

*Muhammed Raşid Tuğral*

*ODTÜ Fizik Bölümü Öğrencisi*



ALMA adı Atacama  
Milimetre/Milimetrealtı  
Dizgesi anlamına gelen  
İngilizce "Atacama  
Large Millimeter/  
submillimeter Array"  
sözcüklerinin baş  
harflerinden türetilmiştir.

# ALMA

## Yakın Geleceğin En Büyük Teleskobu

Şili'de yer alan Atacama Çölü'nde, 5000 m yükseklikteki Chajnantor Platosu'na inşa edilmekte olan ALMA Teleskobu, Hubble Uzay Teleskobu'ndan on kat daha fazla çözünürlüğü radyo dalgaboylarında sağlayacak. Toplam maliyeti 1,3 milyar dolar olan ALMA, hem gelmiş geçmiş en pahalı yer tabanlı gökbilim projesi hem de 16 km'lik mesafeye yayılmasıyla şu ana kadar var olan en büyük gökbilim projesi. Önümüzdeki aylarda bir bölümü bilimsel çalışmalara başlayacak olan ALMA'nın 2013 yılında tüm gücüyle çalışması bekleniyor.

Tıpkı Uluslararası Uzay İstasyonu'nun ortaya çıkışı gibi, ALMA da birkaç kuruluşun aynı fikir üzerinde çalışması sonucu ortaya çıktı. ABD'li gökbilimciler MMA (Milimetre Dizisi) adında milimetre dalgaboylarında çalışacak bir radyo ağı üzerine kafa yoruyorlardı. Aynı şekilde Avrupalılar LSO (Geniş Güney Dizisi) ve Japonlar da LMA (Geniş Milimetre Dizisi) üzerinde çalışıyorlardı. Bu projelerin kaynaşması ise 1997 yılında ABD'nin ulusal radyo gökbilim gözlemevi NRAO'nun, ESO (Avrupa Güney Gözlemevi) ile anlaşmasıyla başladı. 1999 yılında ABD'yi temsilen NSF (Ulusal Bilim Kuruluşu) ve Avrupa'yı temsilen ESO arasında imzalanan bildiri ve daha sonra 2002'de Atacama Çölü'nde inşasını öngören anlaşmayla ciddi anlamda temelleri atılan ALMA, 2004 yılında Japonya adına Milli Doğa Bilimleri Enstitüleri'nin de katılımıyla tam anlamıyla küresel bir proje halini aldı. Projenin tamamlanmasına çok az bir süre kaldı, yakında ALMA on altı antenle ilk bilimsel çalışmalara başlayacak.

ALMA tamamlandığında böyle görünecek.  
Bu resim gerçek bir görüntü üzerine antenlerin yerleştirilmesiyle elde edilmiş.  
(Soldaki büyük resim)

Antenlerin ilki Chajnantor Platosu'na çıkarılıyor. (Altta)





ALMA (ESO/NAO/IRAO)

ALMA'nın taşıyıcılarından bir tanesinin yakından görünümü.

## Antenler Hakkında

Toplamda 66 adet olarak faaliyet gösterecek olan antenlerin 54'ü 12 metre, 12'si ise 7 m çapa sahip olacak. İlk olarak NRAO ve ESO arasında yarı yarıya bölüşülen antenler daha sonra NOAJ'ın da katılımıyla tekrardan paylaşıldı. Son haliyle 12 m'lik antenlerin 25'i ESO tarafından AEM Konsorsiyumu'na (Alcatel Alenia Space France, Alcatel Alenia Space Italy, Avrupa Endüstri Mühendisliği S.r.L., MT Aerospace), 25'i NRAO tarafından Vertex RSI'ya ve kalan 4 adet 12 m'lik ve 12 adet 7 m'lik antenler ise NOAJ tarafından MELCO'ya (Mitsubishi Electric Corporation) imal ettiriliyor. Antenlerin ilki 2009 yılında Chajnantor Platosu'na çıkarıldı. 2011'in Ağustos ayında ise 7 m'lik antenlerin ilkinin çıkarılmasıyla antenlerin sayısı toplamda 19'u buldu.

## Antenler

ALMA normal teleskoplardan farklı olarak ayna değil çanak antenler kullanacak. Çünkü inceleyeceği dalgaboyu aralığı, kabaca 380–750 nm arasında olan görünür ışıktan kat kat daha uzun. Teleskobun çanakları her ne kadar dev uydu antenleri gibi gözükse de yapı olarak çok daha yüksek bir teknolojiye sahipler. Antenlerin yüzeyi normal bir uydu anteninden çok daha yansıtıcı ve pürüzsüz olacak, çünkü dalgaboyunun birkaç yüzde biri civarında bir pürüz olması durumunda bile elde edilecek veri-

ler bozulur. ALMA'nın çanaklarının çok dayanıklı olması da gerekiyor. 5000 m yükseklikteki bu devasa antenler her türlü zorlu hava koşuluna maruz kalacak (bunlara şiddetli rüzgâr, kar, kum fırtınaları gibi etkenler de dâhil). Normal bir gözlemevi bu tür koşullarda kubbesini kapatarak teleskobun aynasının zarar gelmesini önler ancak bu devasa çanakların böyle bir olanağı bulunmayacak. Bu nedenle uzun süre kullanılabilirliği için bu tür zorluklarla baş edebilecek derecede dayanıklı olmaları gerekiyor.



## Taşıyıcı Araçlar

ALMA'yı çok güçlü bir teleskop yapan şeylerden biri antenlerin yerlerinin özel geliştirilmiş araçlar yardımıyla değiştirilebilmesi. Böylece çapı 150 m ile 16 km arasında değişen devasa bir çanağa sahip olunabiliyor. Diğer bir deyişle yakınlaşabilme (zum) özelliği olan bir teleskop elde ediliyor. Bu işlemin gerçekleşmesi çok zahmetli. Antenlerin her birinin kütlesi 100 tonun üzerinde, bu nedenle taşıyıcı aracın 26 km uzunluğundaki yolda onları taşıyacak kadar dayanıklı olması gerekiyor ve aynı zamanda antenlerin yerleştirilmesi milimetre düzeyinde hassasiyet istiyor. İşte bu zorlu görevi başaracak Otto ve Lore olarak adlandırılan iki taşıyıcı araç, ALMA projesi

için özel olarak tasarlandı. Boş ağırlıkları 130 ton olan bu araçlar 20 m uzunluğunda ve 10 m genişliğinde olup 28 tekerlek üzerinde hareket ediyorlar. En yüksek hızları saatte 20 kilometreyi geçmeyen araçların her biri, 700 beygir gücüne sahip. Öte yandan 5000 m yükseklikteki havanın yoğunluğunun deniz seviyesine göre oldukça düşük olması nedeniyle araçların etkili gücü 450 beygir gücü düzeyine düşüyor. Her ne kadar en yüksek hızlarında bile koşularak geçilebilirler de, araçların tasarımında ön planda tutulan şey hız değil taşıyacakları son teknoloji ürünü çanakları başarılı ve güvenli bir şekilde yerlerine götürebilmek.

## ALMA Nasıl Çalışacak?

Teknoloji harikası olan ALMA'nın tek bir çanaktan değil de 66 çanaktan oluşması ona mükemmel bir özellik katıyor: girişimölçer. ESO'nun Çok Büyük Teleskobu'nda (VLT) da kullanılan bu özellik sayesinde VLT'nin 8,2 metrelik birim teleskopları, hareket ettirebilen 1,8 metrelik yardımcı teleskopların kullanılmasıyla 200 metrelik tek bir aynanın gücüne ulaşabiliyor. Oldukça karışık bir aynalı sisteme sahip olan düzenekte, metrelerce uzunluktaki tünellerden ışığın tek bir yere milimetrenin binde biri kadar bir hassaslıkta ulaşması sağlanıyor. ALMA'nın sistemi de mantık olarak buna benziyor, fakat radyo dalgasında elde edilecek çözünürlük bundan daha küçük olacak. Her ne kadar daha geniş bir alana yayılmış olsa da elde edilecek çözünürlüğün VLT'nin elde ettiği çözünürlükten daha küçük olmasının nedeni, radyo dalgalarının optik dalgaboylarına göre çok daha büyük bir dalgaboyuna sahip olması. Işığın dalgaboyu arttıkça, kaynak hakkındaki bilgi de o kadar kısıtlanıyor. Bu nedenle ne kadar büyük dalgaboylarında çalışıyorsanız kullanacağınız teleskobun da o kadar büyük bir alana sahip olması gerekiyor, ancak büyük boyutlardaki çanakların yapılması ise oldukça zor ve masraflı. Bu nedenle ALMA tek bir çanak kullanmak yerine küçük çaplardaki birçok

anten ile girişimölçer tekniğini kullanarak kuramsal olarak 14.000 metrelik dev bir çanağın elde edebileceği açısal çözünürlüğe sahip olacak. Bu çaptaki tek bir anteni yapmak ise neredeyse olanaksız, en azından günümüz teknolojisiyle. Antenlerin her biri çanaklarda milimetre ve milimetrealtıdaki dalgaları, yani dalgaboyu bir milimetrenin altında olan ışınımı toplayarak alıcıya odaklayacak. Alıcıda odaklanan sinyaller ise elektrik sinyallerine dönüştürülerek kilometrelerce uzunluktaki kablolardan geçerek eş zamanlı olarak süper bilgisayarlara ulaştırılacak. Bu aktarım saniyenin trilyonunda biri kadar bir zamanda gerçekleşecek. Bu nedenle izlenen yolun da milimetrenin yüzde biri kadar hassas olması gerekiyor. Bu her ne küçük ölçeklerde ulaşılması kolay bir hassaslık gibi gözükse de 15 km uzunluğundaki bir kabloyu düşündüğümüzde bu görevin ne kadar zor olduğunu hayal edebilirsiniz.

Verilerin ulaştırılmasındaki bir diğer güçlük de atmosfer koşulları. Her ne kadar antenlere aynı anda gelen radyo dalgaları bilgisayara aynı anda ulaşsalar da, dalgalar başlangıçta atmosferdeki gecikmeden ötürü antenlere aynı anda ulaştırılamaz. Bunun nedeni atmosferdeki milimetre ve milimetrealtı dalga-

2900 m'de yer alan İşlem Destek Tesisi'ndeki (OSF) antenlerden bir tanesinin yakından görünüşü.



boylarını soğuran karbondioksit, oksijen ve su molekülleridir. Bu gazların yoğunluğu bölgeden bölgeye değişebildiği için dalgaların bu gazlar tarafından soğurulup tekrar yayılmasında kısa bir zaman farkı oluşabilir. ALMA'nın 5000 m gibi yüksek bir yere inşa edilmesinin temel nedeni de bu, yani atmosfer etkisinden mümkün olduğunca uzaklaşmak. Ancak Chajnantor Platosu gibi, çölde yer alan yüksek bir yerde bile bu etki varlığını sürdürüyor. Bunu önlemek için ALMA'da yedi hava tahmin merkezi ve özel inşa edilmiş su buharı radyometreleri bulunacak. Böylece alınan verilerdeki zaman gecikmesinde meteorolojik koşullar göz önünde bulundurularak gerekli düzeltmeler yapılacaktır.

## Verilerin Ulaştırılma Süreci

Antenlerde toplanan veriler odaklandıktan sonra odakta bulunan ikinci bir yansıtıcı yüzeyden antenin arkasında bulunan alıcıya yansıtılacaktır. Burada elde edilen radyo dalgalarının sinyal şiddeti yansıtıcı yüzeyin şekliyle doğru orantılıdır, dalgalar ne kadar iyi yansıtılırsa alıcıda toplanacak sinyal şiddeti de o kadar fazla olur. Bu nedenle çanakların mükemmel birer parabole çok yakın bir şekle sahip olmasına özen gösterildi.

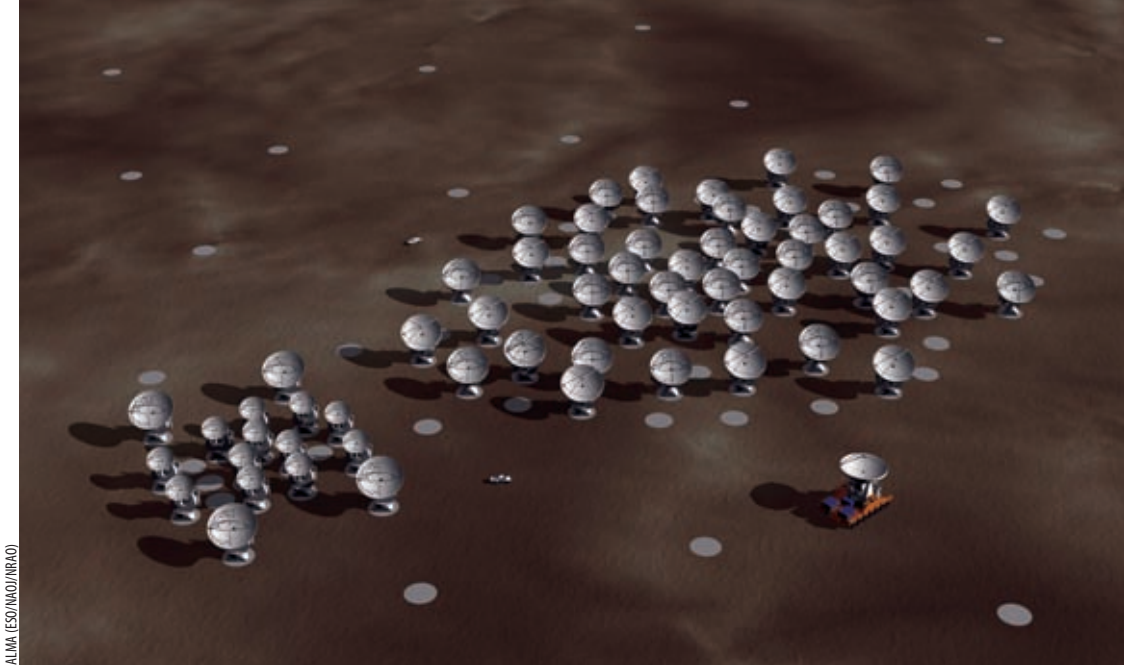
Antenlerin arkasında toplanan dalgalar Ön Uç (FE) adı verilen bir aygıtta tespit edilip güçlendirilerek sayısal veriye dönüştürülüyor. FE gökyüzünden gelen

sinyalin ilk olarak geçtiği elektronik aygıt olduğu için buradan elde edeceğimiz veriler çok önemli. Bu nedenle FE 4 Kelvin (-269°C) sıcaklıkta tutuluyor. Bunun nedeni ise oluşacak istenmeyen dalgaları (gürültüyü) engelleyerek mümkün olduğu kadar temiz bir veri elde etmek.

FE'den ayrılan sinyaller Arka Uç (BE) adı verilen ve ALMA'nın sinir sistemini oluşturan ikinci elektronik aygıtta ulaşıyor. BE'nin asıl amacı elde edilen sinyalleri merkezi bilgisayara iletmek. Burada dalgalar sayısal veriye dönüştürülüp fiber optik kablolarla verilecek ve Alan İşlem Tesisine (AOS) ulaştırılması sağlanacak. BE'nin diğer bir amacı ise fiber optiklere lazer göndererek onların uzun-

Samanyolu ve ALMA'nın Chajnantor'daki ilk dört anteni.





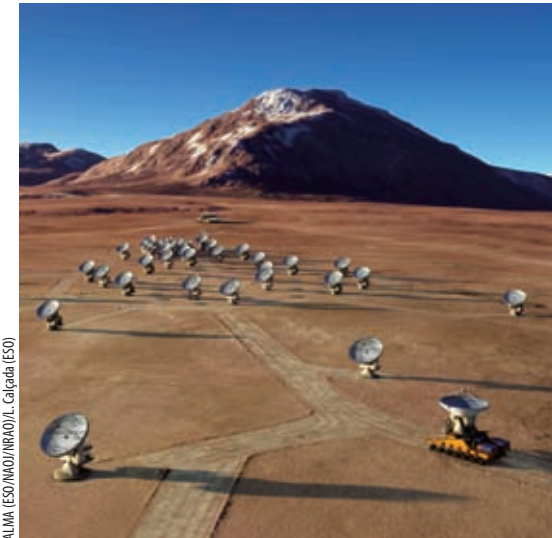
ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

66 antenin en yakın dizilimi. Buradaki antenlerin hepsi 250 m çapındaki bir daireyi kaplıyor. Solda yer alan anten grubu sabit olacak ve girişimölçere katılmayacak. Girişimölçer 150 m ile 16 km arasında değişen bir çanak görevi yapacak.

luklarını kontrol etmek. Çünkü çevresel etkenlere bağlı olarak kablolarda uzunluk değişimi gerçekleşebilir. Çizgi Uzunluğu Düzeltme Sistemi sayesinde sinyalin herhangi bir antenden itibaren takip ettiği yolun uzunluğu 1 mikron hassaslıkla ölçülebilecek.

BE'den ayrılan veriler fiber optik yardımıyla ALMA'nın beyni olan İlişkilendirici'ye ulaşır. İlişkilendirici basit olarak, sinyalleri astronomik verilere dönüştüren bir süper bilgisayar olarak tanımlanabilir. İlişkilendirici sinyali çoğaltarak verileri dosyaya kaydeder. Bu verilerin bilimsel bir resme dönüşmesi ise bir takım ölçümleme

(kalibrasyon) ve indirgeme aşamalarını gerektirir. Bu tür işlemleri yapmak için ALMA'da özelleştirilmiş bir veri indirgeme programı kullanılacak. ALMA'nın 2012'nin başlarında 16 antenle çalışmaya başlaması bekleniyor. Bu aşamada ALMA en yüksek çözünürlüklü haliyle yaklaşık 400 m'lik bir alana yayılacak. ALMA'nın 2012'nin sonlarına doğru 40 antenle, 2013'te de tüm gücüyle çalışması hedefleniyor. ALMA yalnızca evrenin kökenine ışık tutmakla kalmayıp yeni ötegezegenler keşfedecek, gezegen ve yıldız oluşumlarını gözleyecek ve Güneşimiz hakkında da bilinmeyen birçok şeyi açığa çıkaracak.



ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)IL. Çalçada (ESO)

Kaynaklar  
<http://eso.org>  
<http://www.almaobservatory.org>  
<http://naoj.org>  
<http://nrao.edu>



ALMA tamamlandığında böyle görünecek. Bu resim gerçek bir görüntü üzerine antenlerin yerleştirilmesiyle elde edilmiştir.