtiğimiz Şubat ayında da bir uçuş gerçekleştirdi. Şubat



Şubat 96'da gerçekleştirilen STS-78 uçuşunda USML-3 için geliştirilmiş ekipman

ayındaki uçuşunun ana amacı, TSS (Theerred Satellite System) adı verilen bir İtalyan uydusunu uzaya yerleştirmekti. Bu uçuşta, ayrıca USMP-3 (United States Microgravity Payload-3; Birleşik Devletler Mikroçekim Kargosu-3) de yer aldı. 15 gün, 17 saat, 41 dakika 25 saniye süren uçuşta USMP-3 modülünde, malzeme araştırmaları ve yoğun madde fiziği konularında deneyler yapıldı.

Uzay İstasyonu için hazırlık sürecinde olan araştırmalar açısından, "yeni bir deneyim" olarak nitelenen uçuştaki deneyler, temelde kargo kısmını destekleyen iki yapı ve üç yanma deneyine odaklanmıştı. Sonuçlar, 21. yüzyılda gerçekleştirilecek mikroçekim laboratuvarı deneyleri ve uzay istasyonu çalışmaları için gerekli donanımın tasarlanmasında önemli veri kaynağı oldu.

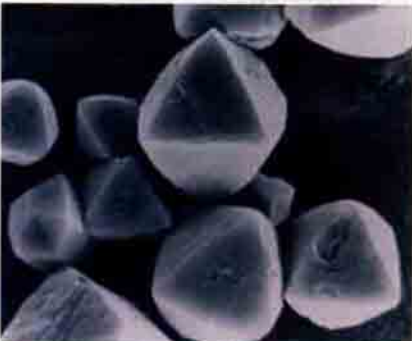
Uzay mekiğinin bundan sonraki uçuşu, bir terslik çıkmazsa 20 Haziran'da yapılacak. Uçuşta yine bir laboratuvar götürülüyor uzaya. Deney programında biyomedikal araştırmalarla mikroçekim deneyleri yer alıyor. Laboratuvarın adı ise SPACELAB-LMS.

Columbia'nın tahmini görev süresi bu kez 15 gün, 22 saat, X dakika, X saniye olarak belirlenmiş. "Eve" dönüş tarihi 6 Temmuz. Mekik, 20. uçuşu olan STS-78 uçuşuyla adını taşıdığı kişiyi, Christopher Columbus'u utandırmayacağı benziyor... 20. kez iyi yolculuklar Columbia!

Didem Sanyel

Konu Danışmanı: Prof. Dr. Nurcan Bağ  
ODTÜ Kimya Mükemmeliği Bilkent

Kaynaklar  
Ball, P. "Doğadan Gelen Malzeme", TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, Çev:Özgür Kurtuluş, Mart 1996.  
<http://littoff.nsf.nasa.gov/spacelab/miml-2/>  
<http://littoff.nsf.nasa.gov/station/>  
<http://www.infi.ncr/vaques/zeolite.html>  
<http://www.ksc.nasa.gov/shuttle/missions/manifest-95>  
<http://www.ksc.nasa.gov/shuttle/missions/sts-50/>  
<http://www.ksc.nasa.gov/shuttle/missions/sts-73/>  
<http://www.ksc.nasa.gov/shuttle/missions/sts-73/>  
<http://www.ksc.nasa.gov/shuttle/technology/sts-newswref/spacelab.htm#spacelab>  
<http://www.kyoto-np.ces.jhu.jp/topics/joka-c.html>  
<http://www.cml.gov/divisions/ctd/Eng-Dev/capabilities/ttk1.html>  
<http://www.wpi.edu/AboutUs/News/Releases/sacco2.html>



STS-73 uçuşunda Zeolit Kristal Büyütme Deneyi ile elde edilen zeolit X kristalleri (üstte) ve aynı kristalin Dünya'da üretilmiş olanı (altta)