

# LEKELİ YILDIZLAR

Alp Akođlu

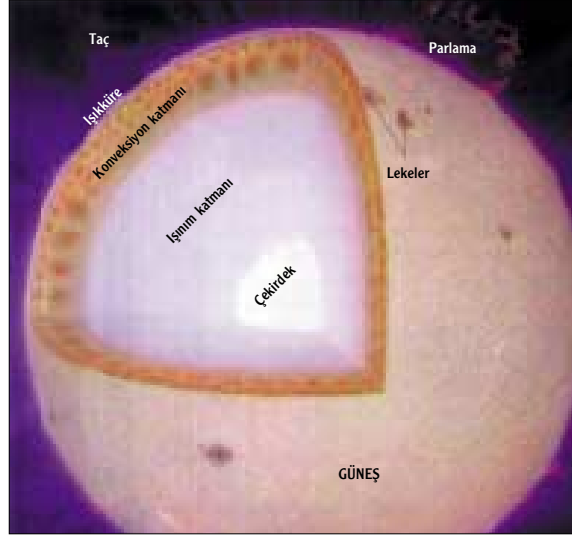
Bir yıldızın yanında yaşıyoruz. Bu yıldız her sabah doğup her akşam batıyor. Bu bizi kaygılandırmıyor; çünkü, onun yarın yeniden doğacağını biliyoruz. Bu yıldıza çok şey borçluyuz. Yeryüzünün varolabilmesini sağlamış olması bir yana, tüm canlılara hayat veren ve bu hayatı sürdürmelerini için gerekli enerjiyi sağlayan, o. 20. yüzyılın başlarında hakkında neredeyse hiçbir şey bilmediğimiz bu yıldız hakkında her gün birçok şey öğreniyoruz. Yıl-

dığımız Güneş'te gerçekleşen olaylar, yeryüzündekilere hiç benzemiyor. Çünkü, Güneş çok farklı bir yapıya sahip. Kızgın bir ateş topu oluşunun yanında, onunla ilgili ilk farkedilen özelliklerden biri, yüzeyindeki lekeler oldu. Galileo'nun Güneş lekelerini keşfinden 300 yıl sonrasına, 20. yüzyıla değin bu lekelerin gizemi çözülmedi. Şimdi, gökbilimciler Güneş bir yana, artık başka yıldızlardaki lekeleri de inceleyebiliyor ve yapılarını anlayabiliyorlar.

İtalyan gökbilimci Galileo Galilei, teleskobunu en yakın yıldızla, Güneş'e çevirdiğinde, onu "lekeli ve kirli" olarak tanımladı. Galileo, yaptığı düzenli gözlemler sayesinde bu lekelerin Güneş yüzeyinde yer değiştirdiğini de farketti. O sıralar birçok bilim adamı, bu lekelerin gerçekte Güneş'in önünden geçen "uydular" olduğuna inandılar. Ancak, Galileo ve bir başka gökbilimci David Fabricius, olaya daha farklı yaklaştılar. İki bilim adamı, lekelerin Güneş'in yüzeyinde yer aldığı ve hareketlerinin de Güneş'in dönüşünden kaynaklandığını düşündü.

Galileo ve Fabricius, haklıydılar. Ancak, bundan 300 yıl sonrasına kadar, Güneş'le ilgili bilgilerimiz bundan öteye gidemedi. Sonra, 20. yüzyılın başlarında tayf ölçümüyle yıldızlar hakkında önemli bilgiler elde edilebileceği keşfedildi. Bu keşif sayesinde, Güneş'in yapısı ve bileşimi hakkında elde edilen bilgilerin yanında, lekelerin de nasıl oluştuğu anlaşıldı. Güneş lekelerinin ortaya çıkmasındaki anahtar sözcükse manyetizmaydı.

Güneş'in "ışık küre" adı verilen gördüğümüz katmanına, Güneş'in yüzeyi de denir. Aslında, bu bildiğimiz anlamda bir yüzey değildir. Çünkü, Güneş gibi gazdan oluşmuş bir cismin yüzeyi olamaz. Ancak bu katman, kendi üzerindeki katmana göre daha yoğundur ve daha alt katmanları görmemizi engeller; bu nedenle yü-



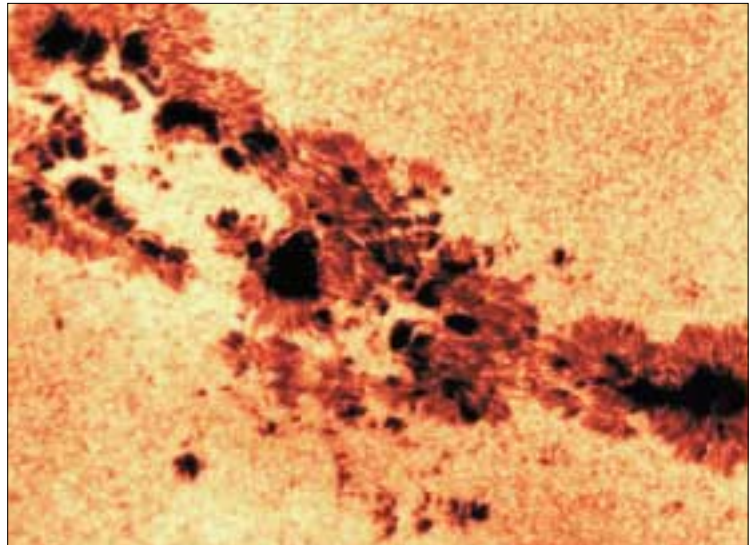
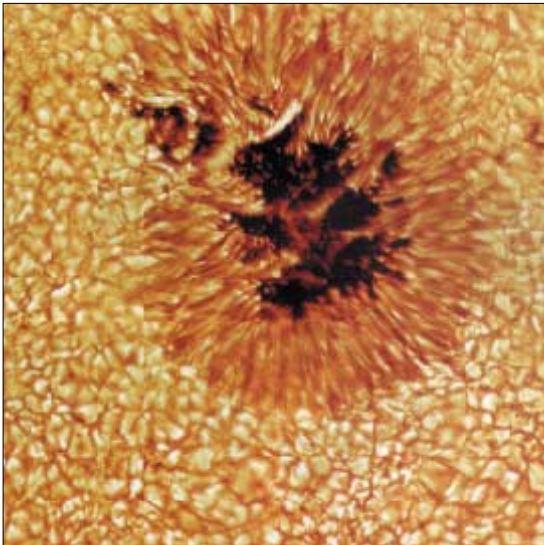
zey gibi algılanır. Güneş'in yüzeyinin altında, çalkantıların meydana geldiği ve ısı yayımının büyük bir hararetle gerçekleştiği bölge yer alır. Güneş'in çekirdeğinden kaynaklanan çok yüksek enerji, buradaki moleküllerin hareketi sayesinde yüzeye taşınır. Çekirdeği saran ışınım katmanına yakın olan moleküller, ısındıklarında yüzeye doğru hareket ederler ve sahip oldukları ısıyı uzay boşluğuna bırakıp soğuyarak, yeniden iç katmanlara doğru yola çıkarlar. Bu, aralıksız ve sürekli bir döngüdür. Güneş'in manyetik alanıysa bu hareketin bir yan ürünü olarak ortaya çıkar. Güneş'in içindeki iyonlaşmış gazın ve plazmanın aşağı-yukarı hareketi, elektrik akımı oluşturur. Bu, Güneş'in dönmesinin yarattığı etkiyle birleşince, manyetik alan ortaya çıkar.

Güneş'in manyetik alanının yapısı düzgün değildir. Çünkü Güneş katı değil, gazdır. Gaz yapıda oluşu nedeniyle Güneş'in ekvator bölgesi, kutuplara yakın olan bölgelerden daha hızlı döner. Bu farklı hızlarla dönme, normalde kuzey-güney doğrultulu olması beklenen alan çizgilerinin doğu-batı yönlerine doğru kaymasına yol açar. Merkezden yükselen sıcak plazma, kuzey-güney alan çizgilerini yeniden yaratır; ancak, daha önce sözünü ettiğimiz etkiler, bu çizgilerin saç gibi bukleli bir şekil almasına yol açar.

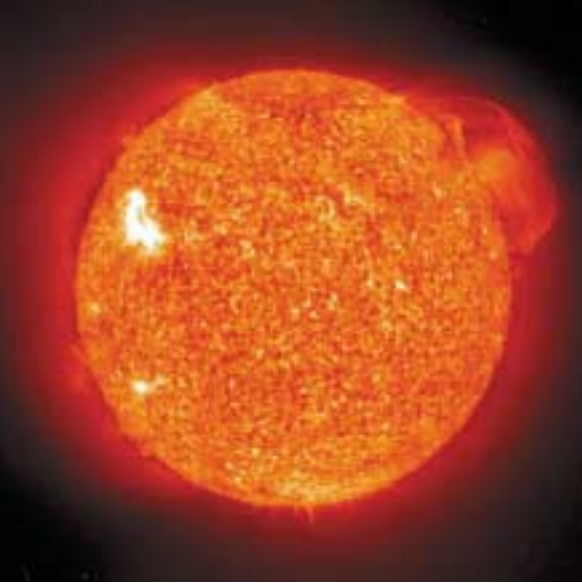
Buklelerin olduğu yerlerde, manyetik alan kuvveti ortalamasının 1000 katına kadar ulaşabilir. Bu alanlar, gazların akışını hızlandırır ve bu bölgelerden dışarıya gaz püskürmeleri olur. Bu da, yüzey sıcaklığının öteki yerlere göre yaklaşık 1500°C daha soğuk olmasına yol açar. Daha soğuk olan bu bölgeler, uzaktan bakıldığında koyu tonlu lekeler olarak görülür. Bir Güneş lekesinin çapı, yaklaşık Dünya'nınki kadardır.

Güneş lekeleri genellikle çiftler halinde görülür. Çifti oluşturan her bir leke, farklı manyetik kutuplara sahiptir (kuzey ve güney). Lekelerden çıkan manyetik alan çizgileri birer ilmek biçimini alır. Bu ilmekler, özellikle x-ışını dalga boyunda çekilmiş görüntülerde parlak bölgeler olarak görünür.

Güneş lekelerinin sayısı, yaklaşık 11 yıllık periyotla artar ve azalır. Bu-



Solda: Bir Güneş lekesinin yüksek çözünürlüklü görüntüsü. Hem güneş lekesinin, hem de yüzeyin geri kalanının taneçikli yapısı açıkça görülebilir. Bu yapı, içeriden dışarıya doğru gerçekleşen ısı yayımının yol açtığı çalkantının ürünü. Sağda: Birbirine yakın konumda yer alan lekeler görülüyor.



Güneş'teki parlamalar, Güneş'in manyetik etkinliğinin sonucu olarak ortaya çıkar. 27 Ağustos 1997'de SOHO uydusunun çektiği soldaki fotoğrafta görülen parlama, yüzeyden yaklaşık 320 000 km yükseklığe kadar uzanmış durumda. Bu uzaklık, yaklaşık 27 dünya çapına denk. Güneş'in sağdaki fotoğrafıysa, yine SOHO tarafından, 21 Haziran 2000'de çekildi. Güneş'teki morötesi ışınımı gösteren bu görüntüdeki parlak bölgeler Güneş lekeleri. Lekelerin bulunduğu bölgelerdeki sıcak plazma ilmekleri, morötesi dalga boyunda güçlü ışınım yapıyor.

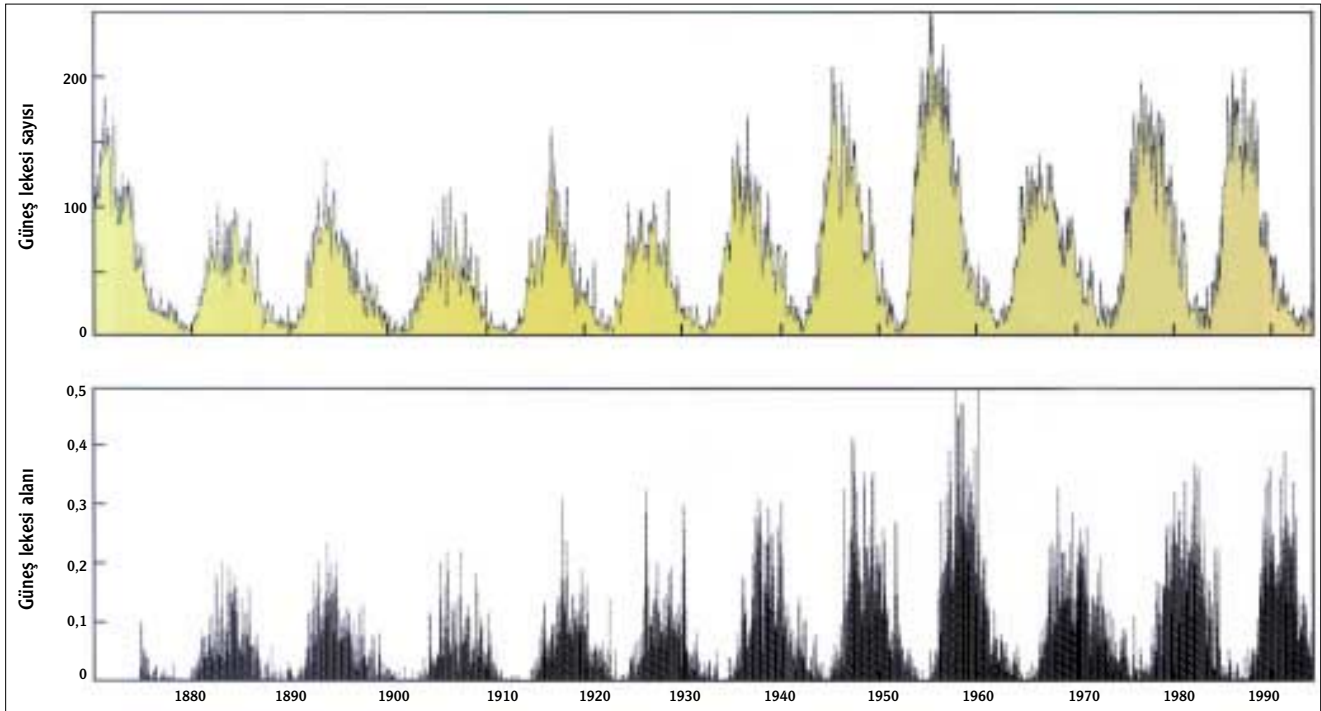
nun yanında yine aynı döngüyle, lekelerin Güneş ekvatorundan yükselimi de değişir. Lekelerin sayısındaki ve konumundaki 11 yıllık döngü, bu sırada Güneş'in manyetik etkinliğinde birtakım değişimlerin meydana geldiğini gösteriyor.

11 yıllık dönemde, lekelerin en fazla olduğu sırada, manyetik etkinliğin de en fazla olduğunu gösteren başka ipuçları da var. Bunlardan en önemli

si Güneş parlamaları. Bu sırada etkinliği artan parlamalar, biriken manyetik enerjinin bir tür boşaltım biçimidir. Bir Güneş parlaması sırasında birkaç dakikada ortaya çıkan enerji, patlayan milyarlarca termonükleer bombanın ortaya çıkaracağı enerjiye denk olur.

Yeryüzündeki dev radyo teleskoplarla ve uzaydaki x-ışını teleskoplarıyla yapılan gözlemler, parlamalar sırasında taç katmanındaki ilmeklerin içinde

bulunan elektronların, neredeyse ışık hızına ulaştığını gösteriyor. Bu hareket, onları güçlü birer radyo ve x-ışını kaynağı haline getiriyor. Benzer biçimde, ilmeklerin içinde hızlanan ve yüzeye doğru geri dönen iyonlar, Güneş'in daha yoğun olan renkküre katmanına çok hızlı birer mermi gibi çarpıyorlar. Bu çarpışmanın sonucunda meydana gelen etkileşimler, güçlü x-ışınımı ve gama ışınımına yol açıyor.



Geçtiğimiz 120 yılda Güneş lekelerinin sayısı ve Güneş'in toplam yüzey alanında kapladığı alan. Manyetik alanın, dolayısıyla da leke sayısının 11 yıllık dönemlerde değiştiği açıkça görülebiliyor.

Güneş'in manyetik etkinliğinin yol açtığı bir başka olaya, en dıştaki katman olan taç katmanından madde püskürmesi. Bu güçlü püskürmelerin her biri, milyarlarca tonluk maddeyi uzaya savurur. Bu püskürmeler, çok miktarda yüklü parçacığın şok dalgalarıyla dışarı doğru itilmesine yol açar.

## Yıldız Lekeleri

Güneş'in lekeleri olduğuna göre, neden diğer yıldızlar için de benzer bir durum söz konusu olmasın? Kuramsal modellere dayanarak olaya baktığımızda aslında bu sorunun yanıtı belli. Çok sıcak olmayan yıldızlar, eğer yeterince, yani manyetik alan oluşturabilecek kadar hızlı dönüyorlarsa lekelerle sahip olmaları beklenebilir. Buna karşılık sıcak yıldızlar, konveksiyonla ısı yayımı yapmadıkları için manyetik alan üretmezler.

Doğal olarak yıldızlar, bu kuramı destekleyecek gözlemleri doğrudan yapamayacağımız kadar uzaktalar. Ancak, yıldızlarla aramızdaki çok büyük uzaklıklara karşın gökbilimciler, bazı yıldızlarda Güneş lekelerine benzer karanlık bölgeler bulunduğunu saptayabiliyorlar. Bunun için izlenen yöntemlerden en eskisi, en yalın biçimiyle, Güneş'te başarıyla uygulanabilen tayf ölçümünü yıldızlara uygulamak.

Tayf ölçümü, bize bir yıldızın neden yapıldığını söyler. Yıldızın ışığını oluşturan belli dalga boyları, onun dış katmanlarını oluşturan atmosferinden geçerken, burada bulunan çeşitli atomlar ve moleküller tarafından soğurulur. Her element, kendine has belli bir dalga boyunu soğurur. Bunlar, yıldızın tayfına bakıldığında karanlık çizgiler olarak görünürler. Bunun yanında, bazı elementler de belli koşullarda ışık yayarlar. Bu elementlerin yaydığı ışık, tayfta parlak çizgiler olarak görünür. Tayfı oluşturan bu çizgilerin incelenmesiyle, yıldızın bileşimi kolayca anlaşılabilir.



Genç, çok sıcak olmayan ve hızlı dönen yıldızlar, büyük olasılıkla lekelerle sahipler. Bu yıldızların birçoğundaki lekelerin Güneş'tekilerden daha büyük olduğu düşünülüyor.

Peki, tayf ölçümü yıldız lekelerini saptamada işe yarar mı? Güneş'in tayf ölçümlerine bakıldığında, lekelerde kalsiyum (Ca) elementine karşılık gelen güçlü yayım çizgileri görülüyor. Başka yıldızların da lekelerinin bulunup bulunmadığını anlamak için, onların tayflarında da bu çizgileri arayabiliriz. Nitekim, gökbilimciler, uzunca bir süredir, Mount Wilson'daki 150 cm çaplı teleskopu bu amaç için kullanıyorlar. Burada yapılan gözlemler sonucunda, birçok yıldızın tayfında kalsiyum çizgilerine rastlandı. Dahası, bu yıldızların bazılarında kalsiyum çizgilerinin belirginliği, birkaç yıllık dönemlerle değişiyordu. Bu değişim, Güneş'te olduğu gibi, bu yıldızlarda da dönemsel olarak manyetik alan kuvvetlerinde değişimler olabileceğini gösteriyordu.

Yıldız lekelerini saptamanın bir yolu da, yıldızların dönmelerinden yararlanmaktır. Eğer gözlenen bir yıldızın lekeleri varsa, yıldızın dönmesiyle bu lekeler zaman zaman görüş alanımızdan çıkar ve yıldızın parlaklığında çok küçük değişimlere yol açar. Örneğin, yıldızın belli bir bölgesinde yo-

ğunlaşmış lekeler varsa, bu lekeler dönmenin sonucunda görüş alanımıza girdiğinde yıldızın parlaklığında küçük bir düşüş gözlenir. Yine, yıldızın daha az lekeli olan yüzü bize döndüğünde parlaklık bir miktar artar.

Geçtiğimiz birkaç yıl süresince, bu yöntemler lekeli yıldızları saptayabilmek için kullanıldı; ancak, artık pek kullanılmıyorlar. 1982'den bu yana gökbilimciler sadece lekelerin var olup olmadığını anlamakla yetinmeyip, onların yıldızın yüzeyindeki dağılımını da saptamaya yarayan bir yöntem kullanıyorlar. Bu yöntemin adı "Doppler tomografisi".

Şaşırtıcı olan yanıysa, bu yöntemin kökeninin tıpta kullanılan tomografiye dayanması.

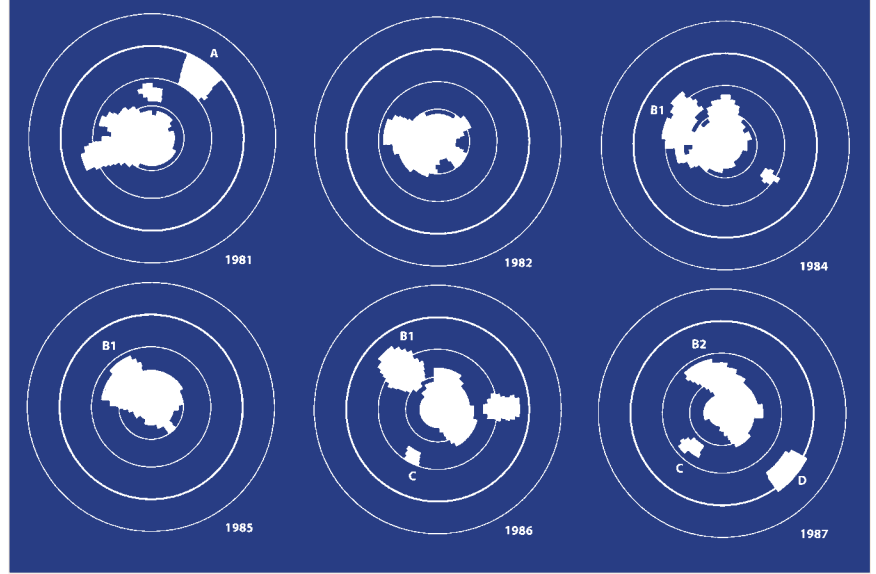
## Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayar destekli tomografi hakkında birçoğumuz fikir sahibiyiz; en azından tıpta kullanılan bir tür görüntüleme yöntemi olduğunu biliriz. Bu yöntem sayesinde, vücudumuzdaki organların görüntüleri, ince kesitler halinde oluşturulabilir. Bir yandan tara- ma makinesi x-ışınları yayarken, diğer yandan bir detektör, vücudu geçen ışınları kaydeder. Makine, vücudun çevresinde dönerek, her açıdan elde edilen ışınları toplar. Her bir kesit için aynı işlem yeni bir konumda tekrarlanır. Görüntüleme bittikten sonra elde edilen veri bilgisayar yardımıyla işlenir ve görüntülenen organın kesitler halinde görüntüleri elde edilir.

Kaçınılmaz olarak dönme hareketi, tomografinin önemli bir öznesidir. Kullanılan tomografi aygıtlarında dönen, makinenin kendisidir; hasta sabit kalır. Ama istenirse makineyi sabit tutup hastayı döndüren bir aygıt tasarlamak işten bile değildir. 1982'de, Lick Gözlemevi'nden iki gökbilimci bu düşünceden yola çıkarak, bir tomografi aygıtı tasarladılar. Ancak, bu sefer "hasta" bir insan değil, bir yıldız olacaktı. Üs-

telik, bu "hasta" zaten kendiliğinden dönüyordu. Steven Vogt ve Donald Penrod'un yöntemi, Doppler kayması denen olguya dayanıyor. Buna göre, ışık hızı sabit olduğundan, bize yaklaşmakta olan bir gök cisminin ışığı maviye; uzaklaşmakta olanıkiyse kırmızıya kayar. (Bir otomobil bize yaklaşırken sesi, gerçekte olduğundan daha tiz; bizden uzaklaşırken daha kalın gelir. Bu da Doppler etkisinin bir sonucudur.) Yıldız, dönmekte olduğundan bir kenarına yakın olan bölge bize yaklaşırken, öteki kenarına yakın olan bölge uzaklaşır. Bu da yıldızın bize yaklaşan bölgenin tayf çizgilerinin mavinin bulunduğu tarafa doğru; uzaklaşan bölgenin tayf çizgilerinin de kırmızının bulunduğu tarafa doğru kaymasına yol açar. Gözlenen bölge kenara ne kadar yakınsa, kayma o kadar fazla olur. Yıldızın bize bakan yüzünün tam ortasında hiç kayma olmaz. Doppler kaymasının yanısıra ve biraz da matematikten yararlanarak, tayf çizgilerinin ait olduğu bölgenin yıldızın neresinde bulunduğunu saptayabiliriz. Zaman içinde alınan verilerin kullanılmasıyla, yıldızın görünen yüzeyinin haritası çıkarılabilir.

Vogt ve Penrod, bu yöntemi ilk olarak, RS Canum Venaticorum (Av Köpekleri) ikili yıldız sisteminde de-

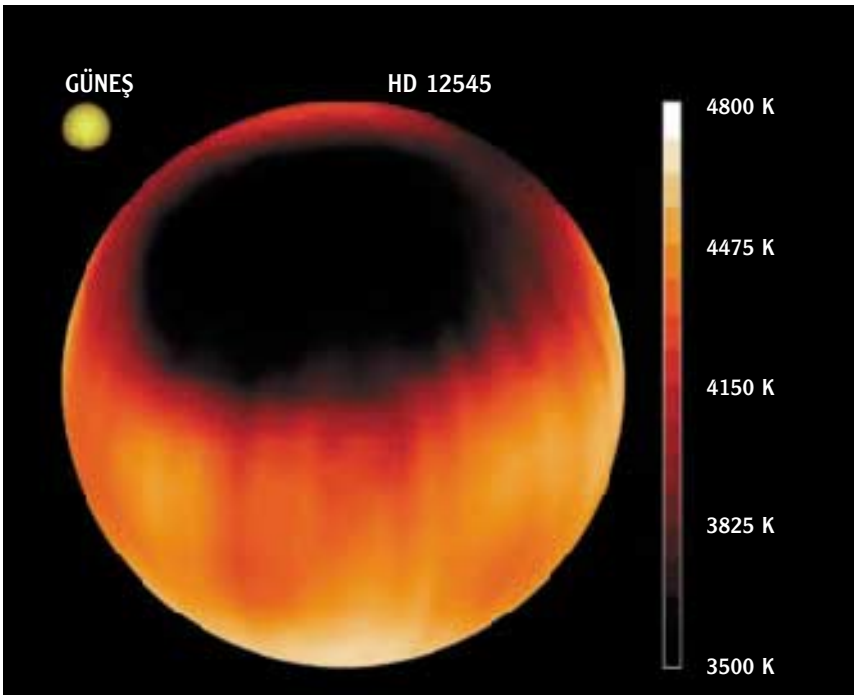


HR 1099 adlı yıldızın 1981-1987 yılları arasında Doppler tomografisiyle oluşturulan görüntüsü. Dairelerin merkezleri yıldızın kutup bölgesini gösteriyor. Kalın dairelerse, ekvator çizgisi. İlgilç olan, lekelerin Güneş'tekilere oranla, 100 ila 200 kat geniş olması ve en büyüğünün kutupta yer alması. Güneş lekelerine hiçbir zaman ekvatorundan  $40^\circ$  enlemden yukarıda ve  $-40^\circ$  enlemden aşağıda rastlanmıyor.

nediler. Bu sistemdeki iki yıldız, Güneş benzeri G sınıfı yıldızlardan oluşur. Bu tür yıldızlar birbiri çevresinde oldukça hızlı (birkaç saatle birkaç hafta arasında değişen dönemlerle) dolanırlar. Ayrıca, bu yıldızların dönmeleri de Güneş'e oranla daha hızlıdır. Bu etkiler birleştiği için, yıldızların manyetik alanları da Güneş'inkine oranla çok daha güçlüdür. Daha sonra gözlenen HR 1099 sistemindeki yıldızların görüntüleri, yüzeylerinin yaklaşık %

10'unun lekelerle kaplı olduğunu gösterdi. Lekelerin en büyüğü kutup bölgesinde, diğerleri ise ekvator yakınlığında yer alıyor. Bu yıldızdaki lekeleri Güneş'tekilerle karşılaştırdığımızda, iki büyük farklılık çıkıyor. Birincisi, HR 1099'un lekelerinin, Güneş'tekilere oranla 100 ila 200 kat geniş olduğu; ikincisiyse, lekelerden birinin, hem de en büyük olanının kutup bölgesinde yer alması. Buna karşılık Güneş lekeleri hiçbir zaman ekvatorundan  $40^\circ$  enlemden daha kuzeyde ve  $-40^\circ$  enlemden daha güneyde görülüyor.

Doppler tomografisi ilk keşfedildiğinden bu yana gökbilimciler bu yöntemi kullanarak birçok yıldız incelediler. Elde edilen en önemli sonuçlardan biri, manyetik alanın yıldızın dönme periyoduyla doğru orantılı oluşu. Yıldız ne kadar hızlı dönüyorsa, manyetik alanı da o denli güçlü oluyor ve buna bağlı olarak lekelerin büyüklüğü de artıyor. Kutuplarda gözlenen lekelerse özellikle çok hızlı dönen yıldızlara özgü gibi görünüyor. Gözlemler, soğuk ve hızlı dönen yıldızlarda lekelerin oluşabileceğini söyleyen kuramı destekliyor. Ayrıca, anlaşılan o ki Galileo'nun yaptığı "lekeli ve kirli" tanımlaması sadece bizim yıldızımız için geçerli değil.



HD 12545 katalog numaralı yıldızın Doppler tomografisi. Bu yıldız, günümüze değin gözlenen en büyük lekeye sahip. Bu dev yıldızın yüzeyindeki sıcaklıklar, yandaki ölçekte veriliyor. Lekenin olduğu bölgeden güçlü madde akımı olduğu düşünülüyor.

Kaynaklar  
Garlick, M.A., Starspots, Sky & Telescope, Mart 2001  
Lang, K.R., The Sun, The New Solar System, Sky Publishing Corporation, Cambridge, 1999  
Schrijver, C.J., Title, A.M., Today's Science of Sun, Sky & Telescope, Şubat 2001