



# Bize En Yakın Yıldız Güneş

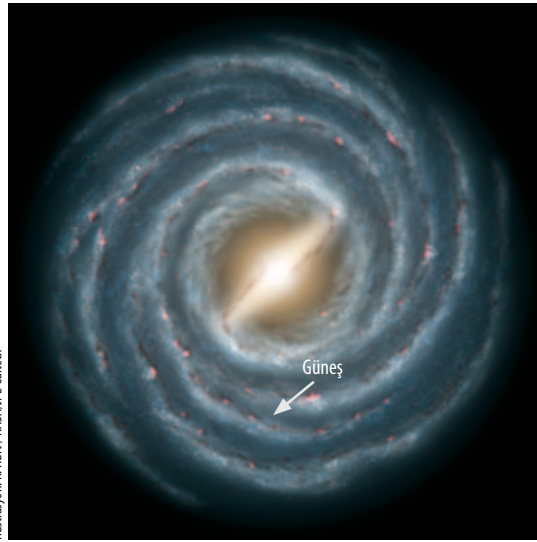
Güneş, gökadamız Samanyolu'ndaki yüz milyarlarca yıldızdan biri, ancak bizim için yeri çok özel. Bize en yakın yıldız olan Güneş, Dünya'daki yaşam için vazgeçilmez bir kaynak.

**G**üneş'in konumu ve özellikleri bugün bildiğimiz yaşamın başlamasına elverişli koşulları sağlamış. Bugün Güneş'in hiç değişmeden parlayan bir yıldız olmadığını biliyoruz. Güneş üzerine çalışan araştırmacılar Güneş'teki olayların nasıl oluştuğunu, Güneş'in 11 senelik döngüsünün nedenini, tüm bu olaylarda etkisi olduğunu anladığımız manyetik alanının nasıl oluştuğunu ve değiştiğini ve Güneş'teki tüm bu değişimlerin Dünyadaki iklime olan etkisini anlamaya çalışıyor. Evrensel boyutlarda düşününce oldukça sıradan bir yıldız olan Güneş'in Samanyolu'ndaki konumunu aşağıdaki resimde görüyoruz. Şimdi bu resmin boyutlarını anlayabilmek için bir düşünelim. Eğer Dünya bir toplu iğne başı kadar olsaydı (0,2 cm), Güneş bir basketbol topu büyüklüğünde (25 cm) ve aralarındaki uzaklık da yaklaşık bir basketbol sahasının uzun kenarı uzunluğunda (27 m) olurdu. Resimde gördüğümüz Samanyolu'nun oluşturduğu diskin çapı Güneş'in 700 milyar katı büyüklüğünde. Güneş, evrendeki yüz milyarlarca gökadan biri olan Samanyolu'nda bulunan yüz milyarlarca yıldızdan biri. Dünyadan ilk bakışta tüm evren bizim etrafımızda dönüyor gibi görünse de, bu resme baktığımızda bu düşüncenin anlamsızlığı görülüyor. Dünya aslında son derece sıradan bir yıldızın çevresinde dönen sıradan bir gezegenden başka bir şey değil.

Samanyolu'nda Güneş gibi, yani Güneş'le aynı kütleye sahip daha birçok yıldız var. İnsanoğlu, bugün bildiğimiz yaşam koşullarının sağlanabileceği başka gezegenler ararken Güneş benzeri bu yıldızların çevresine bakıyor. 2009'un Mart ayında uzaya fırlatılan Kepler Uzay Teleskobu da bu çabanın bir parçası. Bu teleskop, Güneş benzeri yıldızların çevresinde, Dünya'ya yakın büyüklükte ve kendi yıldızlarına Dünya'nın Güneşe olduğu kadar uzak gezegenler arıyor. Bu gezegenlerin Dünyada bildiğimiz türden yaşamı barındırabileceği düşünülüyor.

## Güneş'in Enerjisi Nereden Geliyor?

Güneş'i büyük bir gaz topu olarak düşünebiliriz, fakat bu gaz Dünya üzerinde rastladığımız türden değil. Günlük hayatımızda rastladığımız gazlarda maddeyi oluşturan atomlar, yapıları değişmeden serbestçe hareket ediyorlar. Güneş'teki kadar yüksek sıcaklıklarda ise maddeyi oluşturan atomlar ayrışıyor, yani elektronlar çekirdekten ayrılıyor ve plazma diye adlandırdığımız maddeyi oluşturuyor. Plazma içinde serbestçe dolaşan negatif yüklü elektronlar ve pozitif yüklü iyonlar olduğundan hem bu parçacıkların hareketi elektrik alanların ve manyetik alanların



İllustrasyon: R. Hurt / NASA/JPL-Caltech

oluşmasına neden oluyor, hem de bu parçacıklar ortamdaki elektrik alanlardan ve manyetik alanlardan etkileniyorlar.

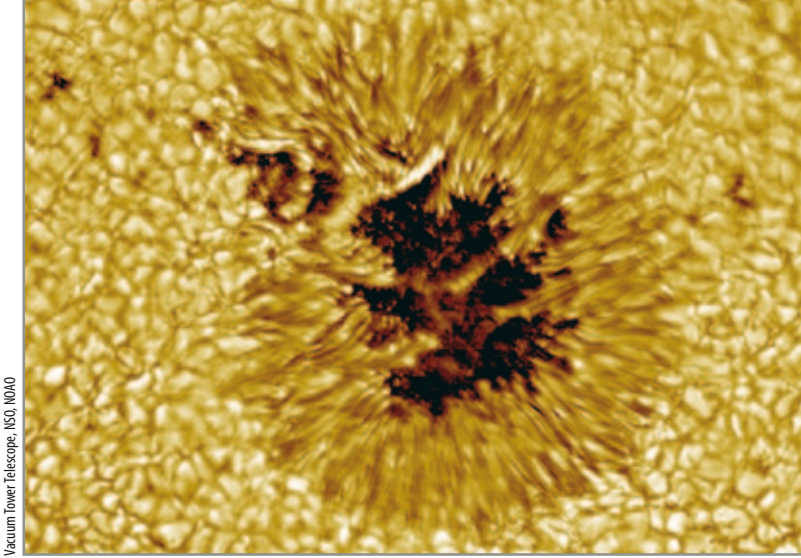
Güneş'in ve tüm yıldızların enerjisi, çekirdeğinde oluşan füzyon tepkimeleriyle yani hafif parçacıkların birleşerek daha ağır parçacıklar oluşmasıyla üretiliyor. Çekirdeğindeki sıcaklık 15 milyon santigrat derece civarında olan Güneş benzeri (kütlesi Güneş'inkine yakın) yıldızlarda iki protonun birleşmesiyle oluşan füzyon tepkimeleri meydana geliyor. İki proton, her ikisi de artı yüklü olduğundan birbirlerini Coulomb kuvvetiyle itiyor ve bu kuvvet parçacıklar birbirine yaklaştıkça hızla artıyor. Füzyon tepkimesinin gerçekleşebilmesi için parçacıkların Coulomb engelini aşmaları yani birbirlerine doğru çok hızlı hareket ediyor olmaları gerekiyor. Ancak bu şekilde protonlar birbirlerine yeterince yaklaşıp nükleer tepkimeye girebiliyor. Burada önceden anlayamadığımız bir noktaya geliyoruz, çünkü Güneş'in çekirdeğindeki milyonlarca santigrat derecelik sıcaklık bile protonları birbirine gerektiği kadar yaklaştırmaya yetmiyor. Neyse ki kuantum kuramının insan algısına ters gelen bir prensibi devreye girip durumu kurtarıyor. Bu kadar küçük ölçekte, parçacıkların konumları bizim günlük hayatta gözlemlediğimiz büyük cisimlerin konumları gibi kesin tanımlanamıyor. Bu durum hikâyemizin kahramanları protonların konumları için de geçerli, her ne kadar belli yerlerde olma olasılıkları daha yüksek olsa da, belli bir anda birbirlerine nükleer tepkimenin başlamasına yetecek kadar yaklaşma olasılıkları da var. Bu olasılık sayesinde aralarındaki Coulomb engelini aşarak birleşebiliyorlar. Elbette protonların bu şekilde bir araya gelebilmeleri için de Güneş'in çekirdeğindeki gibi milyonlarca derecelik sıcaklıklar gerekiyor.

NASA Günün Astronomi Görüntüsü (6 Haziran 2008) Gökadamız Samanyolu'nu gösteriyor.



Defne Üçer Şaylan 1974'te Ankara'da doğdu. ODTÜ Fizik Bölümü'nden 1996'da lisans ve 1998'de yüksek lisans derecelerini aldı. 2004 yılında bitirdiği doktorasını San Diego'daki Kaliforniya Üniversitesi'nin Fizik Bölümü'nde kuramsal plazma fiziği üzerine yaptı. 2004 yılında üniversitenin çekirdek eğitim programının koordinasyonunda görev yapmak ve Türkiye'de halka ve ilköğretime yönelik, bilim eğitime katkı yapabilecek projeler geliştirmek üzere Sabancı Üniversitesi'ndeki Temel Geliştirme Direktörlüğü'nde çalışmaya başladı. Halen aynı görevi sürdürüyor.

Füzyon tepkimesinin sonunda alfa parçacıkları, yani Helyum çekirdekleri ortaya çıkıyor. Enerji açığa çıkmasının nedeniyse oluşan yeni parçacığın kütesinin, tepkimeye giren parçacıkların toplam kütesinden daha düşük olması. Einstein'ın meşhur  $E=mc^2$  bağıntısının öngördüğü gibi "artık kütle" enerji olarak açığa çıkıyor.



Vacuum Tower Telescope, NSO, NOAO

Güneş lekesi. Fotoğrafta yüzeye ulaşan ve granüllü bir yapı oluşan döngü hücreleri de açıkça görülebiliyor.

## Enerji Bize Nasıl Ulaşıyor?

Çekirdekte üretilen enerji, bundan sonra daha soğuk ve daha az yoğun olan dış katmanlara taşınıyor. Enerji önce elektromanyetik dalgalarla yani fotonlarla taşınıyor. Çekirdeğin hemen dışındaki bölge hâlâ çok sıcak ve yoğun olduğundan fotonlar atomlarla çok sık etkileşime giriyorlar ve bu şekilde yüzeye doğru bir enerji aktarımı gerçekleşiyor. Çekirdekten yüzeye doğru yaptıkları yolculuk sırasında fotonlar sayısız kez ortamdaki atomlar tarafından emilip tekrar yayılıyorlar. Bu yolculuk bazı fotonlar için milyonlarca yıl sürebiliyor.

Ortam yeterince soğuduğunda ve yoğunluk düştüğünde çekirdeğe daha yakın olan sıcak gaz genişliyor yüzeye doğru hareket edebilmeye başlıyor ve üst tabakadaki daha soğuk gaz ile yer değiştirerek döngü hücreleri (konveksiyon hücreleri) oluşturuyor. Döngü hücrelerinin oluştuğu bölgelerde artık fotonlar ısı aktarımında etkili olamıyorlar. Döngü hücreleri Güneş'in en üst tabakasına kadar uzanıyor. Bu granüllü yapıyı sağlayan hücrelerin yüzeydeki büyüklüğü ortalama 1000 km kadar, yani yaklaşık batıdan doğuya Karadeniz kadar.

Bize ulaşan fotonların tamamı Güneş'in en dış katmanından yayılıyor. Her ne kadar Güneş'in bildiğimiz

anlamda katı bir yüzeyi olmasa da bu bölgeyi Güneş'in yüzeyi olarak görüyoruz ve fotosfer olarak adlandırıyoruz. Yüzeyde sıcaklık 6000°C'ye kadar düşüyor.

Bu sıcaklıktaki bir cismi beyaz ışık yayan bir top olarak düşünebiliriz. Yani kırmızıdan mora kadar bildiğimiz renkleri içeren görünür ışık, Güneş'ten bize ulaşan ışının büyük kısmını oluşturuyor. Görünür ışıktan daha az enerjik kızılötesi ve daha enerjik morötesi (ultraviyole) fotonlar nispeten daha az yayılıyor. Dünyada yaşayan tüm canlılar Güneş'in bize ulaşan ışınlarını en verimli şekilde kullanacak şekilde evrimleşmiş: Fotosentez görünür ışık sayesinde gerçekleşiyor; gözlerimiz de doğal olarak bu ışığa duyarlı.

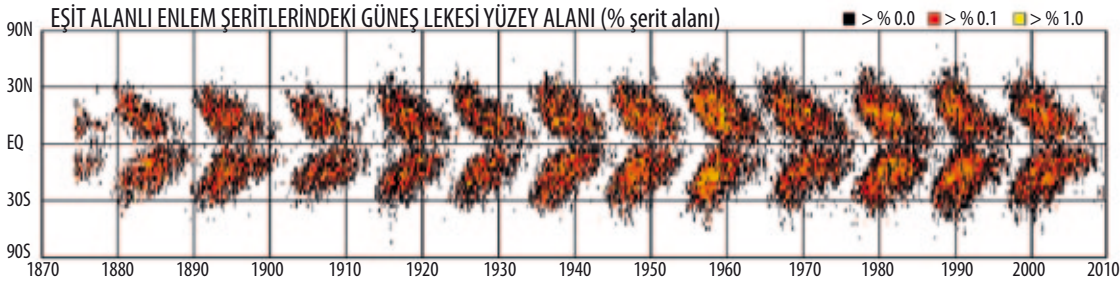
Dünyadaki yaşam için tehdit oluşturan morötesi ışınlar ve X-ışınları ise neyse ki atmosferdeki ozon ve oksijen molekülleri tarafından soğuruluyor.

## Güneş Lekeleri ve Güneş'in Manyetik Alanı

Güneş'in yüzeyinde başka ilginç olaylar da meydana geliyor. Galileo Galilei 1609 yılında teleskobu ilk kez gökyüzüne doğrulttuğunda Güneş'in üzerinde koyu renkli bölgeler görmüştü. Aşağıdaki görüntüde Galileo'nun 1612'de resmettiği Güneş lekelerini görüyoruz. Galileo bu lekeleri izleyerek Güneş'in kendi etrafında döndüğünü de keşfetmişti.

Bugün Güneş lekelerinin, etraflarındaki madde-den 1000°C kadar daha soğuk bölgeler olduğunu biliyoruz. 1908'de George Ellery Hale, Güneş lekelerinden gelen ışığın dağılımını (ışık tayfını) inceleyerek, bu bölgelerde yüksek manyetik alanlar olduğu sonucuna vardı. Güneş lekeleri genelde çift olarak ortaya çıkıyor. Lekelerde manyetik alanın yönüne baktığımızda, çift lekelerin birinde yüzeyden içeri doğru ise diğerinde yüzeyden dışarı doğru olduğunu görüyoruz. Bu da bize manyetik alanın bükülerek yer yer yüzeyin üstüne çıktığını ve lekelerin bu şekilde oluştuğunu gösteriyor. Manyetik alanın varlığı ve doğrultusu Güneş lekelerinin neden daha soğuk olduğunu da açıklıyor. Manyetik alan doğrultusunda ısı aktarımı daha sınırlı olduğundan bu bölgeler çevreleri kadar sıcak değiller.

Güneş yüzeyindeki bu lekelerin sayısı yıldan yıla farklılık gösteriyor ve bu sayı her 11 yılda bir en üst düzeye ulaşılıyor. Bu sürece Güneş lekesi döngüsü diyoruz. İngiliz bilim insanı Walter Maunder, 1904 yılında ünlü Kelebek Diyagramı'nı içeren bir makale yayımladı. Sağdaki sayfanın üstünde gördüğünüz ve günümüze kadar olan verileri de içeren Kelebek diyagramı bize Güneş lekelerinin 11 yıllık döngünün başında yüksek enlemlerde ortaya çıktığını daha son-



Güneş'in Bir Dönüşünde İzlenen Ortalama Güneş Lekesi Yüze Alanı

raki yıllarda ise ekvatora yaklaştıklarını gösteriyor. Ekvatora yaklaşık 15 derece yaklaştıklarında güneş lekelerinin sayısı yüksek enlemlerde tekrar artıyor.

İlk kez Maunder'in ortaya attığı Kelebek Diyagramı. 1875'ten beri Güneş'in kendi etrafında bir dönüşü sırasında izlenen ortalama Güneş lekesi yüzey alanını gösteriyor. Güneş etkinliğinin tepe noktasında yüksek enlemlerde ortaya çıkan lekeler etkinlik azaldıkça düşük enlemlerde ortaya çıkmaya başlıyor.

Aynı zamanda eğer lekelerdeki alanın yönü kuzey yarımkürede doğu-batı doğrultusunda ise, güney yarımkürede oluşan lekelerdeki alanın batı-doğu doğrultusunda olduğunu ve manyetik alanın yönünün her 11 senede bir ters döndüğünü gözliyoruz.

1908'den bugüne, 100 seneden fazla zamandır bu manyetik alanın nasıl oluştuğunu tam olarak anlayabilmiş değiliz, fakat böyle bir alanın oluşması için kilit birtakım koşulların sağlanması gerektiğini biliyoruz. Güneş'in yüklü parçacıklardan oluştuğundan bahsetmiştik. Yüklü parçacıkların hareketi, aynı elektrik akımı taşıyan bir telin manyetik alan oluşturması gibi manyetik alanlar oluşturuyor. Yalnız Güneş'in manyetik alanının oluşması için bu yüklü parçacıkların üç boyutlu karmaşık (çalkantılı, girdaplı) hareketine ihtiyaç olduğunu biliyoruz. Manyetik alanın enerjisinin ışınlama aktarıldığı bölge ile döngü hücreleriyle aktarıldığı bölge arasında oluştuğu düşünülüyor. Oluşan alanın kutuplar arasında uzandığını (kutupsal) düşünebiliriz. Güneş katı bir maddeden oluşmadığından kendi etrafında dönerken her noktası aynı hızda dönmüyor. Ekvatora yakın bölgeler daha hızlı dönerken, kutuplara yakın bölgelerde dönme hızı azalıyor. Güneş'i oluşturan yüklü parçacıklar, ortamdaki manyetik alanın uyguladığı kuvvetlerle manyetik alanı işaret eden çizgilerin etrafında spiral çiziyorlar ve sanki bir ipe dizilmiş boncuklar gibi manyetik alana bağlı olarak hareket ediyorlar. Dolayısıyla plazmadaki hareket, manyetik alanın yapısında önemli değişimlere neden oluyor. Madde'nin Güneş'in farklı boylamlarında farklı hızda dönüyor olması, manyetik alanın gerilip Güneş'in etrafına dolanmasına ve sonuç olarak daha çok doğu-

batı yönünde bir alanın oluşmasına neden oluyor. İşte bu noktada anlamakta zorlandığımız bölüm geliyor, çünkü doğu-batı yönünde uzanan manyetik alanın kutupsal bir alana dönüşmesini bekliyoruz. Ortamdaki yüklü parçacıkların karmaşık hareketi manyetik alanın bükülerek kendi üzerine kıvrılmasına ve aynı bir paket lastiğinin gerilip kendi üzerine kıvrıldığında güçlendiği gibi güçlenmesine sebep oluyor. Bu süreçte manyetik alanın yön değiştirdiği düşünülüyor. Manyetik alanın oluşma hikâyesini işte bu gerilme, bükülme ve kendi üstüne kıvrılma ile süregelen bir döngü olarak düşünüyoruz. Sonuç olarak her 11 senede bir yenilenmiş bir alan oluşuyor.

Peki, Güneş lekeleri nasıl oluşuyor? Neden manyetik alan rastgele birtakım bölgelerde yüzeyin üstüne çıkıyor? Manyetik alanın bulunduğu bölgeleri "alan tüpleri" olarak düşünebiliriz. Manyetik alanın bir basıncı olduğundan, madde tüplerden dışarı itilecek ve alanın daha güçlü olduğu tüplerin içindeki ortam yoğunluğu dışına göre daha az olacaktır. Bu yoğunluk farkı, tüplerin ortamın kaldırma kuvvetiyle yüzeye doğru itilmesine neden oluyor ve manyetik alan bükülerek bazı yerlerden yüzeyin dışına fırlıyor. Bu etki yüzeye paralel manyetik alanın güçlendiği dönemde önem kazanıyor ve bu dönemde Güneş lekeleri sayısı artıyor. Güneş döngüsünün tepe noktasında, yani en çok Güneş lekeleri gözlemlendiği dönemde manyetik alan da döngüsünü tamamlıyor ve ters yönde kutupsal bir alan oluşmaya başlıyor.

## Güneş'in Tacı

Güneş'in görünür ışık yayan fotosfer tabakasının ötesinde daha da ilginç bir yapı ortaya çıkıyor. Güneş'in atmosferi olarak düşünebileceğimiz korona tabakası bu yapının en önemli parçası. Korona Latince'de "taç" anlamına geliyor. Bu benzetmenin nedenini 29 Mart 2006 Güneş tutulmasında Side'de çekilmiş fotoğrafta görüyoruz. Yalnızca tam Güneş tutulmaları sırasında görülebilen koronanın sıcaklığı bir milyon santigrat derecenin üzerinde. Zaten koronayı normalde göremememizin nedeni de bu. Bu sı-



Galileo Galilei'nin 1612'de kaydettiği Güneş lekeleri

caklıkta daha çok X-ışınında ışıma olduğundan, görünür ışıkta az miktarda ışıma oluyor ve fotosferden gelen ışık koronayı bastırıyor. Ancak tam Güneş tutulmaları sırasında Güneş yüzeyi kapandığında koronayı seçebiliyoruz.

Güneş'in yüzeyinin ortalama sıcaklığı 5800°C karken ve ısı transferi ancak yüksek sıcaklıklardan düşük sıcaklıklara doğru olabileceğinden koronanın bu kadar sıcak olması basit ısı transferiyle açıklanamıyor. Koronayı bu derece ısıtan mekanizmalar hâlâ çok iyi anlayamamış olmasına rağmen bilim insanları Güneş'in manyetik alanının bir etkisi olduğu konusunda hemfikir.



NASA Günün Astronomi Görüntüsü (7 Nisan 2006), Koen van Gorp tarafından 29 Mart 2006'da Side'de çekilmiş.

Koen van Gorp/NASA

## Güneş'ten Gelen Madde

Uzaya uzanan ve Dünyamızı da etkileyen Güneş rüzgârının sorumlusu da Güneş'in korona tabakası. Elektron, proton ve az miktarda daha ağır iyonlardan oluşan Güneş rüzgârıyla madde sürekli olarak Güneş'ten uzaya doğru akıyor. Koronanın sıcaklığının 1 milyon santigrat derece olduğundan bahsetmiştik, bu sıcaklıkta koronayı oluşturan parçacıkların bir kısmı o kadar hızlı hareket ediyor ki Güneş'in kütle çekiminden kurtulup uzaya saçılıyorlar. Elektronlar daha hafif olduğundan bu sıcaklıklarda ortalama hızları protonlara göre daha yüksek. Dolayısıyla öncelikle elektronlar Güneş'ten kurtuluyorlar, Güneş'ten uzaklaşan elektronlar pozitif yüklü protonları çekerek sürükleniyorlar. Saniyede yaklaşık bir milyon ton Güneş maddesi uzaya atılıyor, neyse ki bu Güneş'in toplam kütlelerinde önemli bir fark oluşturmayacak bir miktar. Güneş 4,6 milyar yıllık yaşamında kütlelerinin yalnızca binde birini kaybetmiş durumda.

Güneş rüzgârının Dünyamıza etkisi de yadsınamayacak öneme sahip. Güneş rüzgârını oluşturan par-

çacıklar, saniyede ortalama 400 kilometre hızla hareket ediyorlar. Dünya'nın manyetik alanı bir kalkan gibi Güneş rüzgârının bize ulaşmasını engelliyor. Bu konu, *Bilim ve Teknik*'in Eylül 2009 sayısındaki "Uzay Havası" başlıklı yazıda ele alınıyor.

Yüklü parçacıklar Dünya'nın manyetik alanına takılıyor ve bu alanı takip ederek kuzey-güney kutupları arasında hareket ediyorlar. Bu parçacıklar Dünya'nın kutba yakın bölgelerinden geçerken Dünya'nın kutuplara nispeten yakın yüksek enlemlerinden izlenebilen çok güzel bir doğa olayına da neden oluyor. Bunu kuzey ışıkları (aurora borealis) ve güney ışıkları (aurora australis) olarak biliyoruz. Kutba yakın bölgelere ulaştıklarında parçacıklar atmosferimize giriyor ve buradaki oksijen ve nitrojen atomlarıyla çarpışarak bu atomları uyarıyor. Uyarılan atomlar fotoğraftaki gibi en çok kırmızı ve yeşilde olmak üzere rengârenk ışıma yapıyorlar.

## Heyecanlı Güneş Olayları ve Bize Etkileri

Şimdi koronaya geri dönelim. Korona her zaman sessiz sedasız durmuyor; bazen çok görkemli olaylara sahne oluyor. Bunların bir tanesi Güneş patlaması olarak adlandırdığımız, koronadan dışarı doğru kısa sürede çok yüksek enerjilerin açığa çıktığı patlamalar. Bu patlamaların nedeni de tam olarak bilinmiyor olsa da yine bu işte manyetik alanın parmağı olduğu düşünülüyor. Ne de olsa bu şekilde kısa sürede bu kadar enerjinin ortaya çıkabilmesi için bu enerjinin bir şekilde biriktirilmesi ve sonra da bir anda bırakılmasına imkân verecek bir mekanizma gerekiyor ki, manyetik alan bu iki koşulu da sağlayacak nitelikte. Güneş patlamaları sırasında gama ışınlarından radyo dalgalarına kadar her frekansta elektromanyetik dalga açığa çıkıyor ve aynı zamanda başta elektron ve protonlar olmak üzere birtakım daha ağır iyonlar da yüksek enerjilere ulaşıyor. Tipik bir patlama içindeki sıcaklık 10-20 mil-

NASA Günün Astronomi Görüntüsü (9 Ağustos 2008), Jimmy Westlake tarafından Perseid göktaşı yağmuru sırasında 2000 yılının Ağustos ayında Colorado'da çekilmiş.



Jimmy Westlake/NASA

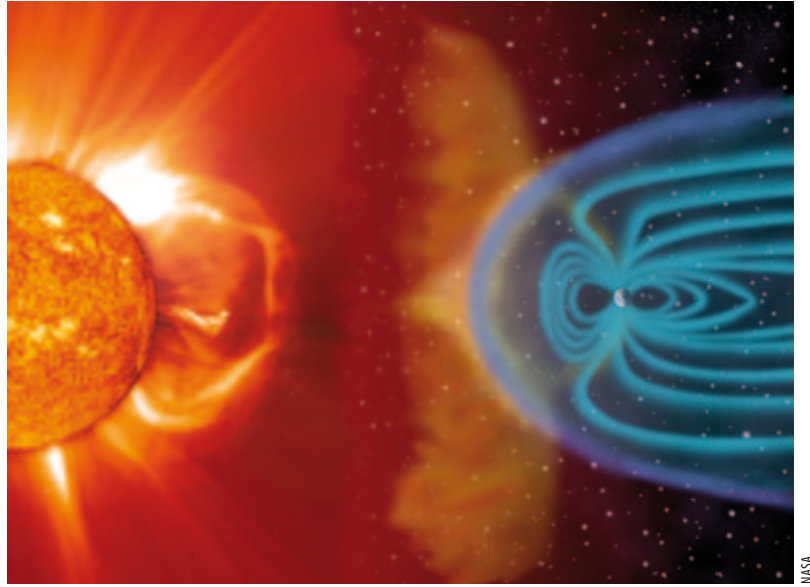
yon santigrat dereceye ulaşabiliyor. Güneş patlamaları Güneş'in manyetik alanının 11 yıllık döngüsüyle örtüşüyor, yani patlamalar Güneş'in etkin olduğu zamanlarda meydana geliyor.

Güneş patlamalarında ortaya çıkan yüksek enerjili fotonlar ve parçacıklar Dünya'ya ulaştıklarında fotonlar atmosfer tarafından emilirken, parçacıklar Dünya'nın manyetik alanına takılıyorlar, dolayısıyla bize doğrudan bir etkileri olmuyor. Yalnız yüksek enerjili fotonlar atmosferin üst tabakalarının ısınıp genişlemesine neden oluyor ki bu genişleme uyduların hareket ettiği ortamı değiştirdiğinden yörüngelerinde sapmalara neden olup ömürlerini kısaltabiliyor. Ayrıca bu fotonlar Dünya'nın atmosferinin üst tabakasında (iyonosfer) değişimlere yol açıyor. Atmosferin üst tabakasındaki atomlar, normalde Güneş'ten gelen ışınımın etkisiyle elektronlarını kaybedip iyonize olmuş durumdadır. Güneş'ten gelen yüksek enerjili fotonların çoğalmasa bu tabakada değişimlere yol açıyor. İyonsferdeki bu değişimler radyo dalgalarının hareketini saptırıyor.

Fakat Dünyamızı asıl etkileyen Koronal Kütle Atımı (KKA) denilen büyük olaylar. Bu olaylar aslında Güneş patlamalarına çok benzeseler de bir KKA sırasında Dünya'ya daha çok miktarda madde ulaşıyor ve bu maddenin Dünya'nın manyetik alanı üzerindeki etkisi fark edilir oluyor. Bu sırada Dünya'nın manyetik alanında çok yüksek akımlar oluşabildiğinden Dünyadaki güç kaynakları etkilenebiliyor. Örneğin 1989'da meydana gelen bir KKA sonrasında Quebec eyaletinin tamamında elektrikler kesilmiş. Ayrıca bu madde akışı, iletişim için kullanılan uyduları da etkiliyor. Bir de KKA'ların bazılarında, fışkıran maddenin hızı Güneş rüzgârının hızını belli oranda aşıyor ve bu da şok dalgalarının oluşmasına ve çok yüksek enerjili parçacıkların oluşmasına neden oluyor. Bu yüksek enerjili parçacıklar astronotlar için tehdit oluşturabiliyor.

## Güneş'in Bugünü ve Yarını

Buraya kadar Güneş lekesi sayısının Güneş'in manyetik etkinliğinin önemli bir göstergesi olduğunu gördük. Kelebek Diyagramı'na baktığımızda belli bir anda Güneş lekelerinin toplam yüzey alanının yani diğer bir deyişle Güneş etkinliğinin, 11 yıllık bir döngüsü olduğunu görmekte zorlanmıyoruz. Yalnız burada Maunder'in Güneş lekelerinin tarihçesinde ilginç bir şey daha fark etmiş olduğundan bahsetmeliyiz. Galileo Galilei 1610'da Güneş lekelerini ilk kez gördükten kısa bir süre sonra Güneş lekeleri kaybolmuş ve 70 sene



NASA

kadar yeniden belirmemişlerdi. Yaklaşık 1645-1715 yılları arasında en alt seviyede kalan Güneş etkinliği, Güneş Kralı olarak da bilinen ve yaşamının çoğu Güneş'in sakin olduğu dönemde geçen Fransız kralı XIV. Louis'in 1715'teki ölümüyle yeniden canlanmıştı. Etkinliğin düşük olduğu bu dönem "Maunder minimumu" olarak da biliniyor. Bu da bize Güneş'in 11 yıllık döngüsü dışında başka daha uzun süreli döngülerinin de olabileceğinin ipucunu veriyor. Bu uzun duran dönem aynı zamanda Dünya'nın nispeten daha soğuk mevsimler yaşadığı, hatta ortalama küresel sıcaklığın yaklaşık 0,4 °C düştüğü ve küçük buzul çağı olarak da bilinen bir döneme denk gelmişti. Her ne kadar elimizdeki veriler Güneş'teki etkinliğin Dünya iklimine olan etkisi hakkında kesin sonuçlara varmaya yeterli olmasa da Maunder minimumu bize bu etkiyi işaret eden ipuçları veriyor.

Kelebek Diyagramı'na baktığımızda Güneş etkinliğinin son olarak 2000 yılı civarında en üst seviyeye ulaşmış olduğunu görüyoruz ve iki senedir Güneş lekeleri sayısının yavaş yavaş artmasını bekliyoruz. Fakat bugün bile Güneş'teki leke sayısı yok denecek kadar az. Bu da yeni bir tepe noktasına 2011 yılında ulaşamayacağımızı gösteriyor. Güneş'in tanıdık döngüsündeki bu değişimin ne kadar önemli olduğunu önümüzdeki yıllarda göreceğiz. Sakin dönemin uzaması Güneş'in manyetik alan modellerine yeni kısıtlar getirirken, Güneş'teki etkinliğin Dünyadaki iklim üzerine etkisi konusunda da yeni ipuçları verecek.

Dolayısıyla önümüzdeki yıllarda Güneş'i her zamankinden daha farklı bir gözle izliyor olacağız.

**Kaynaklar**  
Golub, L., Pasachoff, J. M., *Nearest Star: The Surprising Science of Our Sun*, Harvard University Press, 2001.

Astronomy Picture of the Day,  
<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/>  
<http://solarscience.msfc.nasa.gov/>