

KAPIDA Bİ

Evrende yaşamın varlığının araştırılması, profesyonel bilimciler kadar, hayatın her kesiminden insanlar için de en merak uyandıran konulardan biri. Sanırım, yerdışı yaşamla, hele akıllı yaşamla temas kurulması haberiyle heyecanlanmayacak çok az insan vardır. Birçoğumuz için bu, belki insanlığın yaşayabileceği en önemli olayı. Çok heyecanlı bir macera olmasının ötesinde, böyle bir keşif, bilim, teknoloji ve yüksek bir olasılıkla, aynı zamanda toplumsal konularda yeni bilgilere kaynaklık edecektir. Tarihte bundan daha önemli çok az başka kilometre taşı düşünülebilir. Aslında bu temas ya da keşifle sadece geçmiş tarihimizi daha iyi anlamakla kalmayız, geleceğimizin olası tarihi hakkında da çok önemli ipuçları elde etmiş oluruz...

Yerdışı yaşam konusu son yıllarda bazı önemli yeni gelişmelere kaynaklık etmiştir. Bunlar arasında, son yıllarda gökbilimcilerin keşfettiği, bugün sayıları 100'ü aşan gezegeni olan (çoğu Güneş-benzeri) yıldızlar sayılabilir. Mars'tan düştüğü hesaplanan bir meteorda, bu gezegende de yaşamın başlamış olabileceğine dair ipuçları elde edilmiş bulunuyor. Ay üzerinde, Mars'ta, Jüpiter'in aylarında ve hatta Güneşe en yakın gezegen olan Merkür'de donmuş halde suyun bulunabileceği yolunda ipuçları elde edildi. İnternet'te kurulan ve California Üniversitesi'nin SETI (Yerdışı Akıllı Yaşamı Araştırma) Enstitüsü'ne bağlı bir sitede, tüm meraklılara açık bir sitenin (<http://setiathome.ssl.berkeley.edu>) milyonları aşan ziyaretçisi var

ve bunlar, kendi kişisel bilgisayarlarının boş zamanlarını (belki de çoğu zamanlarını!) bu araştırmalarda kullanılması için gönderilen program ve veri analizlerine ayırıyorlar. (Şimdiye kadar bu siteye ayrılan bilgisayar zamanı 300.000 yıl düzeyinde!) . NASA 1992'de kurup iç politik nedenlerle kapatmak zorunda kaldığı SETI Enstitüsü'nü, yeniden ve günümüz olanakları ve anlayışıyla, Astrobiyoloji Enstitüsü adıyla tekrar başlatma ve profesyonel çalışmalarını destekleme kararı aldı. Son yıllara kadar yalnızca radyo teleskoplarla yürütülen SETI çalışmaları, artık optik teleskoplarla da Optik-SETI (OSETI) olarak yürütülüyor. 1962'den beri çeşitli düzeylerde ve araçlarla yapılan SETI çalışmalarından elde edilen sonuçların değerlendirilmesi

RI Mİ VAR?

çalışmaları da yoğunlaşmakta.

Öte yandan, konunun özündeki büyüleyici çekicilik, her yaştaki ve her konudaki öğrencileri bilimi öğrenmeye ve anlamaya teşvik eden bir mıknatıs görevi de üstlenmiş. Dünya dışı yaşamı araştırma çok farklı bilimsel ve teknolojik disiplinleri birlikte ele almayı ve bunların sentezini gerektiriyor. Bu alanlar, temel fizik, kimya, biyoloji ve astronomi yanında, iklim ve atmosfer bilimleri, ekoloji, evrim, uzay yolculuğu teknolojileri, radyo teleskopların işleyiş ilkeleri, bilgisayar teknolojileri, sinyal analizi, kriptoloji, hatta dil ve dilin doğası.... gibi, hemen geniş bir listeye ulaşmakta. Bu nedenle, Dünya dışı yaşam konusu, dünyada çeşitli düzeylerdeki eğitim kurumlarında (başta orta öğretim ve üniversitelerde olmak üzere) yaygın olarak okutulan bir konu haline gelmiş durumda. Bu derslere kayıtlardan, konunun gençleri özellikle çektiğini ve onları bilim öğrenmeye özendirdiğini anlıyoruz.

Ne yazık ki, bu konuda Türkçe'de çok az güvenilir yayın bulunuyor. Ayrıca konu, UFO'lar ve benzeri olayların uyandırdığı ilgi nedeniyle, kolaylıkla bilim dışı mecalara da kaydırılabilmekte, bilimsel dayanağı olmayan iddialara kaynaklık edebilmekte. Dünya dışı yaşam araştırmalarının temeli ve bugünkü durumu hakkında, dar kapsamlı da olsa, bilimsel çerçeveyi veren bir özet hazırlayarak Bilim Teknik



okuyucularına sunmayı amaçladım. Bu yazıyı hazırlarken de, daha önce çeşitli dergilerde yazdığım yazılar, konferanslarda sunduğum tebliğler yanında, bu konuda okutulan ders kitaplarından, bilimsel ve popüler ulusal ve uluslararası dergilerden de yararlandım. Yine de burada sunulanın, sadece ufak bir

başlangıç olduğunu düşünüyorum. TÜBİTAK Bilim ve Teknik okuyucuları, dergilerinde bu konuda çıkan güncel yazıları zaten merakla takip ediyorlar. Onlardan alacağımız katkı, tepki ve uyarılara bakarak, konunun daha geniş olarak ele alınacağı bir yayının hazırlanması zamanının da geldiği kanısındayım....

NEYİ, NİÇİN, NA



Tarihsel Notlar

Tarih boyunca farklı kültürler, göklerde var olabilecek akıllı ve güçlü varlıklar düşünmüşlerdir. Birçok efsane ve hikayede göklerden gelen ziyaretçiler, insanlığın kendini evrenin bir parçası olarak görebilme arzusunun göstergesi olarak alınabilir. Son beş yüzyılda batı dünyasında oluşan Dünya dışı yaşamla ilgili görüşler gezegenimizin evrendeki tek yaşam adası ve bütün varlığın ve evrenin merkezi olduğundan, dünya benzeri çok sayıda gezegen olduğuna kadar değişen bir yelpazede yer aldı. Örneğin 17. yüzyılda, bilim yardımıyla doğanın anlaşılmasının zevkine en çok varıldığı bir dönemde, Güneş Sistemi gezegenlerinin kendi sakinleri olduğu görüşü geniş kabul görüyordu. Hollandalı tanınmış fizikçi Huygens, diğer dünyalardaki hayat üzerine bir kitap yazmıştı. Bu kitabında, o gezegenlerin öngörülebilir koşullarında yaşamlarını sürdürebilecek canlıları tahmin etmeye çalışıyordu. 18. yüzyılda Fransız hiciv yazarı Voltaire, kahvaltısında koca dağları midesine indiren dev bir Satürn'lü'yü hayal ediyordu!

19. yüzyılda gelişkin teleskoplarla yapılan gözlemlerden, Venüs'ten ve dış gezegenlerden farklı olarak, Mars'ın yüzeyinin doğrudan gözlene-

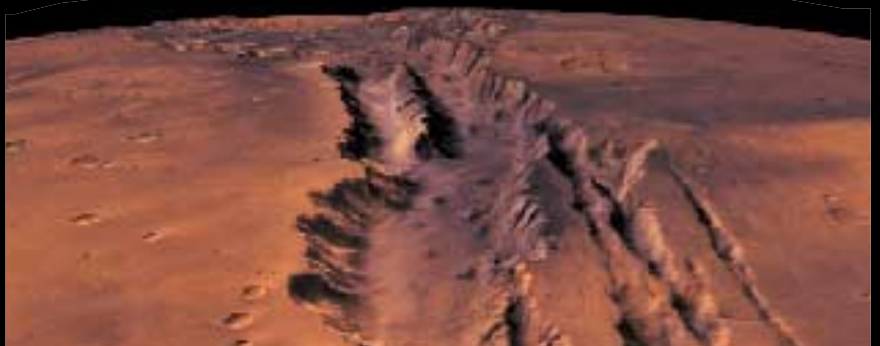
bildiği, kutuplarında dünyanınkine benzer mevsimlere işaret eden değişikliklerin olduğu anlaşıyordu. Yüzyılın sonlarında, İtalyan Schiaparelli'nin gözlemleri ve bu sırada Mars yüzeyinde gözlemediğini düşündüğü 'kanallar', daha sonraki yüzyılda sarkacak tartışmalara kaynaklık edecektir. Amerikalı Percival Lowell, Arizona'da kurduğu kendi özel gözlemevinde Mars'ı gözlemeye, büyük bir tutkuyla kanalların oluşturduğunu hissettiği ağı ayrıntılı şekilde haritalandırmaya, Mars yüzeyindeki renk değişikliklerini takibe girişti! Ancak aynı dönemler ve sonrasında geliştirilen çağdaş astrofizik gözlem ve tekniklerinden elde edilen sonuçlar, Mars'ta yaşam iddialarını desteklemiyordu! Örneğin, gezegenin yüzey sıcaklığı, suyun donma sıcaklığının çok altındaydı. Oldukça ince olduğu ortaya çıkan Mars atmosferinde, yaşam ve su kanalları için gerekli su buharı ve oksijen de görünmüyordu!

Mars'ın yaşam için hiç de uygun bir

ortam olmadığını gösteren bilimsel bulgulara karşın, bu gezegende ileri bir uygarlığa sahip canlılar olduğu düşüncesi halk nezdinde o kadar çok işlenmiş ve kabul edilmiş durumdaydı ki, 30 Ekim 1938'de ABD'de bu konuda bir radyo dramatizasyonu sırasında ciddi ve büyük bir panik yaşandı. Paninin nedeni oyuncu Orson Welles'in radyo için adapte ettiği, İngiliz yazarı H.G.Wells'in 'War of the Worlds' (Dünyalar Savaşı) adlı romanıydı! Ortam o kadar uygun ve oyun o kadar inandırıcıydı ki, binlerce dinleyici, New Jersey eyaletine indiği ilan edilen Marslı işgalcilerden kaçmak ya da onları karşılamak için evlerini terkpedi yollara dökülmüştü!

Bu olay, insanın dünya ötesi varlıklara olan ilgisinin ve bu varlıkların niteliğiyle ilgili olarak çağlar içinde geliştirdiği önyargılarının çok önemli bir göstergesi. Özetlemek gerekirse, biz insanlar, genelde Dünya dışı canlıların bizden daha akıllı, daha güçlü ve daha görgülü olmalarını beklemekteyiz! Ancak, sevgi dolu ve nazik olup olmayacakları, diktatörce davranıp davranmayacakları konusunda kuşkular ya da belirsizlikler içinde sayılırız. Kesinlikle beklediğimiz bir diğer özellik de bizi ilginç ve incelemeye değer bulmaları olabilir. Belki de bu yüzden, bin yıllar boyu göklere yerleştirdiğimiz üst-güçlerimizi ve 'tanrı'larımızı her zaman sevdik ve onlardan korktuk. O nedenle, bizden ileri ya da değişik yaşam şekilleri hakkında da benzeri duygular geliştirmiş olmamız anlaşılabilir!

Mars'la ilgili gelişmelerin bundan sonrası oldukça yakın tarih olarak henüz belleklerimizde olduğundan (oraya gönderilen onlarca uzay aracı, 1976 Viking yaşam bulma deneyleri,



ASIL ARIYORUZ?

Mars kutuplarındaki ve toprağının altındaki buz halde suyun varlığı, geçmişte denizleri olan bir Mars olasılığı, Mars yüzeyinin ayrıntılı haritalanması çalışmaları...) daha iyi biliniyor. Onun için burada tekrarlanmayacak. Ancak, bugün Güneş Sistemi içinde yaşamın Mars yüzeyi üzerinde başlamış olabileceği yolundaki ciddi ipuçları var. Yaşamın Jüpiter'in aylarından Europa ve Ganymede gibi yüzeylerini kaplayan buz tabakası altındaki sıvı sudan okyanuslar içerdiği hesaplanan yerlerde ve Satürn'ün uydusu, Güneş sistemindeki atmosfere sahip tek ay olan Titan'ın yüzeyinde bulunduğu hesaplanan hidrokarbon (etan ve metan) denizlerinde de başlamış olabileceği, bu konuların uzmanı bilimcilerce öne sürülmekte.

Bilimsel Perspektif

Ele aldığımız 'Dünya dışı yaşam' konusu çok-yönlü bir bilmece durumunda. Bir yandan sürecin tek örneği olarak bildiğimiz biçimiyle yaşam ve onun yeryüzündeki serüveni üzerine elimizde sağlam ipuçları var. Öte yandan da aynı sürecin Dünya dışında olası diğer ortaya çıkışlarına, dağılımına göz atmak, onlar hakkında daha fazla bilgi edinmek istiyoruz. O zaman, yaşamın yeryüzündeki fosil kayıtlarından ve halen ulaştığı evrelerden yararlanmak ve diğer öngörülerde bulunmak olasıdır. Bu tahmin ve spekülasyonlar, bilimsel verilere dayanmak zorunda. Sınırsız spekülasyonla, bilimsel veri ve bulgulara dayanan spekülasyon arasında önemli farklar olduğu hemen görülür. Bilgiyle yönlendirilen ve hayal gücünden çok, fizik yasalarıyla sınırlanan bilimsel tahminler süreci, bazen sıkıcı bile bulunabilir. Ancak, geçmiş başarılarından da hız alan bilim, anlayabildiklerimizden ve eldeki verilerden yola çıkarak, anlayamadıklarımız ve fakat bilmek istediklerimiz hakkında bize tek yol gösterici olarak görevini sürdürüyor.

Mars'ta Yaşam Başlamış Olabilir mi?



Soldaki resimde, ALH84001 meteoru içinde olduğu düşünülen 380 nanoemtre uzunluğundaki bu cisimcik, sağdaki resimde verilen, yine aynı büyüklükteki ve yeryüzünün 400 m altında bulunan bu fosilleşmiş bakteriyle dikkate değer bir benzerlik gösteriyor.



19. yüzyılda sonlarında başlayan ve dünya kamu oyunu uzun süreler meşgul eden, 'Mars'ta uygarlık kurmuş akıllı bir yaşam olduğu' yolundaki beklenti ve tahminler, özellikle 1970'lerde bu gezegene gönderilen uzay araçlarından alınan resimler ışığında artık duyulmaz olmuşken, 1990'lı yıllarda bu gezegende mikrop düzeyinde yaşam olabileceği tartışmaları başladı. Bu tartışmanın nedeniyse, Antartika'da Allan Hill bölgesinde 1984'te bulunan ve 1996'da analizi tamamlanan, 2 kg ağırlığında ALH84001 kod adlı meteor üzerinde yapılan araştırmalardır. Meteor-daki oval ve uzun yapılı, fosilleşmiş şekillerin yeryüzünde bulunan ve nano-bakteri denen yapılara çok benzedikleri, ayrıca, bu tür mikrobik yapılarca yaratılabilecek çeşitli kimyasal bileşiklerle birarada buldukları gözlemlendi.

Bugün Mars yüzeyinde sıvı suyun olmadığı bilindiğine göre, bu yapılar Mars'ın günümüzdekinden çok daha nemli ve sıcak olan geçmişinde ortaya çıkmış olmalı. Mars'ın, erken tarihinde yüzeyinde sıvı suya sahip olduğu yolunda başka kanıtlar da bulunuyor. Bugün bile, yüzeyinde kırıkağı halinde buzun varlığı gözlenmektedir. Ayrıca, gezegenin soğuk yüzeyinin altında, etkin bir yü-



Mars'ta ani su baskını sonucu oluşmuş kanal örneklerinden Dao Vallis (Dao Vadisi), Hadriaca Patera volkanı eteklerinde yer alıyor. Bilimciler, volkan sıcaklığının toprakaltı suları ısıtarak yüzeye ulaşmasını sağladığı ve bu noktada yüzeye çıkardığı kanısındalar. Volkan enerjisi ve suyun bu olası bileşimi, bu bölgeyi, Mars'ta yaşam arayışları için ilginç hale getirmekte.

zey-altı su sistemine sahip olduğu yolunda kanıtlar da var. Mars meteorunda gözlenen türden mikrobik organizmalar, var olabilecek yeraltı sıcak su kaynakları yakınlarında, yeryüzünde derin okyanus diplerinde gözlenen türden, minerallerce zengin sıcak su kaynaklarına benzer yapılar ortamında gelişmiş olabilirler. Mineralojik ve diğer spektroskopik çalışmaların işaret ettiği gibi, ALH84001 3.6 milyar yıl önce oluşmuşsa, analizde gözlenen yapıları, Mars'taki en erken yaşamın kalıntıları olarak kabul etmek mümkün.

NASA'nın 2005 yılı için planladığı, 'Mars'tan örnek getirme' projesi kapsamında robot-aracın toplayacağı kaya ve toprak örnekleri 2.5 yıl kadar sonra Dünya'ya ulaştığında, ALH84001 meteorunun açık bıraktığı belirsizlikler giderilmiş olacak. Böylece, evrende yaşamın yaygınlık derecesi konusunda yeni bir düzeye ulaşılmış ve nihai yanıt yaklaşmış olacaktır.



Kızıl renkli ve kayalık Mars yüzeyinde gözlenen bu buz kökenli kırıkağı tabakası, belki birkaç mikron kalınlığında (1000 mikron= 1 milimetre). Resim Viking 2 aracı tarafından Mayıs 1979'da çekildi. Bu ve benzeri görüntüler, Mars'ta su bulunduğunun öteki kanıtları.



Arizona Üniversitesi, Gözlemevi araştırmacıları J.R.Angel ve N.J.Wolf tarafından önerilen 'dönmeli girişimölçer' sistemini betimleyen bu resim, düzeneğin Uluslararası Uzay İstasyonu ISS (solda) yanında astronotlar kuruluş evresini gösteriyor. Kuruluş sonrasında, 75 metre uzunluğundaki sistem Güneş çevresinde Jüpiter'e yakın bir yörüngeye taşınacak. NASA, diğer yıldızların gezegen sistemlerini incelemek için, bu türden bir dizge kurmayı planlıyor. Metalik yapı üzerine yerleştirilecek olan teleskoplardan gelecek ışığa, girişim yaptırılarak, hedef yıldız civarındaki gökyüzünün parlak ve karanlık bantlardan oluşan bir resmi elde edilecek, sistemin kısa boyutu ortasındaki simetri ekseninde çevresinde oluşturulacak dönme hareketiyle, yıldızdan farklı konumda olduğu için girişim yapmayan gezegen ışığı, yıldızın ışığından ayırt edilebilecek.

Yeni Gezegenlerin Peşinde

'Gezegenleri Keşfin Altın Dönemi' kabul edilen 20. yüzyılın son çeyreğinde, başta Mars olmak üzere, Güneş sistemi içindeki 30 kadar ay ve gezegene robot araçları gönderdik; onların ayrıntılı yüzey fotoğraflarını elde ettik. Diğer yıldızların gezegenlerinin keşfi de benzeri uzay araçları göndermeyi düşünebiliriz. Ancak, gidilecek uzaklıklar belki binlerce yıl sürecek yolculuklar gerektirecek. Zaten, fotoğraf çekme bir gezegeni incelemeye başlamanın en iyi yolu sayılmaz. Gökbilimciler, bir gök cisminin gelen ışığı incelemeye, daha çok 'spektroskopi' dediğimiz, ışığı dalga boylarına ayırma tekniğini kullanırlar. Ancak, son dönemlere kadar, bu teknikle daha çok yıldızları ve Güneş Sistemi içindeki gezegenleri inceleyebilmişlerdi. Çünkü teknik, uzak yıldızların çevrelerindeki gezegenlerin ışık ayrışmalarını (taf) farketmeye ya da bir gezegenin, yıldızının ışığı üzerinde yaratacağı 'Doppler etkisi' denen frekans kaymasını belirlemeye yetecek duyarlılıkta değildi.

İlk kez 1996 Ekim ayında, Cenevre Gözlemevi'nden 2 araştırmacı (Michel Mayor ve Didier Queloz) Güneş benzeri bir yıldız olan 51 Pegasi (Kantitatif Takımyıldızı bölgesindeki 51 nolu katalog

yıldızı) çevresinde dönen Jüpiter büyüklüğünde bir gezegenin etkilerini, yeni geliştirdikleri analiz tekniği ile ayırdıkları duyurdular. Bu buluş, öteki gözlemlerince de hemen doğrulandı. İzleyen iki ayda, iki ayrı yıldızda da benzeri gezegenler bulundu. Daha sonra bu sayı giderek arttı ve bu gün, 100'den fazla yıldızın çevresinde dönen gezegenler olduğu kayıtlara geçti.

Aslında, Doppler kaymasıyla elde edilen bilgiler oldukça sınırlı: Gezegenin yörüngesinin büyüklüğü ve sahip olması gereken en küçük kütle hesaplanabilmekte. Bu kısıtlı bilgiyle bile, bu yeni gezegenlerin bildiğimiz Güneş Sistemi gezegenlerinden önemli farkları olduğu ortaya çıkıyor. Örneğin, 51 Pegasi'nin gezegeni, en az 1/2 Jüpiter kütleindedir, ancak yıldızına yakınlığı, Merkür'ün Güneş'e uzaklığının onda biri mertebesinde! Bu durumda yüzey sıcaklığı en az 1300°C olmalı. Yıldızın çevresindeyse 4 günde dolanmakta. 'Goldilock' bölgesinde gezegeni keşfedilen ilk yıldızsa, 70 Virginis oldu (Başak Burcu bölgesi). Bu yıldızın gezegeni sıvı halde var olabileceği kuşakta ve 117 gün uzunluğunda bir 'yıl'a sahip. Ancak, gezegenin kütlesi Jüpiter'in 6,5 katı. Hesaplara göre, bu geze-

gen yoğun ve boğucu bir atmosfere sahip. Yörüngesinin dar bir elips şeklinde olması da yaşam için uygunluk koşullarını ayrıca zorlamakta. Bazı gökbilimcilerse, bu gezegenin bir 'yıldız olamamış kahverengi küce' sayılması gerektiği kanısındalar.

Bütün bu bilgiler, gezegen oluşumu ve evrimi konusundaki bilgilerimizin çok yetersiz olduğunu ortaya koyuyor. Bu nedenle, yeni gezegenlerin bulunmasında ve sayılarının artırılarak haklarında ek bilgiler elde edilmesinde yeni yöntem ve tekniklere gereksinim bulunuyor. NASA, bu amaçla teklifler geliştirilmesi için bir ihale açtı. Bu amaçla geliştirilen bir teklifte, Uluslararası Uzay İstasyonu yakınlarında astronotlar monte edilecek süper-güçlü bir girişim-ölçer öngörülüyor. Bir kere kurulduktan ve denendikten sonra araç, itki motorlarıyla Güneş çevresinde bir yörüngeye oturtulacaktır. 'Dönüşlü-Girişimölçer' denilen bu teknikte, aralarındaki uzaklık 75 metreye kadar değişen 4 teleskopla aynı yıldız bakılacak ve yıldızdan gelen güçlü ışık demetlerinin, girişim tekniğiyle birbirini yok etmesi sağlanacak. Böylece, gezegenden yansıyan zayıf ışığın görülmesi ve analiz edilmesi (örneğin, karbondioksit veya ozon içerip içermediğinin belirlenmesi) olanak kazanacak. Aracın imalat maliyeti 2 milyar dolar civarında hesaplanıyor. Başka bir dünyada yaşamın bulunmasının önemi göz önüne alınırsa, bu maliyet o kadar da yüksek görülmemeli.

Kozmik Yalnızlık

Son birkaç yüzyıldır bilimsel biriki-me paralel olarak evreni anlamak için yeni ve cesur bir anlayış oluştu. Evrene bakıştaki bu yeni perspektifin oluşmasında bilim ve bilimciler genelde yönlendirici roller üstlendiler. Bilim, insanlığa, doğaya hakim olabilme, çevresini değiştirebilme gücü verdi ve daha iyi yaşam olanaklarıyla donattı. İnsanlık olarak, artan bu gücümüzle birlikte yeni sorumluluklar da duymaya başladık. Örneğin, insanlık olarak, içinde yaşadığımız çevreyi ve Dünya'yı

kendimize karşı koruma gereğinin farkına varmaya başladık!

Aynı görüşün bir diğer uzantısıysa, iyi tanımlanamayan bir kozmik yalnızlık, yani çok büyük ve çok geniş, aynı zamanda insana aldırmanın, onun farkında olmayan bir evrenle karşı karşıya olduğumuz duygusu oldu. Belki de büyük ölçüde bu ve benzeri duygularla, evrende başka canlılar olup olmadığı, onlarla haberleşip haberleşemeyeceğimiz (doğrudan görüşüp görüşemeyeceğimiz) gibi konular giderek daha sık olarak gündeme gelmeye başla-

dı. Dünya dışı 'ziyaretçiler'e (UFO'lara) ait hikayelerin medyada bu kadar yankı bulmasının temelinde, böyle bir 'yalnızlık'tan kurtulma isteğinin yatıyor olması olası. Bu konuda gerçekle sınırsız spekülasyon ve fantezinin ayrılmasında da en önemli ölçütümüz yine bilim olacak. Bu ölçüt için önce içinde yaşadığımız evreni, daha sonra da 'yaşam' dediğimiz süreci kısaca ele alacağız. Daha sonra da, geçmiş ve halen yürütülmekte olan 'Dünya dışı yaşamla haberleşme' (SETI) çalışmalarına bir göz atacağız.



Adım 1: 500 yıl



Adım 4: 2000 yıl



Adım 7: 3.500 yıl



Adım 10: 5000 yıl



Adım 7.500: 3,75 milyon yıl (Gökadanın tümüne yerleşiliyor).



Samanyolu'nun 'Fethi'

Yaşamın, dünyanın oluşumundan hemen sonra ortaya çıkması (Dünyamız 4.6 milyar yaşındadır ve en eski fosiller, yaşamın 3.8 milyar yıldır gezegenimiz üzerinde olduğunu gösteriyor) ve mümkün her türlü ortama uyum sağlayarak, kısa sürede yeryüzünü 'fethetmiş' olması, Nobel ödüllü biyokimyacı Christian de Duve tarafından şu şekilde değerlendirilmekte: 'Yaşamın, fiziksel koşulların elverdiği (4 milyar yıl kadar önce dünyamız üzerindeki koşullara benzediği) her yerde ortaya çıkması kaçınılmazdır'. Yani, Samanyolu'nun yaşama dolu olduğuna inanmak için her türlü neden var. Ancak, uzay yolculukları yapabilen, bilim ve teknolojiyi geliştirmiş, teknolojik uygarlıklar da o kadar yaygın mı? Bir çok bilimci, bir kez ilkel yaşam ortaya çıkınca, yeterli zaman verilirse, evrim ve doğal ayıklamanın akıl ve teknolojiye ulaşacağı düşüncesinde. Bu gerçekten bir zorunluluk olabilir mi?

Tanınmış fizikçi Enrico Fermi'nin sorduğu gibi: 'Öyleyse neredeler?' Bunun yanıtında 2 yön var: Dünya dışı canlıların yeryüzünü ziyaret ettiklerine dair kabul edilebilir bir delilin olmaması (bu bakımdan, şimdiye kadar geçerli bir kanıt sunamayan UFO savlarını reddetmek zorundayız) ve 1960'tan beri yürütülen SETI programlarının Dünya dışı bir teknolojik ya da başka bir yaşam belirtisini -henüz- bulamamış olması. Ancak, ipucunun yokluğu, yokluğun delili olamaz. Şimdiye kadarki araştırmalar, taranacak 'parametre uzayı'nın küçük bir bölümünü tamamlamış durumda. Yine de, Samanyolu'nda var olabilecek uygarlıkların sayısı

ve bunların olası teknik gelişme düzeyleri açıklarından, bu çalışma sonuçlarından çıkarılabilecek sonuçlar var: SETI çalışmaları, dünyadaki en büyük tek-çanak radyo-teleskopu olan Arecibo (Porto Rico-ABD) gücünde ışına yapabilecek tüm uygarlıkları 50 ışık yılı uzaklıktaki bölgeye kadar taramış bulunuyor. Dünya'daki düzeylerden daha yüksek miktarlarda radyo ışınması yapan (kendi yıldızının gezegene ulaştırdığı enerjiyi yani 10^{16} watt-ya da onun önemli bir bölümünü yayabilen, Tip 0 türü) uygarlıklar da, 4000 ışık yılı yakınıımızdaki Samanyolu bölgesinde önemli ölçüde taranmış durumda. Kendi yıldızlarının enerjisinin tamamını kullanabilen, daha ileri, Tip I medeniyetlerse, 40,000 ışık yılı yakınıımızdaki gözlenememiş. (Sovyet fizikçisi Nikolai Kardashev'e ait, 1960'larda yapılan bu 'kozmetik medeniyetler' sınıflamasında, kendi yıldızının enerjisini tamamını (10^{27} watt) ya da onun önemli bir bölümünü kullanabilenler, Tip II, kendi gökadalalarının enerjilerinin (10^{38} watt) tamamını veya önemli bir bölümünü kullanabilenlerse Tip III uygarlıklar olarak kabul edilmekte. Bunlar arasındaki enerji değerlerine sahip olanlarsa, bu değerlerin logaritmik ölçekte uzatılması ile tanımlanabilirler. Örneğin, Arecibo teleskopu çıkış gücü gözönüne alınarak, insanlık 0.7 tipi bir uygarlık!)

Yani, Samanyolu henüz hiç bir uygarlık tarafından fethedilmemiş durumda. Ve belki de insanlık bu fethi gerçekleştirecek ilk uygarlık olabilir. Samanyolu'nu -ya da benzer bir gökadanın nasıl fethedilebileceği konusunda yapılan benzetimler -sımulasyonlar- bu işlemin sanıldığından kısa sürede

Samanyolu'nun fethi, sanıldığından daha kısa sürede gerçekleştirilebilir. Yakın 2 yıldız gönderilecek öncüler, eldeki ve bunların gelişimleriyle ulaşılabilecek teknolojiler ışığında, 100 yıllık bir yolculuk hedefleyebilirler. 400 yıllık bekleme ve gelişme dönemi sonrasında, onlar da yeni öncülerine yol çıkarabilirler. Bu sürecin tekrarıyla, 10,000 yıl içinde, Güneş çevresinde 200 ışık yılı genişliğinde bir bölgeye yerleşilebilir. Tüm Samanyolu'nu kapsayan bir 'Gökada İmparatorluğu'nun kuruluşu, 3,75 milyon yılda tamamlanabilir. Samanyolu'nda olası uygarlıkların bir teki bile bu işe girişmiş olsaydı, onların kolonilerini baktığımız her yerde görebilmemiz gerekirdi.

gerçekleşebileceğini göstermekte. Bir senaryoda, insanlık, önce yakın 2 yıldızda yerleşimciler gönderir. Bu yolculuklar, geliştirilebilmesi öngörülebilir teknolojilerle, 100 yıl kadar zaman alabilir. Burada harcanacak 400 yıl kadar süre sonra, bu iki koloni de en yakınlarındaki 2 yıldızda yeni yerleşimciler gönderir. Bu şekilde tekrarlar sonucunda, 10,000 yıl sonra, ilk gönderdiklerimiz ve torunları, 200 ışık yılı çevremizdeki her yıldız sistemine yerleşmiş olur. Tüm Samanyolu'nu 'ele geçirmemiz', 4 milyon yıldan kısa sürede gerçekleşecektir! Dünyanın yaşı (4.6 milyar yıl) ya da Samanyolunun yaşı (10 milyar yıl) gibi kozmik dönemlerle karşılaştırıldığında, bu, bir insan ömrünün bir ayı oranında bir süreye karşılık gelecektir!



İnsanlığın kendi gezegeninin dışına yayılma hedefinin ilk durağı Mars. NASA, 20 yıl içinde komşumuz kızıl gezegene, insanlı bir uzay aracı göndermenin hazırlıklarını yapıyor. Bu arada gezegenlerin fethi düşünü taşıyan özel gönüllü kuruluşlar da olası Mars koşullarını ABD'nin Utah eyaletinde kurdukları "Mars İstasyonu"nda gerçekleştirmeye çalışıyorlar.

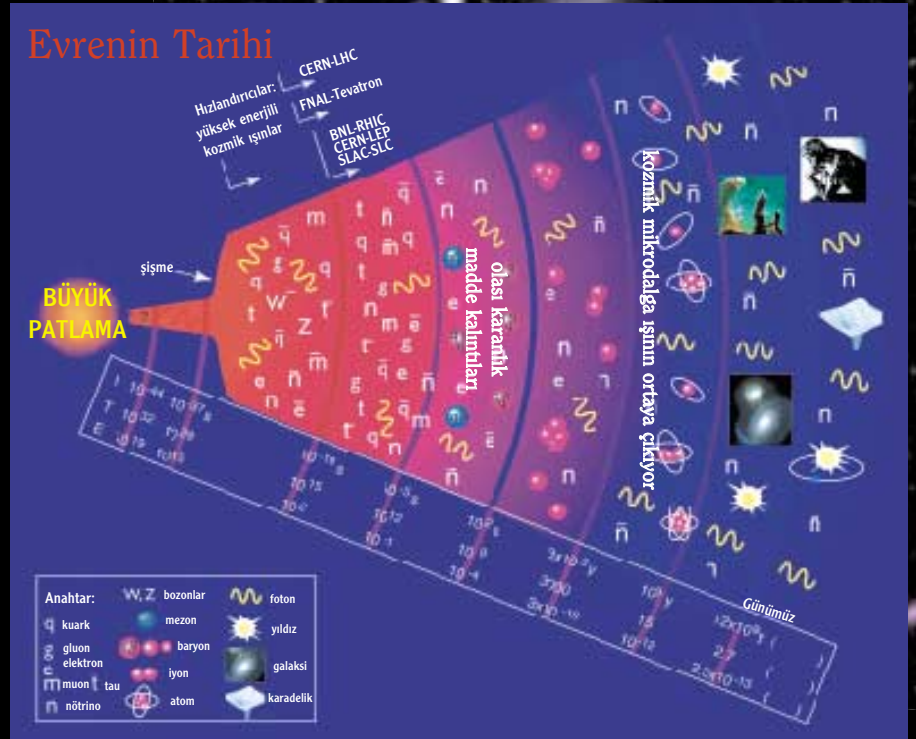
FİZİKSEL EVRİM

Evrenin Kısa Tarihi

İçindeki olası yaşam biçimleri hakkındaki düşüncelerimizi düzenlemeden önce, yaklaşık 14 milyar yıllık kozmik tarih boyunca çeşitli evrelerden geçerek evrimleşen evrenin 'yaşam öyküsü'nü bu perspektifle gözden geçirmek yararlı olacak. Bunun için, zaman içinde, her şeyin başlangıcı olduğu düşünülen Büyük Patlama ve maddenin ortaya çıkışını izleyen dönemlerden sonra ilk ortaya çıkan yapılar olduğu düşünülen ve kozmik ufuk sınırına kadar milyarlarca ışık yılı genişliğindeki bölgelere dağılan gökada kümeleriyle başlayıp, kendi gökadamız Samanyolu ve onu oluşturan yüz milyarlarca yıldızla öykümüze devam edebiliriz. Bu gök cisimleri nasıl doğdular, yaşadılar, çeşitli büyüklükte yapılar oluştururlar ve ölürler? Nasıl olup da yıldızların farklılaşmaları, evrimleri, dağılımları ve yaşamları sonunda patlayarak dağılması, bunların çevrelerinde yaşamın ortaya çıkması ve gelişmesini olası kılacak kozmik 'ekolojik' ortamları yaratabilir?

Evrenin evrimi maddenin kimyasal tarihini içerir. Bilimsel hesaplar gösteriyor ki, evrenin ilk saniyesini dolduran 'fiziksel evrim' sonunda, madde olarak, yalnızca protonlar, elektronlar ve biraz da helyum çekirdekleri (alfa parçacıkları) ortaya çıktı. Yeteri kadar 'soğuma', elektron ve protonların birleşerek hidrojen atomlarını ve bir miktar da helyum atomlarını oluşturdu. Bunlardan, ilk 1 milyar yıl içinde, gökadalara ve yıldızlara ortaya çıkarır. Bunu izleyen 'kimyasal evrim', önce basit, daha sonra karmaşık elementleri, bu arada yeryüzündeki yaşam için çok gerekli olan (fakat kozmik ölçekte bakıldığında çok az orandaki) karbon, azot, oksijen... gibi atomları, yıldızların merkez bölgelerinde hidrojen, helyum gibi hafif elementleri "yakarak" daha doğru, nükleer füzyon yoluyla birleştirerek oluşturdu. Evrenin tarihini inceleyerek, yalnızca gök cisimlerine ne olduğunu değil, yıldızların evrimi sırasında sürekli oluşturdukları, peşi sıra gelen yıldız kuşakları boyunca zenginleştirdikleri, yaşam için gerekli yıldızlararası ortamdaki hammaddenin öyküsünü de yakalayabiliriz.

Daha geniş perspektifte evrene bakalım, ilk kez 1929'da Amerikalı gökbilimci Edwin Hubble'ın gözlemlerle kanıtlanmasından beri, giderek genişleyen bir evrende yaşadığımızı biliyoruz. Buna ait temel kanıtlar arasında, gökadalara ve gökada kümelerinin tayflarında gözlenen ve bizden uzaklaşmaya işaret eden uzun dalga boylarına ('kıızıla') doğru kayma ve evrenin erken dönemlerinden (protonlarla elektronların ilk hidrojeni oluşturduğu ilk 100 bin yıldan) kalma '2,7K değerinde kozmik mikrodalgı fon ışınımı' sayılabilir. Gökadalara birbirinden uzaklaşmasının bizi götürdüğü mantıksal sonuç, bunların kozmik geçmişte birbirlerine daha



EVRENİN YAPISI

yakın oldukları, yani evrendeki ortalama madde yoğunluğunun daha yüksek olduğu. Zaman içinde yeteri kadar geriye gittiğimizdeyse, yoğunluğun sonsuza yakın olacağı bir 'ilk an'a ulaşırız. 'Büyük Patlama' (BP) dediğimiz bu an, bugün teleskoplarla gözlenen genişlemenin, pratik nedenlerle de evrenin başlangıcı sayılmaktadır. Gökbilimcilerin hesaplarına göre, BP yaklaşık 14 milyar yıl önce oldu. Elimizdeki ipuçları, maddenin ortaya çıktığı ve radyasyona baskın hale geldiği başlangıç evrelerinde, evrenin ani ve çok hızlı bir genişleme ('enfilyasyon') dönemi yaşadığı, daha sonra gökada ve yıldızların serpilip geliştiği olağan doğrusal-genişleme dönemine girdiği, içinde bulunduğumuz son evredeyse evrenin genişlemesinin giderek hızlandığı (ivmeli genişleme dönemi) yönünde. Evrendeki maddenin büyük bölümünün, halen doğasını iyi anlayamadığımız 'karanlık madde' denen türden bir bileşen içerdiği, son dönemlerindeki ivmeli hızlanmanın, 'karanlık enerji' olarak isimlendirilen daha da karmaşık bir bileşeye bağlı olduğu düşünülmekte. BP'dan öncesinin olup olmadığını, o zaman evrenin ne durumda olduğunu bilemiyoruz. Bu başlangıç anına doğru bir geri çöküşün içinde olabileceği gibi, bir varlığa sahip de olmayabilir.

En basitleştirilmiş şekliyle bilimin evrenin tarihiyle ilgili senaryosuna göre, Samanyolu gökadamız yaklaşık 12 milyar, ikinci ya da üçüncü kuşak bir yıldız olan Güneşimiz de 5 milyar yaşında. Evrende binlerce gökada kümesi, birkaç yüz milyar gökada ve her gökada da birkaç yüz milyar yıldız var. Yıldızlar, gaz ve toz halindeki yıldız olmamış maddeyi içeren 'yıldızlararası ortam' daki 'moleküler hidrojen bulutları'nın kendi çekim kuvvetleri altında çöküşüyle oluşur. Aynı ya da benzeri bir sürecin yıldızlara ait gezegen sistemlerini (bu arada Güneş'i) de oluşturduğu düşünülüyor.

Görülebileceği gibi, bu tarih bir dizi 'evrim' süreci içeriyor: Önce fiziksel evrim diyebileceğimiz süreçle, 'temel parçacıklar' ve ilk atomlar (hidrojen, helyum) oluşmuş, bunu yıldızların oluşumu ve 'kimyasal evrim', yani daha ağır elementlerin ortaya çıkışı izlemiştir. Samanyolu ve ilk yıldızların oluşumu ve evrimini Güneş Sistemi'nin oluşumu ve evrimi izliyor. Dünyamız kendi jeolojik evrimini yaşarken, yaşamın ortaya çıkışıyla birlikte, ayrıntıları ilk kez Darwin tarafından açıklanan 'biyolojik evrim' için de gerekli koşullar ve ortam ortaya çıkıyor.

Konumuz açısından önemli parametre olarak, Samanyolu içinde, Güneş benzeri ve yaşamı oluşturabilecek zenginlikte yüksek atom numaralı elementleri yeteri kadar içerebilen yıldızların sayısı 20-30 milyar olarak hesaplanmaktadır. Evrendeki her gökadanın da, benzeri oranlarda Güneş-benzeri yıldızlar içermesi beklenebilir. Bu türden yıldızların yaşam açısından en önemli parametresi, içerdikleri yüksek atom numaralı elementlerin oranı. Bu oranlarsa, evrenin ortalamalarından farklı.

Tablo II.1: Büyük patlama sonrasında (radyasyon-baskın dönemde) Evrende ve halen (madde-baskın dönemde) Güneş Sistemi'nde gözlenen görece element bollukları (1 trilyon H atomuna karşılık gelen element sayıları)

Elementler	Z (atom no)	Büyük patlama sonrası (A) (x milyon olarak)	halen Güneş sistemi (B) (x milyon olarak)	B/A oranı
hidrojen, H	1	1,000,000	1,000,000	1
helyum, He	2	80,000	80,000	1
karbon, C	6	1.6	370	230
azot, N	7	0.4	115	290
oksijen, O	8	0.04	670	16,750
neon, Ne 10	0.00018	110	610,000	
sodyum, Na ve daha ağırıları	11+	2.5	140	55

BIYOLOJİK YA

Tüm evrende yalnız bir tek yaşam biçimi biliyoruz: Dünya üzerindeki yaşam. Kökü ve genetik organizasyonları açılardan bir birlik oluşturan dünya canlıları, etkileyici bir basitlikteki temel yapılar üzerinde yükselen olağandışı bir karmaşıklık gösterirler. Karmaşıklığın kökeninde, milyarlarca yıllık evrimin birikimi, basitliğin kökenindeyse yaşamın yapısına giren farklı atom ve moleküllerin oldukça sınırlı sayısı yatıyor.

Yaşam Nedir?

Yaşam, içinden enerjinin 'akabildiği', 'yüksek derecede örgütlenmiş' madde olarak alınabilir. O zaman yaşamı, maddenin diğer özelliklerine (örneğin mıknatıslık özelliğine) benzer şekilde ele almayı düşünebiliriz miyiz? Canlı maddeyi atom ve moleküllerin diğer kombinezonlarından ayıran 'gizemli' fark nedir?

'Canlı' maddenin en belirleyici özellikleri, üreme ve gelişme/büyüme yetisi. Bir alev de başka alevleri başlatabilir (kendisini yaratabilir); ancak, gelişip kendi iç dinamikleriyle, başka bir şeye başka tür alevlere -örneğin pasa dönüşemez. Yaşamın fosil kayıtlarından biliyoruz ki, yaşam kendini sürekli olarak değiştirdi ve balinalardan ağaçlara, kuşlara, mikroplara, aeglere kadar her ortamda yaşamın yeni örneklerini oluşturdu. Bütün bu geniş yelpazeli farkların altındaysa, aynı kökten gelmenin izleri bulunuyor. Bu birlik ve basitliği görüp takdir edebilmek için, canlı maddelerdeki atom ve moleküllerin tip ve türlerine eğilmek, maddenin canlı kalmasını sağlayan kimyasal reaksiyonları daha yakından incelemek gerekiyor.

Biyolojik Olarak Önemli Bileşikler

Canlıların içerdikleri elementler listesi bize yaşamın ne olduğunu söylemez; bu, bir kekin yapımı için gerekli malzemeler listesinin bir kek olmamasına benzetilebilir. Elementlerin molekülleri, moleküllerin de karmaşık molekülleri nasıl oluşturduğuna daha yakından bakabiliriz.

Canlıları molekül düzeyinde ele aldığımızda, yaşam biçimlerinin oluşumunda, az sayıda oldukça basit moleküllerin söz konusu olduğunu görmekteyiz. Örneğin, canlıların temelindeki, polimer dediğimiz bir dizi karmaşık molekülün, monomer denilen bir dizi daha da basit, birbirine eklenebilen molekülden oluşmakta olduğunu görürüz. En önemli monomerler arasında, proteinleri oluşturan amino asitler, şekerler, yağ asitleri ve nükleotidler sayılabilir.

Yaşamın kökenini araştırmada en önemli ipucu şu: Basit monomerlerin bir bölümü 'sağlak' (sağ-el simetrisinde), bir kısmı da 'solak' (sol-elli) olabilmekte. Bu iki farklı konumlu moleküller arasında taşıdıkları atom sayıları ve dizi-

ŞAMIN YAPISI

limleri açısından bir fark yoktur. Fakat, molekül içinde bazı atomların konumları, sağ ve sol eldiven çiftleri gibi birbirlerinin aynadaki yansımalarına benzer şekilde bir 'nüans' gösterirler. İlginç olan şu: Yeryüzündeki yaşamın monomerleri her zaman 'solak', yani sol-elli cinstendirler. Biyolojik kökenli bütün monomerler sol-elli oldukları halde, biyolojik olmayan yollarla oluşan, ya da laboratuvarlarda oluşturulan monomerlerde eşit oranlarda sağ ve sol elli türler olur. Yaşamın başlangıcında, olası ki şans eseri bu ilk seçimin, yeryüzü kökenli bütün biyolojik ve organik kökenli moleküller için geçerli olduğu görülmekte. Uzaydan gelen bazı karbonlu meteoritlerde bazı aminoasitlere rastlandı (örneğin, 1972'de Avustralya'ya düşen 'Murchison' meteoritinde bu görüldü.). Ancak bu göktaşındaki aminoasitlerin eşit

miktarlarda sağ ve sol elli oldukları görüldü.

Monomerlerin daha büyük moleküller oluşturma şekilleri, sonuçta canlı ve cansız madde arasındaki farkı yaratan yolda önemli bir adım olarak kabul ediliyor. Bu fark, canlı moleküllerin gereksinimi olan yüksek miktarlarda bilgi depolama ve aktarma (transfer) için bir temel oluşturuyor. Depolama ve aktarmada atom tiplerinin yarattığı 'kompozisyon' kadar, moleküllerin oluşturduğu yapıların da etkin olduğu düşünülmekte.

Tüm yeryüzü canlılarının, monomerlerin birbirine eklenerek polimerleri oluşturduğu zincir şeklinde uzun moleküller içermesi şaşırtıcı değil. Bu zincirlerde, belli bir örgü, küçük değişikliklerle defalarca tekrarlanıyor. Bu polimerlerde, halka yapılar, yan zincir ve halkalar, kendi üzerine katlanmalar

içeren, çok karmaşık fakat çok belirli ve ayırdedici yapılar ortaya çıkmakta. Bu şekilde oluşabilecek çok zengin ve çeşitli kimyasal / biyolojik bileşikler ve polimerler ailesi söz konusu. Örneğin, ortalama bir protein molekülü (en temel bir organik polimer) birkaç yüz aminoasit monomeri içerir. Her bir protein tipi, diğerinden, polimer zincirinin içerdiği farklı amino asitler ve amino asitlerin birbirine bağlanma düzen ve sırasındaki değişikliklerle farklılaşır.

Burada yine, yeryüzündeki yaşama ait diğer bir ayırdedici 'basitlik' gündeme geliyor: Mümkün olan çok yüksek (milyonlarca) sayıdaki farklı amino asitlerden yalnızca 20 tanesi yaşamı oluşturan temel yapılanmada görev alıyor. Öte yandan, ortalama bir protein molekülü, yaklaşık 100 kadar amino asitten oluşur. Yani, amino asitler 20^{100} farklı şekilde yaratılabilirler. Bütün Samanyolu içindeki atomların sayısından çok büyük olan bu süper-astromik sayıya karşılık, yaşayan organizmaların 20^4 (~ 100.000)'den daha az sayıdaki farklı protein molekülüyle yetindikleri görülüyor!

Özetle söylemek gerekirse, kullandığı moleküller açısından yaşam, olağanüstü seçici davranmakta. Bu. Bildiğimiz şekliyle yaşamın çok önemli bir özelliğidir.

Bütün bu karmaşık moleküllerde, karbon atomu, yaşamın temelini oluşturur. Karbonsuz, bildiğimiz şekliyle yaşamın varolması olası görülüyor. Bunun temelinde, karbon elementinin, bir dizi değişik elementle büyük ve karmaşık yapıları moleküller oluşturabilme yeteneği yatıyor. Molekül yapısındaki bu değişik yapılanabilme ve karmaşıklık özellikleri, maddenin bu konumunun (konfigurasyon'unun) kendi benzeri ya da tıpkısını (kopyasını) üretebilmesini sağlıyor. Aynı zamanda da organizmanın canlı kalabilmek için, oluşturmak ya da ortamda mevcutlardan seçmek zorunda olduğu (kendisi için gerekli kimyasal enerjiyi de sağlayacak olan) bileşikleri yaratabilmek ve 'alıkoymak' becerilerine temel oluşturuyor.

DNA'nın Yapısı ve Çoğalma Yetisi

Yaşamın varlığının ve sürekliliğinin temelinde, kendini tekrarlayabilmesi (çoğalabilmesi) yatar. Tek hücreler bölünerek; bitkiler tohum üretilip yeni bitkiler yetiştirilerek; kuşlar ve sürüngenler yumurtlayarak; memeliler canlı bebekler doğurarak çoğalırlar. Çoğalma, bütün bu değişik şekillere karşılık, molekül düzeyinde hep aynı planı uygular: Kısaca DNA (deoksiribo-nükleik asit) dediğimiz ince uzun bir polimer, çoğalma sürecini denetler. DNA molekülleri, yakın akrabaları RNA (ribo-nükleik asit)le birlikte, ana organizmaya ve yeni oğul organizmaya, işlevsel olarak nasıl 'yaşayacaklarını' da 'söyler'. Bu iki temel molekülün çalışma ilkelerini yakın incelemeye almak, diğer dünyadaki yaşam şekillerinin nasıl işleyebileceği konusunda bize önemli ipuçları verebilir. Her ne kadar Dünya dışı canlıların biz Dünyalılara benzer ya da aynı olmalarını beklemiyorsak da, onlarda da benzeri fonksiyonların gerçekleştirilmesi gereği olsa gerek.

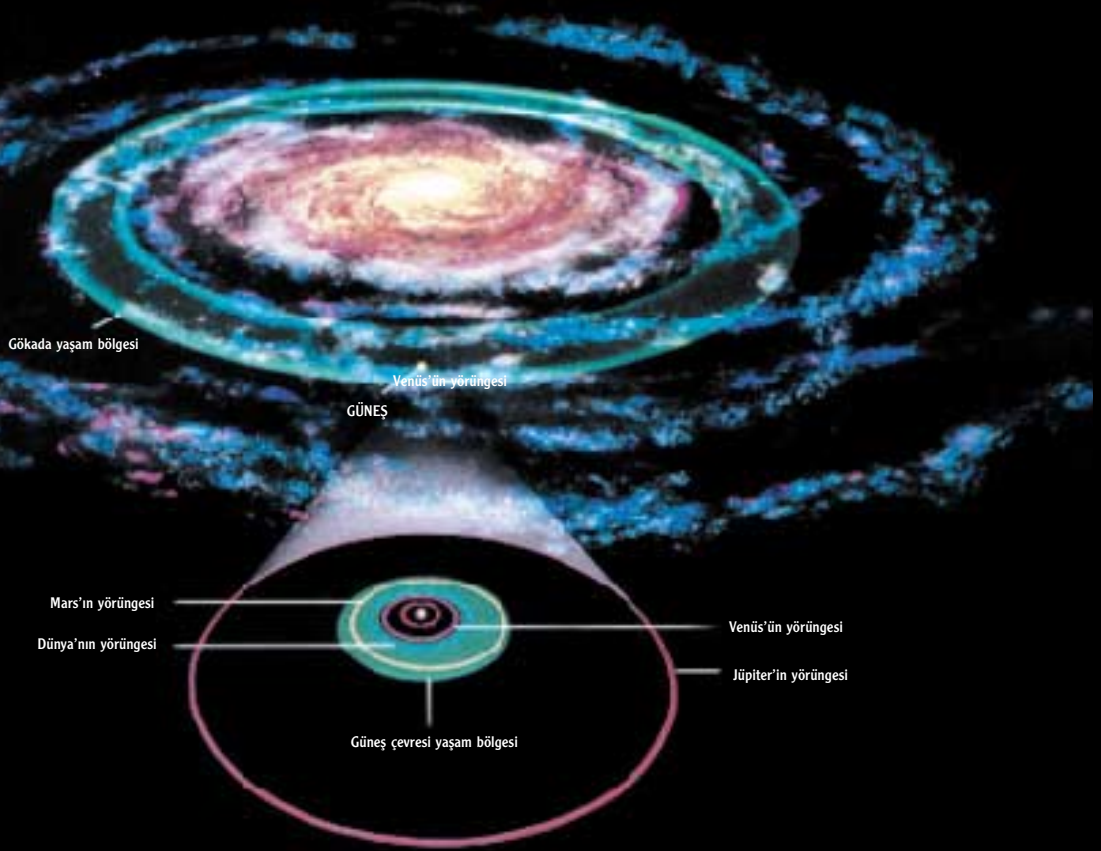
Yeryüzündeki hayata ait birleştirici özellikleri şöyle özetleyebiliriz.: Bütün canlılar DNA ve yakın benzeri olan RNA molekülleri içerirler. Bu polimerler, kopyalama ve çoğalma işlemleri için temel oluştururlar. Ancak, çoğalma ve kopyalama, canlı hücreler dışında gerçekleşemez. Bu nedenle, en küçük canlı birim 'hücre'dir. Bütün yaşam şekilleri, nükleik asitlerin taşıdığı 'bilgi'ye dayanılarak amino-asit-monomerlerinden oluşan polimerler, yani proteinler içerirler. Proteinler, canlı hücrelerin yapı ve işlevlerinden sorumludurlar. Diğer bazı polimerlerse besin (karbonhidratlar), enerji

taşıma ve depolama (yağlar) işlevlerini gerçekleştirirler ve molekülleri hücreler halinde organize eden 'zar'ların (lipidler) temel bileşeklerini oluştururlar.

Yaşamın yeryüzündeki öyküsü, burada değinme olanağı bulamadığımız çok renkli ve göz alıcı bir birikime sahip. Bu olağanüstü sürecin gizemi üzerindeki perde oldukça aralanmış ve bilim bu yönde çok önemli başarılar imza atmış bulunuyor. Yaşamı oluşturan temel moleküller yapı hakkında giderek yükselen bilgi düzeyimiz, bu yapının kimyasal temelde oluşum ve işlevlerini anlamamızı olanaklı kılıyor. Kimya'nın, temelde gelişkin bir 'uygulamalı fizik' dalı olduğunu hatırlarsak, fiziksel kuramlarımızın kısa bir süre sonra, yaşamla ilgili oluşum ve süreçleri de kapsamı alacağını ileri sürebiliriz!

Ulaşılan noktada, yaşamla ilgili karmaşık biyolojik yapının altındaki dikkat çekici basitlik, moleküller düzeyindeki anlaşılabilirlik ve birlik (yeryüzündeki yaşamın bir tek kökenden ortaya çıkışı ve evrim yoluyla yeni ve daha 'yüksek' merhalelere ulaşabilmiş olması), yaşamla ilgili bütün gizemlerin bilimsel yöntemle çözülebileceğini ortaya koymakta. Dahası, bu temel süreçlerin, ve onları takriben evrim ve gelişmenin, benzeri yıldız ve gezegen sistemlerinde oluşacak ortamlarda tekrar tekrar ortaya çıkması ve her seferinde yeryüzündekinden farklı bir yol izleyerek farklı sonuçlara ulaşması, beklenebilecek en doğal sonuç. Örneğin, başka gezegenler üzerinde, 20 yerine 15 ya da 25 amino asit kullanılan bir yaşam biçimi düşünebiliriz.

HERKES NEREDE?



Dünyamız üzerinde kendiliğinden ortaya çıktığı hakkında güçlü kanıtlar bulunan yaşam sürecinin, evrende başka gezegen ve ortamlarda da ortaya çıkmış olabileceği düşüncesi, oldukça çekici. Büyük Patlama'dan, yaşamı oluşturabilme ve akla ulaşabilme yeteneğiyle ortaya çıktığı, Dünya üzerindeki son 5 milyar yıllık geçmişiyle 'kanıtlanmış' sayılabilecek olan evrenin bu göz kamaştırıcı gösterisini, milyar kere trilyonları aşan yıldız ve gezegenlerden yalnızca Güneş ve Dünya'mız için hazırladığımızı, artık çok az bilimci ve felsefeci kabul edebiliyor. Yani, evrenin diğer yıldız ve gezegenlerinde de çeşitli gelişim düzeylerinde yaşam süreci ve 'akıllı-akılsız' canlılarla dolu olabilir.

Büyük fizikçi Enrico Fermi 'nin yıllarca önce sorduğu gibi, biz de tekrarlayalım : "Öyleyse herkes nerede?" Bunun yanıtını aramaya Güneş Sistemimizden başlayabiliriz.

Güneş Sisteminde Yaşam

Dünya dışındaki gezegen ve aylardan 30 kadarı, son 40 yıldır robot araçlarla ziyaret edilmiş, yakından fotoğrafları çekilmiş ve haklarında oldukça ayrıntılı veriler toplanmış bulunuyor. Bu açıdan gezegenlerimizi sırayla ele alalım:

Merkür, Ay'a benzer bir yapıda üzerinde yaşam olmadığının kesin kanıtları, yüzey sıcaklığının yüksekliği, atmosferin yokluğu ve gece gündüz ısı farkları (gündüzleri 425 °C, geceleri -180 °C).

Venüs, çok yoğun atmosferi (90 atmosfer basıncı), kurşunu eriten yüzey sıcaklığı (450 °C) ve atmosfer kompozisyonuyla hayat için bir umut bırakmıyor.

Ayımız üzerinde de hayatın olmadığı ve hiçbir zaman başlamamış olduğunu kesinlikle biliyoruz.

Mars'ın durumu yukarıda ele alındığı için burada üzerinde fazla durmayacağız. Ancak, tek hücreli yaşamın 3,5 milyar yıl önce başlamış olabileceği, yüzey üzerinde suyun aktığı dönemlerin olduğu yolunda güçlü kanıtlar ortaya çıkıyor. Önümüzdeki dönemde Mars'a yapılacak insanlı/insansız yeni yolculuklar, bu konudaki tartışmalara son noktayı koyacak.

Güneş sisteminde yaşam için en azından başlangıç yapmış olabileme olasılığının en yüksek olduğu diğer gök cisimleri, Jüpiter'in yakın aylarından Europa ve Ganymede ve Satürn'ün ayı Titan. Europa'nın ve Ganymede'nin yüzeylerini kaplayan buzların altında oldukça derin okyanuslar taşıyabileceği düşünülüyor. Bu konuda, Jupiter'de incelemelerini tamamlayan NASA'nın Galileo uzay aracından ulaşan resim ve verilerle desteklenen ipuçları bulunuyor. Jupiter'in neden olduğu gel-git etkileri bu uydulardaki

'Goldilock' Hipotezi

Samanyolu

gökadamızın temsili resmi

üzerine çizilen küçük çember, Güneş'in

4000 ışık yılı çevresindeki bölgeyi, geniş çemberse,

40,000 ışık yılı yarıçaplı bölgeyi göstermekte. Parlak ışıklı bölge,

Dünyadan bakıldığında Yay Burcu bölgesine düşen Samanyolu merkezi bölgesini gösteriyor.

Mavi renkli bölgeler, yoğun yıldız oluşum bölgeleri. Sol üstte, Andromeda Gökadası ve onun uydu gökadalara NGC32 ve NGC 205 görülmüyor.

'Goldilock' (Altın Bukleli Kız) adlı küçük çocuk masalındaki '3 küçük ayıcık' için ormandaki gizemli kulübede kendilerine 3 ayrı tasta sunulan 'sıcak, ılık ve soğuk' çorbalar motifinden ilhamla, Goldilock hipotezi olarak isimlendirilen bir tasnife göre, bir yıldızın çevresindeki gezegenlerin bulunduğu bölgeler de, yaşam açısından, 'sıcak', 'ılık' ve 'soğuk' olarak sınıflandırılabilir:

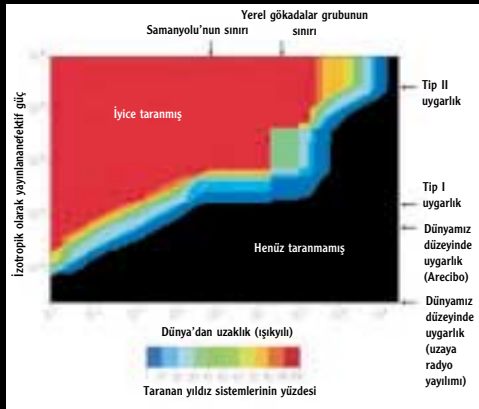
Yıldızın çok yakın bölgeler yaşamla ilgili süreçler (özellikle suyun sıvı halde bulunabileceği gezegen yüzey sıcaklıklarına olanak verme) açısından uygun olmayan 'sıcak' bölüm, çok uzak bölgelerde 'soğuk' bölümler. Güneşimiz için, Merkür sıcak bölgede, Mars-ötesi gezegenlerse soğuk bölgede yer alıyorlar. Ilık bölgede Dünya, Mars ve bazı çalışmalara göre de, Venüs bulunuyor. Bu sayı, Drake denklemi Samanyolu'ndaki uygarlıkların sayısının hesaplanmasında önemli.

Benzer şekilde, gökadalarnın, bu arada Sa-

manyolu gökadamızın da yaşam bakımından uygun (yaşam için 'ılıman') ve uygun olmayan ('sıcak' ve 'soğuk') bölümlerinden söz etmek olası. Samanyolu merkezine yakın bölgeler, yoğun yıldız oluşumu ve buna bağlı olarak, süpernova benzeri felaketsel süreçlerin sayıca yüksekliği nedeniyle, yaşamın ortaya çıkmasına olanak verecek ve onu uzun süre destekleyebilecek yıldızların sayısı açısından, Güneş'in de bulunduğu orta bölgelere göre daha az şanslı. Yıldız kütlelerinin ve buna bağlı olarak, evrim hızlarının da göz önüne alınmasıyla, yaşam için gerekli yüksek atom numaralı elementlerin yeterli zenginlikte olduğu, aynı zamanda, yıkıcı olayların yeterince seyrek yaşandığı gökada bölümlerinde, yaşamın ortaya çıkması ve teknolojik uygarlıklar geliştirebilmesi olasılığı daha yüksek. Samanyolu'nun, merkezinden yaklaşık 20-40 bin ışık yılı uzaklık-

taki bölümü, bu açıdan yaşamı aramak için daha fazla zaman harcamamızın uygun olacağı bölümleri. Ayrıca, gökada tipleri de, yaşam ve uygarlıkların var olabileceği koşulları açısından önemli. Örneğin, 'etkin gökadalara' denen gruptakiler, yüksek etkinlikleri nedeniyle, kararlı yaşam bölgeleri için uygun olmayan 'ada'lar. Dolayısıyla, Samanyolu tipi bir gökadamın sahip olduğu 100-400 milyar mertebesindeki yıldız sayısı, Drake denklemi içinde yerinde %10 merbesinde yer alacaktır. Samanyolu'ndaki Güneş benzeri yıldızların sayısı 10-20 milyar civarında hesaplanıyor.

Ortaya çıkan bir uygarlığı yok edebilecek kozmik felaketler açısından göz önüne alınması gereken olaylar arasında, nova patlamaları (1-10 ışık yılı uzaklıklarda), süpernova patlamaları (1-1000 ışık yılı yakınlarımızdaki olaylar) ve gama ışın patlamaları (10.000-50.000 ışık yılına kadar uzaklıklarda) sayılabilir. Yıldız ve gezegen çarpışmaları ve büyük ölçekli meteorların yaşam taşıyan gezegenlerle çarpışmaları, olası kozmik felaketler listesindeki diğer olaylar. Güneş Sistemi'nin geçmişinde, gezegenlerarası çarpışmalar olduğuna dair ciddi ipuçları bulunuyor. Bunlar arasında, Ay'ın, Mars büyüklüğündeki bir gök cisminin 4 milyar yıl kadar önce, Dünyamız ile çarpışması sonucu oluşması; Venüs'ün, kendi çevresinde, bütün gezegenlerin tersine yönde dönmesi ve Neptün'ün kutuplarının Güneş'e dönük olması sayılabilir. Meteor çarpmalarının ipuçları ve sonuçları hakkındaysa daha ayrıntılı bilgilere sahibiz. Örneğin, bir kaç yüz milyon yıl süreyle yeryüzünün mutlak 'hakimleri' olan dinozorların ortadan kalkmaları, bundan 65 milyon yıl önce, 10-100km çaplı bir meteorun dünyamıza çarpması sonucu (bu meteorun, Amerika'da Yucatan yarımadasında bulunan 300 km çaplı krateri oluşturduğu düşünülüyor.).



Şimdiye kadar yürütülen SETI programlarıyla taranan parametre uzayının bir bölümü, bu şekilde gösterilmekte. Kırmızı bölgeler, oldukça yoğun şekilde taranmış alanı, siyah bölge de henüz hiç taranmamış alanı gösteriyor. Ara renkteki bölgelerde, alttaki ölçekte verildiği şekliyle, o parametredeki tarama yüzdesini veriyor. Düşey eksen, ışımaya ('yayın') yapan uygarlığın enerji bütçesini, yatay eksense, yeryüzünden taranabilmiş uzaklıkları gösteriyor. Örneğin, Arecibo ile yayın gücümüz olan 100 triyon (10¹⁴) Watt ışımaya sahip uygarlıkların 50 ışık yılı uzaklığa kadar bütünüyle, 1000 ışık yılına kadar olan bölgede %30 oranında tarandığı görülmüyor. 4,000 ışık yılı ötesinde karanlık (hiç taranamamış) bölge başlamakta. Daha fazla ışımaya gücüne sahip uygarlıklarsa, 100 Arecibo gücüne kadar olanlar 1000 ışık yılı, 1 milyon Arecibo gücüne olanlarsa, 100,000 ışık yılı uzaklığa kadar (Samanyolu'nun tamamında) taranmış sayılabilir. Bu anlamda, Samanyolu içinde bir 'süper-uygarlığın' olmadığını söyleyebiliriz.

sıvı ortama gerekli fazladan enerjiyi sağlayabilir ve yeryüzü okyanus diplerinde de gözlenen türden, Güneş ışığına ve fotosenteze doğrudan gereksinim göstermeyen (ya da hiçbir şekilde tahmin edemeyeceğimiz yeni) türden yaşam biçimleri ortaya çıkmış ve hatta gelişmiş olabilir.

Merkür'den büyük kütleli ve Güneş Sistemi'nde atmosfere sahip tek uydu olan Titan'daysa, yeryüzünde biyolo-

jik yaşamın ortaya çıkması öncesi (pre-biotic) koşulların varlığı hakkında işaretler var. Yüzeyinde hidrokarbon (metan ve etan) denizleri ve bu moleküllerin atmosfer ve Titan'ın yüzeyi arasında çevrimini sağlayabilecek hidrokarbon 'yağmur'ları olabileceği, geçirgen olmayan metan-yoğun atmosferinin (yüzeydeki basınç 1,5 atmosfer sıcaklık -180 °C olarak hesaplanıyor) spektroskopik ve diğer yollarla ince-

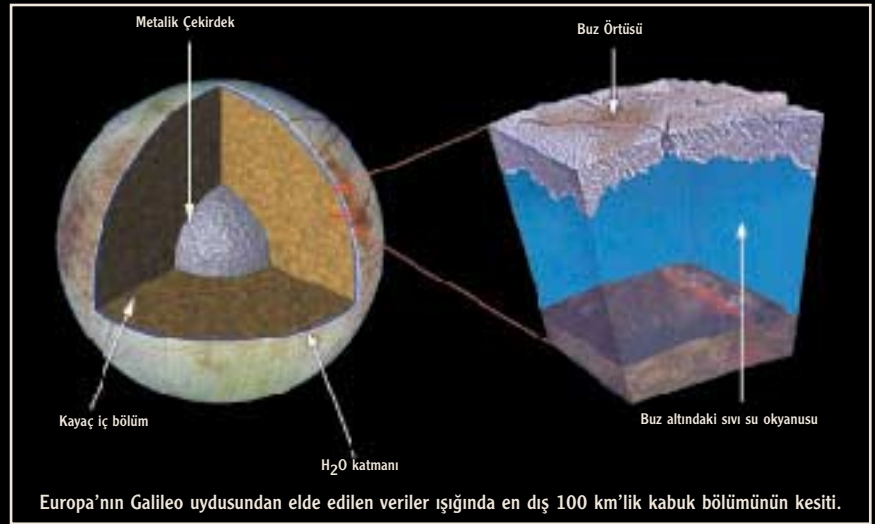
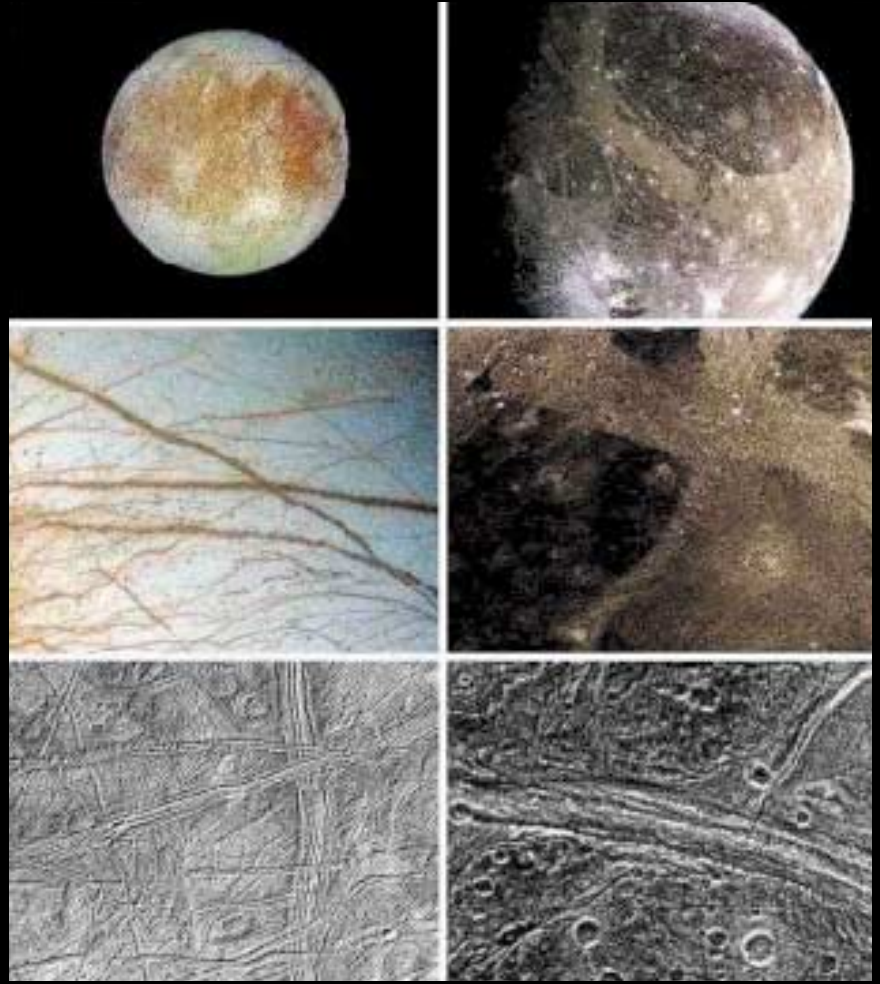
lenmesi, bu tahminlerin temelini oluşturuyor. Ekim 1997'de yola çıkmış olan NASA-ESA aracı Cassini-Huygens, 2004 yılında Satürn sistemine ulaşacak ve bu arada Titan'a ait hipotez ve öngörülerin sınanmasına olanak sağlayacak. Özellikle Huygens sondası, Satürn'e varıştan 4 ay sonra (27 Kasım 2004'te!) ana gemi Cassini'den ayrılarak Titan atmosferine girerek atmosfer ve yüzey koşulları hak-

kında Dünya'ya çok değerli bilgiler iletecek.

Güneş Sistemi'nin öteki gezegenleri olan Uranüs, Neptun, Plüton ve bunların ayları, ana yıldızla aşırı uzaklıkları nedeniyle, kendi yaşam ortamlarını hiç bir şekilde geliştirme olanağı bulamamış olmalı. Sistemin diğer üyeleri olan göktaşı ve meteorlarda karbon bileşiklerinin, kuyruklu yıldızlardaysa, karbon bileşikleri ve buz halde suyun varlığı ilginç olgular. Hatta, yeryüzündeki suyun önemli bir bölümünün (belki de tümünün), yeryüzüne çarpan kuyruklu yıldız ve meteorlarca taşınmış olabileceği, Ay ve Merkür kutuplarında buz yığınakları olabileceği yolundaki son bulgularla da destekleniyor. Ancak, yaşam için gerekli ilkel malzemenin gözlenmiş olmasına karşın, bu gök cisimindeki fiziksel koşullar göz önüne alındığında, yaşama doğru daha ileri evrelere geçilmiş olması şansının buralarda pek yüksek olmadığı anlaşılıyor.

Samanyolu'nda Yaşam

Güneş'in de bir üyesi bulunduğu, devasa bir yıldızlar sistemi olarak Samanyolu, yeryüzü benzeri ya da farklı temellerde yaşam başlangıçları ve gelişimleri için yeni ve çok geniş bir deney alanı oluşturmaktadır. Bu 'deneme'lerden ne kadarlık bir bölümün başarı ya da başarısızlıkla sonuçlanmış olduğu (daha doğrusu, olabileceği) konusunda, yeryüzü örneğimizden, Güneş Sistemi ve genelde yıldızların evrimi ve istatistiği hakkında bilgilerimizden yola çıkarak 'eğitilmiş' tahminlerde bulunmak olası. Bu tür bir hesaplama, ilk kez, 1960'larda radyo gökbilimci Frank Drake (Dreyk ok.) tarafından yapıldı. Bu nedenle, Samanyolu içindeki 'akıllı uygarlıkların' sayısına ulaşma hedefindeki eşitlik, 'Drake Denklemi' olarak bilinir. Bu denklem, Samanyolu içindeki yıldız ve gezegenlerin sayısı, yıldızların ömür süreleri gibi oldukça iyi bilinen ve çok büyük, her anlamda 'astronomik' faktörlerle, kimyasal/biyolojik süreçlerin yaşamın oluşturabilmesi olasılığını kapsar. Bunun içinde, bunlar gibi fazlaca bilinmeyen bazı temel bilimsel faktörlerin yanında, hakkında daha da zor tahminlerde bulunabildiğimiz (canlılarda 'akıl'ın ortaya çıkması, gelişmesi, bir



Jüpiter'in uyduları Europa ve Ganymede'nin kalın buz tabakalarının altında tüm küreyi kapsayan sıvı su okyanusları bulunduğu yolunda kanıtlar elde edildi. Uzay araçlarından elde edilen görüntüler buz örtülerinin, Jüpiter'in kütle çekiminin yarattığı gel-git etkisiyle sürekli olarak yarıldığını gösteriyor. Araştırmacılar dipten gelen sıvı suyun yüzeye çıktığını, böylece uyduların yüzeyindeki olası organik maddelerin okyanus sularına karışabildiğini düşünüyorlar.

medeniyet kurması, bilimsel metodu keşfetmesi, astronomiyi geliştirmesi, benzeri akıllılarla temas kurması ve bu arada, 'kendini yoketmesi' gibi olasılıkları içeren bazı psikolojik/sosyolojik faktörleri de içerir.

N_m (medeniyetlerin sayısı) = N (yıldızların sayısı) x f (Güneş türü yıldızların oranı) x M (gezegenlerin sayısı) x g (yaşama uygun gezegenlerin oranı) x h (yaşam sürecini gerçekten başlatanların oranı) x i (akıllı medeni-

Radyo ve Optik SETİ

Radyo SETİ

SETİ konusunun spekülasyon ve fantezi dünyasından, 'saygı duyulur' bilimsel uğraşlar alanına aktarımı, radyo teknolojisi ve radyo astronominin yeteri kadar geliştiği 1950'li yılların sonlarına rastlar. Önce, 1959'da Giuseppe Cocconi ve Philip Morrison'un Nature dergisinde çıkan "Searching for Intestellar Communications" (yıldızlararası haberleşmenin aranması) ve onu takiben, 1960'da, Frank Drake'in Ozma Projesi adlı, mevcut radyo astronomi tekniklerinin kullanarak en yakın Güneş benzeri 200 yıldız "kısa süreli dinlemeler" şeklinde 'gözetleyen' çalışması, SETİ'nin bilimsel arenaya transferinin habercisi olaylardı. Bundan sonra, çoğu Amerika ve Sovyet kökenli bilimciler tarafından olmak üzere 100'e yakın SETİ programı gerçekleştirildi. Bugün, artık saygın üniversitelerin lisans ve lisansüstü eğitim programlarında SETİ konulu dersleri, gökbilim kitaplarında SETİ konulu bölümleri görebilir, Bu konuda iyi tanınmış gökbilimci, fizikçi ya da mühendislerce yazılmış çekici ders kitapları ve popüler yayınları bulabilirsiniz.

Optik SETİ

Yıldızlararası haberleşmenin optik dalga boylarında da gerçekleştirilebileceği, bizim bu tür haberleşmeleri de yakalayabileceğimiz, Frank Drake'in ilk radyo gözlemlerini yaptığı yılın hemen ertesinde, 1961'de bazı fizikçilerce önerilmişti. Robert Schwartz ve Charles Townes, Dünya dışı canlıları optik dalga boylarında aramayı yani optik SETİ'yi (OSETİ) teklif ettiler. Ancak, bu teklif, uzun yıllar SETİ dünyasını etkisi altında tutan 'radyo mafyası' tarafından görmezlikten gelindi. Son dönemlere kadar, çok az sayıda OSETİ çalışması üzerinde duruldu. Çünkü, bu amaçla kullanılacak lazer fiziği ve ilgili teknolojileri henüz yeterince anlaşılıp geliştirilememişti. Yani, OSETİ'nin potansiyelinin anlaşılması epey vakit aldı. Özellikle, bir yıldızın parlaklığını aşacak optik ışına yaratmanın gerektirdiği devasa enerji bütçesi göz korkutucu idi. Ancak, son dönemlerde lazer fiziğindeki gelişmeler, SETİ dünyasının da dikkatini çekti. Lazeri keşfi nedeniyle 1964 Nobel ödülünü



"Dünya dışı uygarlık"lara mesaj gönderilmesinde ve onların mesajlarının dinlenmesinde yararlanılan emektar Arecibo teleskopu (üstte), şimdilerde yeni sistemlerle donatılıyor. Ancak, SETİ projesi, umutlarını yandaki resimde görüldüğü gibi küçük antenlerden oluşacak toplam bir km çaplı bir bileşik radyoteleskop projesine bağlanmış görünüyor.

de almış olan Townes'in ısrarlı çabalarıyla, California'daki 1997 SETİ Çalıştayı sonrasında OSETİ'nin denemesi gereken bir yol olduğu genel kabul gördü. Çok kısa süreli lazer pulslarıyla bir yıldızın optik parlaklığının çok üzerinde parlaklığa sahip sinyaller gönderilebileceği, bu sinyalle-

rin, bazı bakımlardan (örneğin, daha büyük band genişliği) radyodan daha üstün şekilde yıldızlararası haberleşmelere olanak sağlayabileceği anlaşıldı. Örneğin, saniyenin trilyonda 1'i kadar (10-12 saniye) bir süre için, 1 milyon kere milyar watt'lık (10^{15} W) enerjiyi paketlemek ve lazer pulsuları olarak hedeflemek olanak dahilindeydi.

Bu çalıştıydan 6 ay sonra ilk geniş kapsamlı OSETİ araştırması 60 cm'lik bir optik teleskop kullanılarak ABD'de Oak Ridge Gözlemevinde başlamıştı! Yöntem, başka amaçlarla yapılan gözlemler için teleskopa giren optik yıldız ışığı huzmesinin küçük bir bölümünü kullanarak, bunun çok kısa süreli ve pulslu sinyaller içerip içermediğinin denetlenmesi idi. Uzun yıllar direnilen OSETİ fikrinin bu kadar hızlı uygulamaya girmesinde, 40 yılı aşkın süredir olumlu bir sinyal alınmayan radyo taramalarının da etkisi vardı... Kısaca özetlenen bu Harvard-Princeton çalışması yanında, Rusya'da Victor Schwartzman'ın 6m'lik Bolshoi teleskopuyla sürdürdüğü çalışmalar, Townes ve Al Betz'in 1.7m'lik teleskopla yaptıkları 10.000 Angström kızılötesi araştırması, Stuart Kingsley'in Columbus OSETİ Gözlemevi kurma çalışmaları, bunlardan bazıları.

OSETİ projesi kapsamında lazer sinyali gönderebilecek 6 metrelik Bolshoy teleskopu.



yetlerin ortaya çıkma olasılığı) $\times T$ (medeniyetin haberleşme istemli yaşam süresi) / S (Samanyolu ömrü) ya da sembolik olarak:

$$Nm = N \times f \times M \times g \times h \times i \times T / S$$

Bu hesabın farklı şekillerde, benzeri başka faktörlerle yapılması da olası. (Örneğin, Carl Sagan, 1974'te böyle bir alternatif hesaplama vermişti). Fakat, faktörleri belirleme çalışmalarında ulaşılan sonuç (burada ayrıntıları üzerinde duramıyoruz) şu ifadeyle özetlenebilir:

Halen Samanyolu içinde yaşayan uygarlıkların sayısı, ortalama olarak, bir uygarlığın haberleşme yetenek ve arzusunda olduğu yaşam süresine eşittir.

$$Nm \sim T$$

Bu durumda, insanlık olarak kendimizi uzunca bir süre yok etmemenin yolunu bulabilirsek, bu sayı milyonları bulabilir. Bu durumda, bize en yakın uygarlığın uzaklığı 100 ışık yılı (1 ışık yılı=9.5 trilyon km) mertebesinde demektir. Eğer insanlık olarak yaşamımızı sürdürmeyi beceremezsek (ki bu, ulaştığımız sosyal ve çevresel sorunların boyutları düşünüldüğünde oldukça yüksek bir olasılık), bu sayı, en fazla, 100 civarında ya da daha az demektir. Bu durumda, uygarlıklararası uzaklık, binlerce ışık yılını bulacaktır; yani, haberleşme ve temas kurma olasılığımız sıfıra yakın demektir. Ancak, her iki durumda da, bildiğimiz fizik yasaları ve mesafeler gözönüne alındığında, doğrudan temas hemen hemen imkansız sayılıyor. Bunun yerine, yıldız uygarlıkları arasında haberleşme çabaları üzerinde yoğunlaşmak daha akılcı bir yöntem olarak ortaya çıkıyor.

Haberleşme Çabaları

Dünya dışı canlıları radyo gökbilim temelinde ve mevcut radyo teknolojisinin sağladığı birikim ve olanaklarla aramanın adı, yaygın olarak Dünya dışı Akıllı Canlıları Arama anlamına gelen, İngilizce 'Search for Extra Terrestrial Intelligence' kelimelerinin baş harfleri SETİ ile anılır oldu (burada, kısaltmanın Türkçe söylenişi esas alınarak, SETI yerine SETİ şeklindeki yazımı kullanılacaktır). Dünya dışı canlıların da genelde bilim, özelde astronomi ve haberleşme/gözlem tekno-

Son Dönemdeki Gelişmeler



Şimdiye kadar Güneş Sistemi dışında belirlenen 100'ü aşkın gezegenin çok büyük çoğunluğu, yıldızlarına çok yakın, ya da çok uzak yörüngelerde dolanan 1/2 ile 17 Jüpiter kütlelerinde gaz devleri.

2000'li yıllara gelindiğinde, SETİ çalışmalarına damgasını vuran en önemli gelişmeler olarak şunlar sayılabilir:

1. 1995'lerden başlayarak, Güneş-benzeri ve diğer yıldızlar çevresinde bulunan gezegenler. Sayısı 100'leri bulan yıldız çevresinde, çoğu Jüpiter mertebesinde kütlelere sahip gezegenler keşfedildi. Ancak, bunların yörüngeleri Güneş Sistemi örneğine uymuyor. Çünkü dev Jüpiterler, beklenmedik şekilde, kendi yıldızlarına Merkür kadar, ya da daha yakın yörüngelerde! Gezegen oluşumuyla ilgili kuramsal ve gözlemsel çalışmalar, yeni gelişmeler göstererek SETİ ile ilgili çalışmalara da yeni bir itki sağlamış bulunuyor.

2. Yine 1995'te, Mars'tan düştüğü hesaplanan ve Antarktika'da bulunan bir göktaşında, mikrobik düzeyde yaşam izlerinin bulunmuş olabileceği iddiası, bilim dünyasında geniş yankı uyandırdı. Mars koşullarında da yaşamın ortaya çıkmış olabileceği iddiası, yaşamın Güneş Sistemi'ndeki kökeni, gezegenler arasındaki kütle transferi olanaklarının ve yaşamın bir gök cisminden diğerine taşınması olasılığının çok daha dikkatle incelenmesi gerektiğini doğurdu.

3. Hiç bir güneş ışığının ulaşmadığı derin deniz diplerinde, toprağın kilometrelerce altında ve kutuplarda, çok elverişsiz, uç koşullarda, yaşam izlerine rastlanması; ayrıca, Merkür ve Ay kutuplarında, (Güneş ışıklarının hiç ulaşmadığı noktalarda, gezegene düşen kuyruklu yıldızlarca taşınmış olabilecek) buz yığınlarına rastlanması ve Mars'ın toprağı altında donmuş ya da sıvı halde su tutma olasılığı, Güneş Sistemi'nde yaşamı arama çalışmalarına yeni bir he-

yecan katmış durumda. Bu durumda, Mars'a ve Jupiter ayları Europa ve Ganymede'ye gönderilecek robot araçlar için yeni hedefler ve görevler düşünme gereği doğdu.

4. NASA, daha önce kapatmak zorunda kaldığı, fakat halen özel bir kuruluş statüsünde California Üniversitesi bünyesinde çalışmalarını sürdüren SETİ Enstitüsü yerine yeni bir 'Astrobiyoloji Programı' geliştirme kararı aldı.

Mars yüzeyinde akan sellerin açtığı sanılan derin yarıklar.



lojileri konusunda bizlerin benzeri ya da daha ileri düzeylere ulaşmış olabilecekleri varsayıldığında, haberleşmede 'elektromanyetik ayırışım'ın (spektrum) radyo bölgesini tercih edecekleri öngörülebilir. Gerçekten de, elektromanyetik dalgaların tümü göz önüne alındığında, haberleşme için önemli

bir faktör olan 'gürültü' (parazit) açısından, Samanyolu-içi en düşük düzeyler, 1-10 milyar Hertz (1-10 GHz) frekanslarda (~3-30 cm radyo dalga boylarında) ortaya çıkıyor. Ayrıca, uzun süre, haberleşmenin en ekonomik ve güvenilir olarak yürütülebileceği uygun yolun, yeryüzündeki geli-

şim ve birikim ışığında radyo dalgaları olduğu düşünülmüştür. Son yıllarda, lazer teknolojilerinin ve kısa-zamanlı atma (pulsama) tekniklerinin gelişmesiyle, optik (kızılötesi, görünür ve morötesi ayrışım bölgeleri) kanalının da etkin bir haberleşmede kullanılabileceği ortaya konmuş durumda. Radyo ve Optik SETİ çalışmaları ilgili kutuda özetlenmiştir.

Dünya dışı canlılarda haberleşme çabalarında, başlıca 2 seçenek bulunuyor: Yıldızları 'dinlemek' (yani haber 'alabilmek' ya da haber 'beklemek') ya da yıldızlarca 'dinlenmek' (haber 'iletmek').

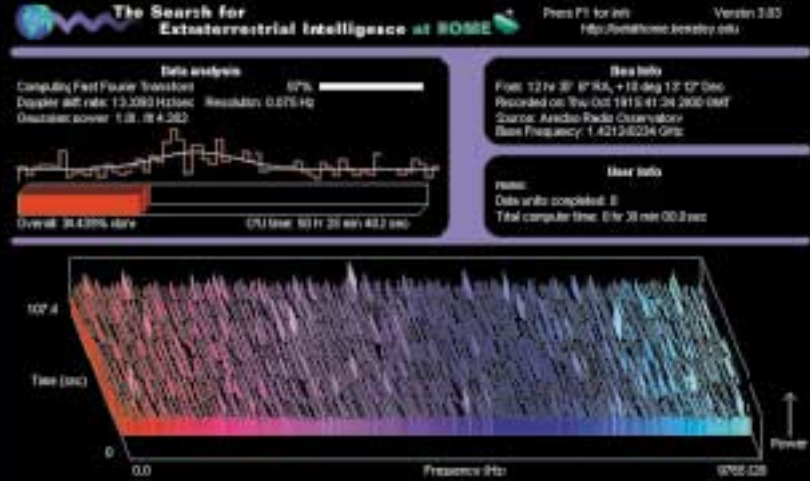
Yıldızları Dinlemek

Şimdiye kadar yürütülen 'yıldızları dinleme' olarak özetlenebilecek SETİ çalışmalarında, 15 m ile 300 m arasında anten çapları, 600 MHz ile 100 GHz arasında çeşitli radyo frekansları 1,5 miliHertz (0.0015 Hz) ile 30 kiloHertz (30.000 Hz) arasında frekans çözümlenmeleri olan radyo teleskop ve alıcı sistemleri kullanıldı. Arama stratejileri de, daha çok 'hedef-seçimli arama' şeklinde, konumu iyi bilinen, Güneş'e yakın ve astrofiziksel olarak Güneş türünden yıldızları hedefliyordu. Çalışmalarda daha az kullanılan ikinci tür arama stratejisi olan '(hedef seçimsiz) uzay taraması' ise, seçilen bir bölgenin tamamının eksiksiz 'dinlenmesi' temelindedir ve ancak SETİ çalışmalarının otomatik hale getirildiği 1980'li yıllar sonrasında bazı çalışmalarda uygulanmaya başlandı.

Özellikle 1980'lerin ikinci yarısından sonra NASA'nın bir SETI Araştırma Enstitüsü kurması, uzun fizibilite çalışmaları sonrasında "Yüksek Çözümlemeli Mikrodalga Uzay Taraması (High Resolution Microwave Survey, HRMS)" projesini başlatması, çalışmalar açısından önemli bir evre'nin başlangıcı oldu. HRMS'nin odak noktası, 32 milyon farklı radyo frekansını aynı anda tarama gücünde, çok ileri bir radyo alıcısının geliştirilmesi ve SETİ amaçlı olarak hizmete konması. Bu sistem, 12 Ekim 1992'de (Amerika'nın Kolomb tarafından keşfinin 500 yılına adanarak) çalışmaya başladı. NASA'ca planlanan çalışmanın temel gözlem programı, hem 'hedef-seçimli arama' hem de, bir süre içinde bütün gökyü-

zünü belli bir duyarlılıkla taramış olmayı hedefleyen 'uzay taraması' olarak belirlenmişti. Hedef-seçimli taramada, güneşin 80 ışık yılı ya da daha yakınında olup spektrumlarında yüksek atom numaralı elementler içeren 'Topluluk I' grubu arasındaki F, G, K sınıfı (Güneş ve özellik olarak Güneş'e en yakın diğer iki sınıf yıldız) tek yıldızları hedeflemişti. Bunların sayısı 800 kadar olup her yıldız 5 dakikadan 15 dakikaya kadar değişen sürelerde, Samanyolu içinde radyo gürültüsünün en düşük olduğu 1 ile 3 GHz frekanslar arasındaki bant üzerinde izlenecekti. Bu arama, 18 cm (OH çizgisi), 21 cm (H çizgisi), 'su oluğu' bölgesi (18-21 cm arası) gibi 'sihirli' ve özel önemi olan frekansları içermekte. Ka-

Setiathome projesi kapsamında milyonlarca ev bilgisayarı, Arecibo ve diğer radyoteleskoplarla elde edilen sinyalleri tarayarak, akıllı uygarlıkların varlığına işaret edebilecek, sürekli tekrarlanan bir "mesaj" arıyorlar (üstte). Uzaydan "gönderilmiş" bir sinyalin, yandaki görüntüde olduğu gibi hafifçe eğik bir çizgi şeklinde ortaya çıkması gerekiyor. Görüntüde her noktadaki belirli bir frekans (yatay eksen) ve zamanda (dikey eksen) bir radyo enerjisini temsil ediyor. Saçılmış noktacıklar " parazit" artalan gürültüsü, düz çizgiyse tekrarlanan düzenli bir sinyali temsil ediyor. Çizgi, Dünya'nın kendi etrafındaki dönüşü frekansı saptırdığından, yatık olarak izlenebilecek. Bu görüntüde yayın, bir uzay gemisinden geliyor. Ancak, uzay gemisi bize ait: Şimdilerde Güneş'e Dünya'dan 73 kat uzakta bulunan Pioneer 10 uzay aracı.



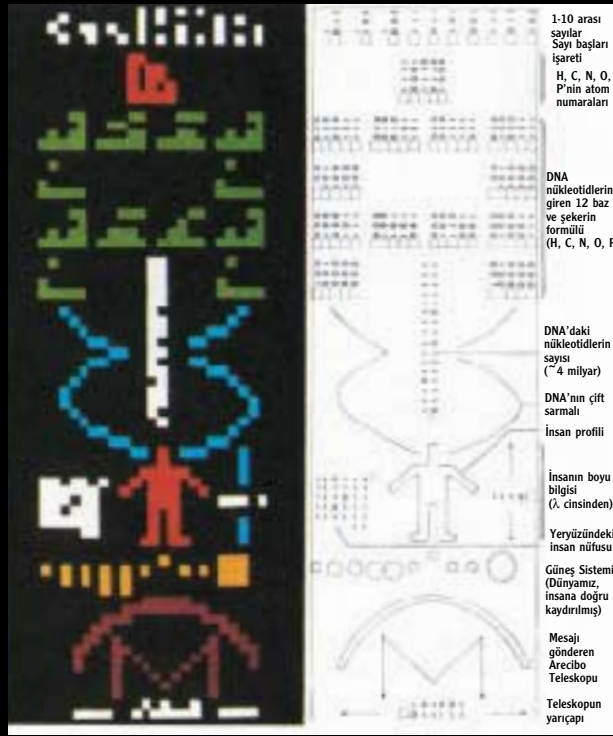
bul edilen uzay taraması stratejisinin hedefiye, 7 yıllık bir plan içinde, her iki yarı kürede birden fazla radyo teleskopu kullanarak, bütün gökyüzünü 1-10 GHz frekans aralığında, teleskopların çözme gücü büyüklüğündeki bölgeleri 1 saniye süreyle gözlemekti. Hem hedef seçimli tarama, hem de uzay taraması, bütünüyle otomatik ve bilgisayar kontrolünde. Tarama sırasında dikkate değer sinyaller bulunduğu, araştırmacılar otomatikman uyandırılmakta.

NASA'nın HRMS adlı geniş kapsamlı SETİ programı, tamamlanamadan ABD Kongresi tarafından 1 yıl sonra kesildi. Ancak, aynı proje bir süre sonra, özel kişilerin ve SETİ meraklılarının maddi ve manevi katkılarıyla

tekrar hayata geçirildi. Projenin daha sonraki adı Phoenix (Anka kuşu; küllerinden tekrar canlanan efsanevi kuş) olup, daha önce tanımlanan programı daha yavaş şekilde gerçekleştirme hedefinde. İlk kapanma öncesi taramalarda elde edilen 'umut verici' 50 kadar hedef tekrar ve öncelikli gözlenme durumunda.

Yıldızlarca 'Dinlenmek'

Öteki yıldızları dinlemenin, bir de Dünya dışı Akıllı Yaratıklar (E.T.'ler) tarafından 'dinlenmek' yanı var. Bunun da yine 'hedef-belirli dinlet-



Arcebo'dan M13 Küresel Kümesi'ne 1974'te gönderilen mesajın deşifre edilmiş şekli.

mek' ve 'hedef-belirsiz dinletmek' gibi iki farklı türü söz konusu. İlk türden, bizim doğrudan mesaj gönderip kendimizi 'dinletmek' yolundaki çabalarımız çok fazla değil. Bunun en iyi bilinen ve belki de tek örneği, 1974'te, halen Cornell Üniversitesi'nce işletilen Porto Riko'daki 300 metrelik Arcebo Radyo Teleskopu kullanılarak yapılan ve Herkül Takımyıldızı bölgesindeki m13 küresel yıldızlar kümesine 3 dakika süreyle gönderilen mesaj. 21 cm radyo dalga boyunda bir sinyaller dizisi olarak hazırlanan sinyal, defalarca tekrarlanan 1679 adet 1 ve 0'lar (sinyal olarak: var-yok'lar) dizisi. Bu sinyal

NASA Astrobiyoloji Enstitüsü, NAI

NASA Ames Research Center bünyesinde kurulan 'NASA Astrobiology Institute' adlı birim, bir çekirdek sekreteryaya dışında, farklı kuruluşlarda çalışan konularla ilgili uzmanları, gelişen İnternet ve haberleşme olanaklarıyla birbirine fonksiyonel şekilde bağlamak ve oluşturmayı hedeflediği grupları, bir çatı altında toplamak yerine, bu-lundukları kuruluşlarda maddi şekilde destekleyerek programlarını sürdürme kararı aldı. NAI'nin şu 3 temel soruya yanıt arayan programlar geliştirmesi öngörülmekte:

- Yaşam nasıl başladı ve gelişti? (Biz nereden geliyoruz?)
- Yaşam evrende başka yerlerde de var mı? (Evrende yalnız mıyız?)
- Yaşamın yeryüzünde ve ötesinde geleceği ne? (Uzayda nereye gidiyoruz?)

Bu çok genel soruların kolayca yanıtlanması kimse beklemiyor. Ancak, bu yolda, uzmanların katılımlarıyla hazırlanmış olan bir 'yol haritası' çalışmaların teknik içeriğini belirlemede yardımcı olmaktadır. Bu haritanın takibi ve yaşama geçirilmesinde göz önüne alınacak genel bir 'çalışma ilkeleri' listesi de oluşturulmuş bulunuyor. Buna göre,

-Çok-disiplinlilik: Astrobiyoloji çok-disiplinli bir uğraş olarak ele alınmalıdır. Örneğin, yer, yaşam ve uzay bilimleri yanında, mikrobiyoloji, ekoloji, moleküler biyoloji, paleontoloji, kimya... bu disiplinlerden ilk akla gelenleri. Astrobiyolojinin amaçlarına, farklı birikim ve uzmanlık alanlarından gelen bilimcilerin oluşturacağı sentezle daha çabuk ulaşılabileceği açık.

-Gezegen ortamlarını koruma: Yer dışında yaşamı araştırırken, ve ilk elde, örneğin, Mars'a yeryüzündeki yaşamı taşıma planları yaparken, bu (ve diğer her) gezegenin kendi ekosistemini korumaya özen göstermeliyiz. Bu programların etik ve bilimsel ilkelerden sapmasına karşı gerek-

li duyarlıklar içinde olmalıyız. Bunun bir yandan dünyamıza yabancı yaşam formlarının getirilmesiyle kendi gezegenimizdeki yaşamı tehlikeye atma olasılığına karşı dikkatli olmayı, diğer yandan, başka dünyaları yeryüzü yaşamı için uygun duruma getirme ('terra-forming: dünyalaştırma) amaçlı, iklim ve yüzey koşullarını değiştirme çalışmalarının bütün yönleriyle ele alınmasını gerektirdiğinin bilincinde olmalıyız.

-Toplumsal sorumluluk: Astrobiyoloji çalışmalarının laboratuvar duvarları ötesinde de, dünyamız toplumları üzerinde derin etkileri olacağı ve sonuçların toplumsal sorumluluklar gerektireceği gözönünde tutulmalı, ekonomik, çevresel, sağlık-sal, dinsel, ahlaki, politik ve eğitsel değerlendirmeler için uygun ortamlar düşünülmesi.

-Herkese açık olma ve eğitim: Evrende yaşamın varlığını araştırma çalışmalarının, bilimciler dışında da geniş merak uyandıran bir konu olduğu unutulmamalı. Genel kamuoyu kadar, her yaştan 'öğrenciler' için, yaşamın kökenine ve evrende yaygınlığına ilişkin soru ve sorunlar bir ilgi kaynağı. Astrobiyoloji, bu nedenle, toplumun gözleri önünde ve herkese açık şekilde yürütülmeli, sonuçlar kadar keşif ve araştırma heyecanı, eğitim kurumları ve medya aracılığıyla geniş şekilde paylaşılmalı. Sorular ve yanıtları, sadece bir avuç araştırmacı için değil, herkes için önemli.

Bu genel çalışma ilkeleri ışığında 1996-1999 yılları arasında, 400den fazla bilimcinin, çeşitli toplantılar, çalıştaylar ve diğer şeklindeki katkılarıyla, bir 'yol haritası' hazırlanmış bulunuyor. Bu harita, gelişmekte olan astrobiyoloji biliminin içeriğini oluşturma çabalarının, doğuş evresinde katkıda bulunan bilim adamlarının bakışıyla, kısa bir özet olarak kabul edilebilir.

Yol haritasındaki önemli bilimsel amaçlara ulaşmada ele alınan çalışma konularıyla şunlar:

- 1.Yeryüzünde yaşam nasıl başladı?

2.Maddenin canlı sistemlere dönüşmesindeki genel ilkeler neler?

3.Yaşamın molekül düzeyinde, organizma düzeyinde ve ekolojik düzeyde evrimi hangi evrelere sahip?

4.Yeryüzü yaşam-küresiyle (biyosfer) Dünya'nın ortak-evrimini nasıl anlayabiliriz?

5.Diğer dünyalarda yaşam için benzer çevresel koşullar oluşturmanın sınırları neler?

6.Bir gezegeni yaşanabilir yapan koşullar neler ve bu dünyalar evrende ne kadar yaygın?

7.Diğer dünyalar üzerindeki yaşamın imzaları neler ve bunlar nasıl tanımlanabilir?

8.Güneş Sistemi'nde, özellikle Mars ve Europa'da halen yaşam var mı? ya da geçmişte var mıydı?

9.Var olan ekosistemler, insan yaşam süresine ilişkin olarak çevresel değişimlere nasıl tepki verirler?

10. Yeryüzündeki yaşamın uzaydaki ve diğer gezegenlerdeki koşullara tepkisini anlayabilir miyiz?

Yol haritasını doldurması beklenen bilimsel çalışmalar için düzenlenen bu 'öncelikli amaç ve çalışma alanları' listesindeki her konu için belirlenen daha ayrıntılı açıklamalar ve bu konularla ilgili logo-emblemler, yukarıda verilen nasa sitesinden takip edilebilir. Burada özetlenen astrobiyoloji tanım ve içeriği durgun ya da mümkün tek yol demek değildir. Bu bilim dalının geleceği, çalışmalara katılan bilimcilerin kişisel tercihleri kadar bunların bilim ve dünya kamuoyunca algılanmasına göre şekillenecektir. Şimdiden bir dizi üniversitede astrobiyoloji ve ilgili disiplinlerde yeni dersler, lisansüstü programlar, yeni konferanslar ve dergiler ortaya çıkmış bulunuyor. Bu uğraşa omuz vermek ve bu yeni disiplinin doğuşuna tanıklık etmek ayrıcalığı, tüm ilgilenenlere açık!

24.000 yıl sonra 200.000 kadar yıldızla sahip bu kümeye ulaşacak ve o anda, bu dalga boyunda Güneş yönüne bakmakta olan, (varsa) Dünya dışı canlılar, Güneş'in radyo parlaklığının 3 dakika süreyle her zamankinden 10 milyon kat arttığını fark edecekler! Gönderilen mesajsa, her biri 23 karakter (1 ya da 0) içeren 73 satır olarak dizildiğinde, Güneş Sistemi, yerdeki yaşam, insanın yaklaşık görüntüsü, boyu vs hakkında bilgiler içermekte. 23 ve 73'se 1679'un her ikisi de asal olan 2 çarpanı. Bu mesaj, m13'lülerin temel matematik bildiğini varsaymakta!

Hedef-belirsiz dinlemeler konusunda, zaten bir şey yapmamıza gerek yok. Radyoyla haberleşmenin başladığı 1920'lerden beri, Dünyamız ışık hızıyla genişleyen bir radyo halesi oluşturmaya başlamış bulunuyor. Bu hale, bugün 75 ışık yılına kadar genişledi. Bu çevre içinde yeteri kadar akıllı yaratıklar, (eğer varsa) belki bizim radyo ve TV programlarımızı izliyor ve yaptığımız kimi tuhafliklara gülüyorlardır. Kim bilir?

Bu program 'NASA Astrobiology Institute' (NASA Astrobiyoloji Enstitüsü) adlı yeni kuruluş tarafından yürütülmektedir. NAI hakkında özet bilgiler ilgili kutuda sunulmaktadır.

Prof. Dr. Mehmet Emin Özel
Çanakkale 18Mart Üniversitesi, Astrofizik
Araştırma Merkezi, Çanakkale
(Bolu AİBÜ'den izinli)

Kaynaklar

- 'Search for Life in the Universe', D. Goldsmith ve T.Owen, 1992, 2. baskı, Addison-Wesley
'Astronomi ve Uzay Bilimleri', orta öğretim kurumları için ders kitabı, Z. Aslan, C.Aydın, O.Demircan, H.Kırbyık, E.Derman, 1996, Tekişik Yayıncılık-Ankara, bölüm 3,4,5.

- 'Evrenin Kısa Tarihi', I.Silk, Murat Alev çevirisi, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, no 46.
'Çağdaş Astrofizik', M.E.Özel, TÜBİTAK, Bilim Teknik Nisan 1991.
'Kuşbakışı Evren', M.E. Özel, TÜBİTAK, Bilim Teknik, Mayıs 1991.
'İlk Üç Dakika', S.Weinberg, (1976): Z.Aydın, Z.Aslan çevirisi, 1995, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, no 11.
'Gökyüzünü Tanıyalım', M.E.Özel, T.Saygıç, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, no 47, 1997.
'Double Helix', F.Crick; 'İkili Sarmal', TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, no 2.
'Şaşırtan Varsayım', F.Crick, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, no 43.
'Hayatın Kökleri', TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, no 1.
'The Search for Extraterrestrial Life', yage, bölüm 7-10, s. 153-250.
'Mind from Matter', M.Delbrück, 1986. Blackwell Scientific Publ.
'Vital Dust', C.de Duve, 1995, Basic Books, Harper Collins Publ.
'Blind Watchmaker', R.Dawkins, 1986, W.W.Norton and Co., 'Kör Saatçi', TÜBİTAK popüler bilim kitapları, 2002.
'Darwin ve Beagle Serüveni', TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, no 40.
'Life in the Universe', S.Weinberg, Scientific American, Oct.1994: Ş.Özveren çevirisi: 'Evrende Hayat Nasıl Başladı?', CBT, sayı 516, s.6-7, 8.2.1997.
'Cosmos', C.Sagan, 'Kozmos', R.Aşçıoğlu çevirisi, Altın Kitaplar Yayınevi.
'Dragons of Eden', C.Sagan: 'Cennetin Ejderleri', e Yayınevi 'Başka Dünyalar, Başka Canlılar', İ.Buğdaycı, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, no 341. Nisan 1996, s. 34-41.
'Yerötesi yaşamı arama (SETI)', M.E.Özel, 'Orta öğretimde temel bilimler' simpozyumu, 1-2 Kasım 1997, İstanbul.
'The Search for Extraterrestrial Life' yage, 1992, bölüm 21, sayfa 505-519.
'Fizikte bazı felsefi sorunlar', M.E.Özel, TÜBİTAK Bilim Teknik, sayı 342 (Mayıs 1996), s. 28-33.
'Başka Dünyalar, Başka Canlılar', İ.Buğdaycı, TÜBİTAK Bilim Teknik, sayı 341. (Nisan 1996), s. 34-41.
'Kozmik Bağlantı', C.Sagan; çev. M.Dinçer, 1986, e-yayınları.



Bilgi de Değerli Bir Hediye!



Dergilerini takım halinde tutmak isteyenler için kutuları, indeksleri ve ekleriyle birlikte

Son iki yıl, son bin adet