

# L Bant Silindirik Dizi Anten Çalışmaları

Egemen YILDIRIM, Erdiç ERÇİL, Doğanay DOĞAN  
ASELSAN

Radar, Elektronik Harp ve İstihbarat Sistemleri Grup Başkanlığı  
Ankara, Türkiye

[eyildirim@aselsan.com.tr](mailto:eyildirim@aselsan.com.tr), [eercil@aselsan.com.tr](mailto:eercil@aselsan.com.tr), [ddogan@aselsan.com.tr](mailto:ddogan@aselsan.com.tr)

**Özet:** Yancada 360 derece tarama yapan radar veya elektronik harp sistemlerinde veri güncelleme hızı gereksiniminin yüksek olması, döner antenler yerine 360 derece elektronik tarama kabiliyetine sahip fazlı dizilerin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Huzme şeklinin tarama ile bozulmaması istendiğinde silindirik bir dizi en uygun seçimdir. Bu bildiride L bantta çalışan silindirik bir anten dizisinin geliştirilme süreçleri anlatılacaktır. Bildiri kapsamında konsept gösterimi amaçlı geliştirilen çembersel dizinin anten elemanı tasarımı, huzme oluşturma biriminin tasarımı, üretim ve kalibrasyonu ile anten ölçümleri sunulacaktır. Ayrıca, silindirik diziye özgü tasarım ve uygulama zorlukları belirtilecektir.

**Anahtar Kelimeler** – ‘End-fire’, silindirik dizi, dipol, ‘bow-tie’ anten, toplam/fark huzmesi

## I. GİRİŞ

Düzlemsel olmayan anten dizileri, genellikle anten yüzeyinin bir platformun belli bir kısmındaki yüzey şekline uyumlu olması amacıyla tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra belli eksenlerde değişimsiz (invariant) olan bazı geometrik şekillere (küre, koni, silindir vb.) sahip diziler de literatürde mevcuttur. Bu dizilerdeki göze çarpan faktör, belirli bir miktar elemanın aktif olarak kullanılması ve bu eleman kümesinin (alt-dizi), geometrisinin değişimsiz olduğu ekseninde kaydırılması sayesinde taramaya bağlı olarak huzme şeklinin değişmemesidir.

Bildiride anlatılacak olan anten dizisi çizgisel olarak dizilmiş düşey anten dizilerinin çembersel olarak çoklanması ile ortaya çıkan L bant bir anten dizisidir. Her bir çizgisel dizide düşey ekseninde dizilmiş ve radyal doğrultuda yayın yapan papyon (bowtie) tipi anten elemanları bulunmaktadır. Anlık olarak uyarılan anten elemanlarının oluşturduğu alt dizi ile huzmeler oluşturulur. Alt diziler çembersel olarak kaydırılması ile elektronik olarak huzme yönlendirilir. Aktif bölge kaydırma (Şekil 1) ile elde edilebilecek huzme sayısı çizgisel dizi sayısına (N) eşittir. Alt dizi örüntüsü kalem huzme şeklinde olduğundan ve dizinin 360 derece boyunca boşluksuz bir kapsama yapması istendiğinden, alt dizi yanca huzme genişliği 360/N derece olmaktadır.



Şekil 1. Aktif anten bölgesinin kaydırılması

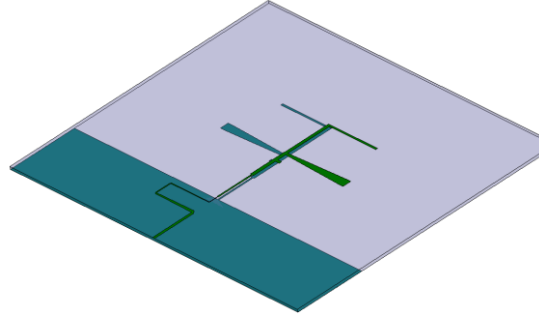
Ayrıca, silindirik anten dizisinden, kalem huzmeye ek olarak yüksek doğruluklu yön bulma amacıyla yanca ve yükseliş eksenlerinde fark huzmesi oluşturma ve elektronik taarruza karşı bağışıklık açısından düşük yan loblara sahip olması beklenmektedir. Ancak, dizilimin silindirik olması, özellikle yanca ekseninde düşük yan lob elde edilmesini zorlaştıran bir faktördür.

Aktif faz dizili mimariye sahip çember antenlerin konsept gösterimi amacı ile deneysel L-Bant çembersel dizi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda dizi çapının ve alt dizi eleman sayısının optimizasyonu, antenin kullanılması muhtemel sistemlerin boyut ve ağırlık kısıtları, yan lob ve güç gerekleri dikkate alınarak optimize edilmiştir. Şekil 5’te silindirik anten geometrisi gösterilmektedir. İlerleyen bölümlerde anten eleman tasarımı, huzme oluşturma yapılarının tasarımı, uyarım katsayılarının belirlenmesi ve anten örüntü ölçümleri anlatılmaktadır.

## II. ANTEN ELEMAN TASARIMI

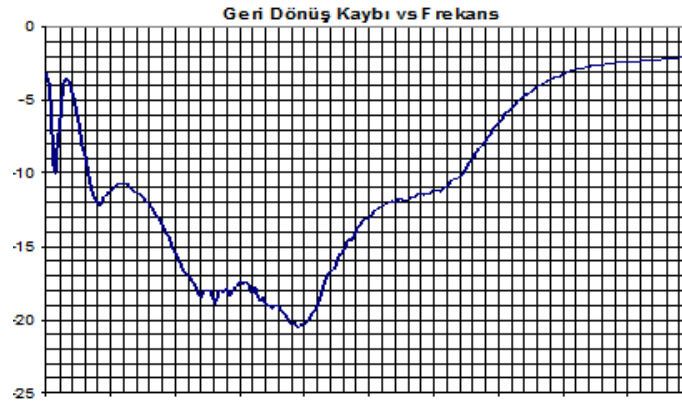
Silindirik dizide, anten elemanı geometrik özellikleri nedeni ile düşeyde çizgisel dizi oluşturmak ve yükseliş huzme oluşturma devrelerini tek bir kart üzerinde gerçekleştirmek mümkün olmaktadır. Bu kartların çoklanması ve çembersel olarak dizilmesi ile silindirik anten dizisini oluşturarak; merkezde yanca huzme oluşturma devrelerini gerçekleştirmek mümkündür. Çembersel dizi için aday anten tipleri; kayıp, geriye doğru ışıma, bant genişliği, balun gereksinimi vb. açısından değerlendirilmiş ve ‘‘Çift Dipol Anten’’ tipi uygun görülmüş ve üzerinde muhafaza ettiği dipol elemanlarından bir tanesi yapısal olarak değiştirilerek ‘‘Bow-Tie’’

tipine benzetilmiştir. Bu şekilde giriş kolu geri dönüş kaybı seviyesinin daha düşük değerlere çekilebildiği gözlemlenmiştir. Tasarlanan ve üretimi tamamlanan anten Şekil 2’de gösterilmiştir.



**Şekil 2. Silindirik dizi için geliştirilen mikroşerit anten elemanı**

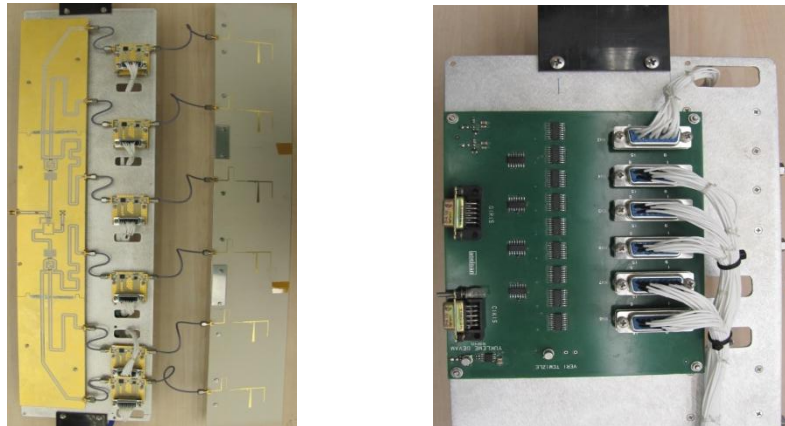
Üretilen anten elemanının geri dönüş kaybı %44’lük bir bant içinde -10 dB’den daha düşüktür, Şekil 3.



**Şekil 3. Anten Elemanı Geri Yansıma Katsayısı Ölçümü**

## II. YÜKSELİŞ EKSENİ HUZME OLUŞTURMA BİRİMLERİ TASARIMI

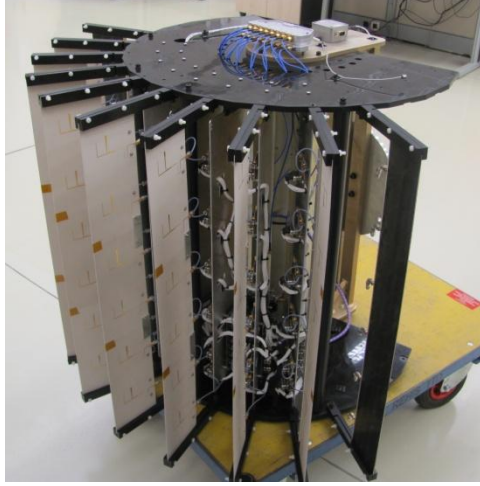
Yükseliş huzme yönlendirme devreleri ile düşey çizgisel dizide elektronik olarak taranabilen toplam ve fark örüntüleri elde edilmesi hedeflenmiştir. Elektronik tarama ve düşük yan lob gereksinimlerini sağlayabilmek için anten elemanlarının besleme devrelerine ayarlı faz kaydırıcı ve ayarlı zayıflatıcılar yerleştirilmiştir, Şekil 4(a). Çizgisel dizinin üst yarısı ile alt yarısı gruplanarak toplam ve fark işaretleri elde edilmiştir. Ayarlı faz kaydırıcı ve zayıflatıcıların kontrolü için seri kanal haberleşme altyapısına sahip kontrol kartları tasarlanmıştır, Şekil 4(b).



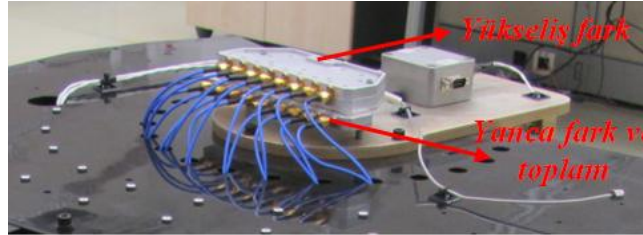
**Şekil 4. Çizgisel dizi alt birimleri: (a) önden görünüm, (b) arkadan görünüm**

### III. YANCA EKSENİ HUZME OLUŞTURMA BİRİMLERİ TASARIMI

Düşeyde çizgisel anten dizisinden gelen yükseliş fark ve toplam sinyalleri kullanılarak, diziye ait toplam, yanca fark ve yükseliş fark huzmeleri oluşturulmaktadır. Bu doğrultuda konsept gösterimi amacı ile silindirik dizinin belirli bir sektörünü karşılayacak şekilde üzerinde 10 adet çizgisel anten dizisini ihtiva eden bir taşıma kaidesi geliştirilmiştir. Üretilen deneysel anten birimi Şekil 5'te gösterilmiştir. Sistemde aktif 8 adet çizgisel dizi bulunmaktadır. İki kenarda bulunan çizgisel diziler, aktif olan diğer diziler için nihai silindirik yapıda bulunacak olan komşu çizgisel dizilerin yaratacağı etkileri benzetebilmek amacı ile parazitik diziler olarak yerleştirilmiştir. Aktif çizgisel dizilerden algılanan elektromanyetik dalgaların anten konnektörlerinde oluşturduğu RF işaretler yükseliş huzme yönlendirme devreleri çıkışında yükseliş toplam ve fark işaretlerini oluşturmakta bu işaretler ise, deneysel dizinin merkezinde bulunan yanca huzme oluşturma biriminde toplanarak toplam, yanca fark ve yükseliş fark sinyalleri oluşturulmaktadır, (Şekil 6).



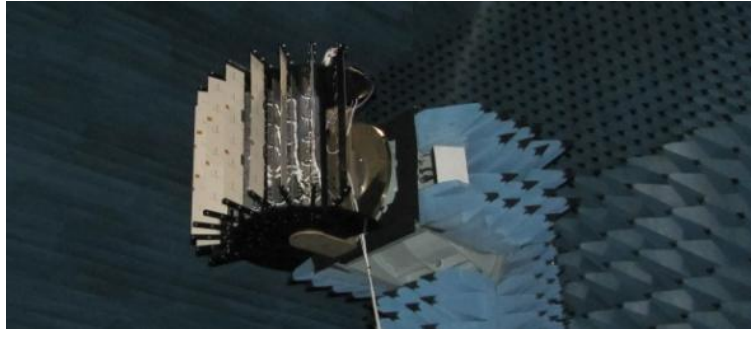
Şekil 5. Silindirik dizi konseptini test etmek için üretilen 10 çizgisel diziye sahip anten yapısı



Şekil 6. Yanca huzme oluşturma birimleri

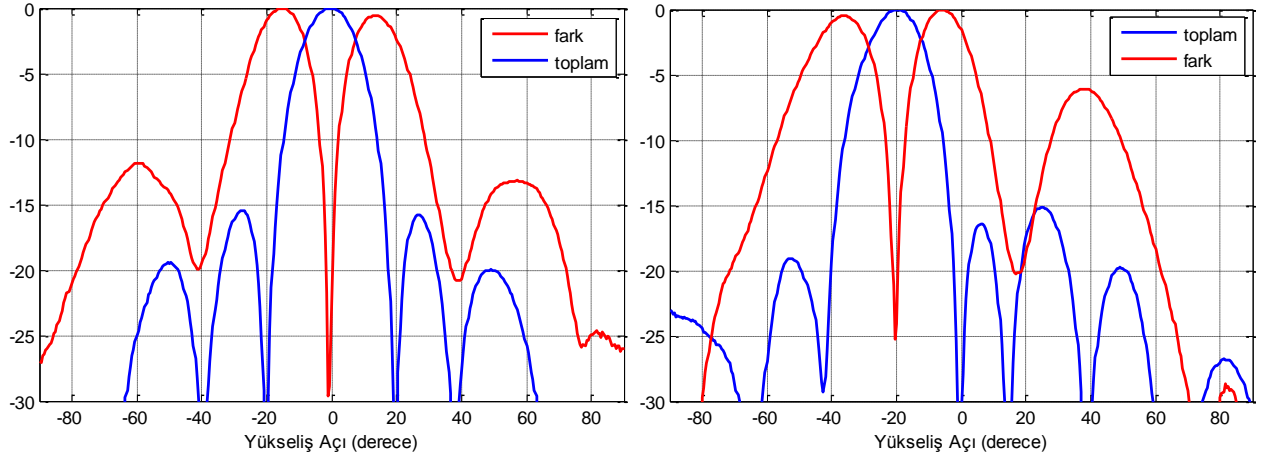
### V. ÖRÜNTÜ ÖLÇÜM ÇALIŞMALARI

Yapılan teorik çalışmaları, ölçüm sonuçları ile doğrulamak için üretilen deneysel silindirik anten dizisinin tüm RF kanallarının S-parametre karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Kanalların karakterizasyonu esnasında, hatlarda bulunan ayarlı faz kaydırıcı ve zayıflatıcıların farklı ayar kombinasyonları için S-parametre bilgileri toplanmıştır. Bunun ardından her bir huzme için istenen genlik ve faz dağılımını veren optimum ayarlar tespit edilmiştir. Ayarların tespit edilmesinden sonra, antenin ASELSAN Kompakt Alan Test Sahasında örüntü ölçümleri gerçekleştirilmiştir(Şekil 7).

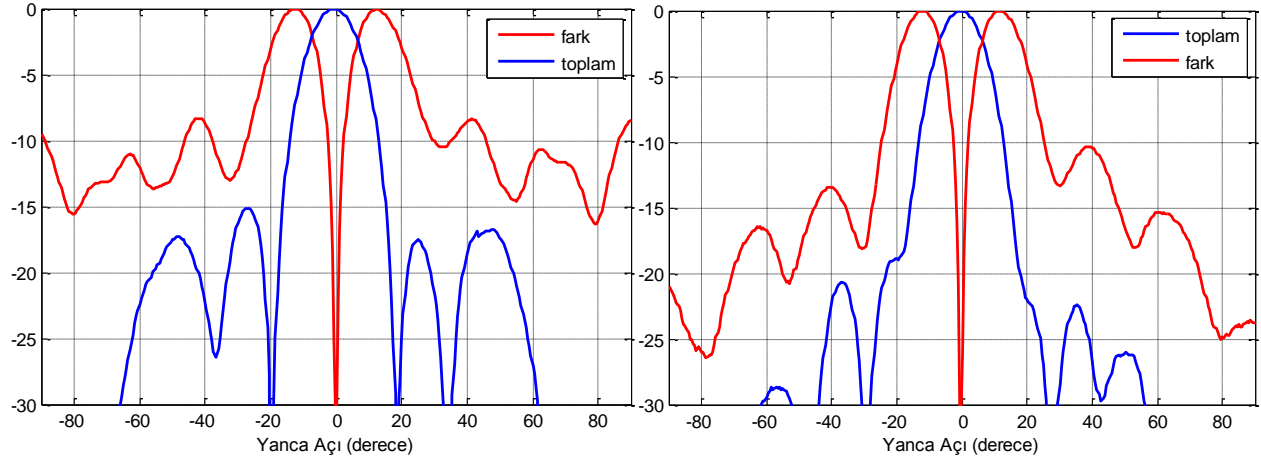


**Şekil 7. Prototip sistemin kompakt alan test sahasında ölçümü**

Elde edilen ölçüm sonuçları Şekil 8-Şekil 9'da sunulmuştur.

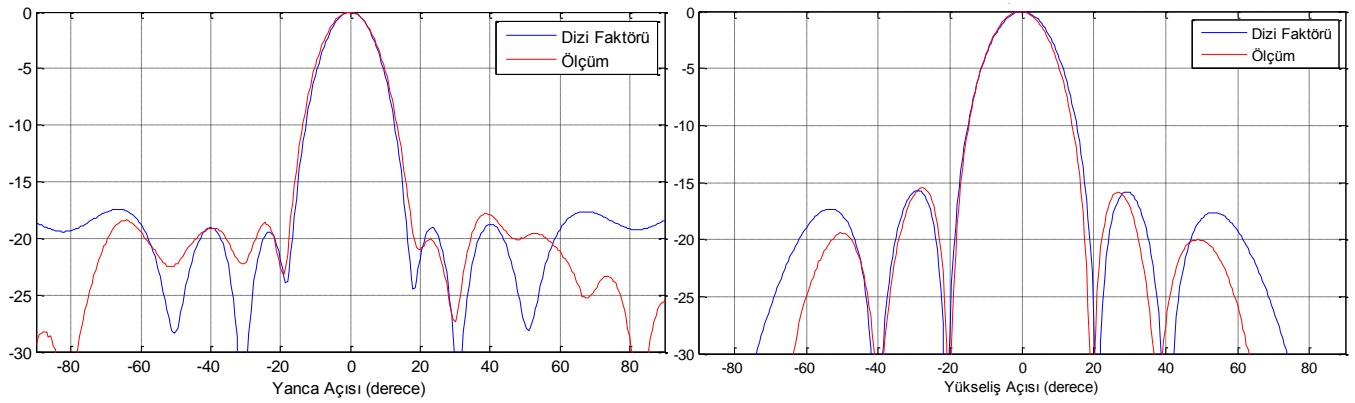


**Şekil 8. Merkez frekansta, yükselişte farklı tarama açıları için elde edilen yükseliş eksenli toplam ve fark ışıma örüntüleri: (a) 0 derece tarama, (b) 20 derece tarama**



**Şekil 9. Merkez frekans, yükselişte farklı tarama açıları için elde edilen yanica eksenli toplam ve fark ışıma örüntüleri: (a) 0 derece tarama, (b) 20 derece tarama**

Elde edilen örüntü sonuçlarının beklenen değerlerle tutarlılığını göstermek için, ölçüm sonuçları ile dizi faktörleri Şekil 10'da karşılaştırılmıştır.



**Şekil 10: Merkez frekans, toplam kanalı üzerinden dizi faktörü ve ölçüm sonucunun karşılaştırılması: (a) yanca eksen, (b) yükseliş eksen**

## VI.SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu makalede, L Bant'ta geliştirilen silindirik anten dizisinin tasarım, üretim, karakterizasyon ve ölçüm çalışmaları anlatılmıştır. Çembersel dizilime sahip yapılarda, anten elemanlarının uyarım katsayılarının belirlenmesi için yapılan çalışmalar anlatılmış, örüntü ölçüm sonuçları sunulmuştur.

## KAYNAKÇA

- [1] A. A: Eldek, "Design of Double Dipole Antenna with Enhanced Usable Bandwidth for Wideband Phased Array Applications," Progress in Electromagnetics Research, 1-15, 2006.
- [2] A. A. Eldek, "Ultra Wideband Microstrip Antenna for Phased Array Applications," Proceedings of the 37th European Microwave Conference, October 2007.
- [3] R. C. Hansen, Phased Array Antennas, John Wiley & Sons Inc., Canada, 1998.