

SETA Gelişen Askeri  
Teknolojiler Serisi .1.

# Elektronik Harp:

Türkiye'nin  
Kabilyetleri ve  
Küresel Yönelimler

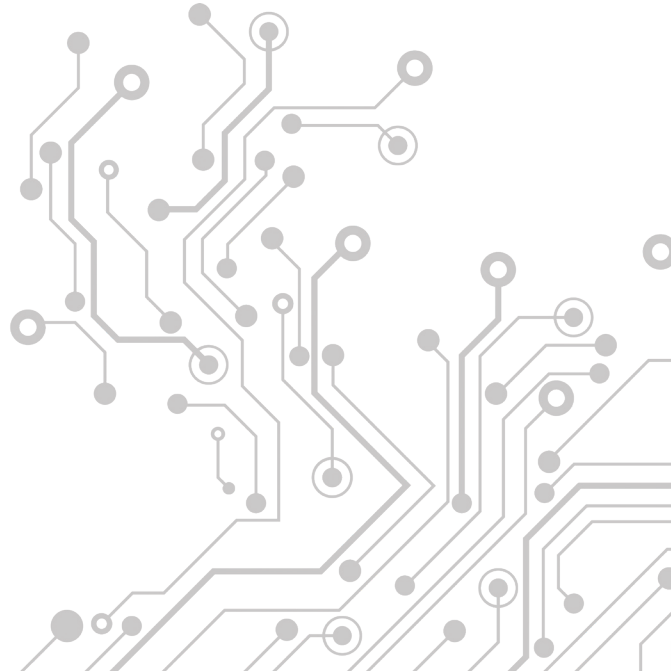
Feridun Taşdan

SETA

SETA Gelişen Askeri  
Teknolojiler Serisi .1.

# Elektronik Harp: Türkiye'nin Kabiliyetleri ve Küresel Yönelimler

Feridun Taşdan



## FERİDUN TAŞDAN

Feridun Taşdan, Western Illinois Üniversitesi Matematik Bölümü'nde profesör olarak görev yapmaktadır. Robust tahmin yöntemleri ve genelleştirilmiş lineer modeller konusunda yaptığı akademik çalışmaların yanı sıra hava savunma sistemleri ve bunların operasyonel konseptleri hakkında Türkiye'deki birçok savunma ve havacılık dergisinde makaleler yayımlamıştır.

*Gelişen Askeri Teknolojiler Serisi, yeni ve gelişmekte olan askeri teknolojilerin en önemli yönlerine küresel trendler ve Türkiye'nin kabiliyetlerine odaklanarak ışık tutan bir SETA projesidir. Proje, STM (Savunma Teknolojileri, Mühendislik ve Ticaret A.Ş.) tarafından desteklenmektedir.*

COPYRIGHT © 2022

Bu yayının tüm hakları Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları (SETA) Vakfı'na aittir. SETA'nın izni olmaksızın yayının tümünün veya bir kısmının elektronik veya mekanik (fotokopi, kayıt ve bilgi depolama vd.) yollarla basımı, yayımı, çoğaltılması veya dağıtımı yapılamaz. Kaynak göstermek suretiyle alıntı yapılabilir.

SETA Yayınları 202

I. Baskı: 2022

ISBN: 978-625-8322-12-5

Tasarım: Sema Türk Bayazit

Baskı: Turkuvaz Haberleşme ve Yayıncılık A.Ş., İstanbul

### SETA | SİYASET, EKONOMİ VE TOPLUM ARAŞTIRMALARI VAKFI

Nenehatun Cd. No: 66 GOP Çankaya 06700 Ankara TÜRKİYE

Tel: +90 312 551 21 00 | Faks: +90 312 551 21 90

www.setav.org | info@setav.org | @setavakfi

### SETA | İstanbul

Defterdar Mh. Savaklar Cd. Ayvansaray Kavşağı No: 41-43

Eyüpsultan İstanbul TÜRKİYE

Tel: +90 212 395 11 00 | Faks: +90 212 395 11 11

### SETA | Washington D.C.

1025 Connecticut Avenue, N.W., Suite 1106

Washington D.C., 20036 USA

Tel: 202 223 9885 | Faks: 202 223 6099

www.setadc.org | info@setadc.org | @setadc

### SETA | Berlin

Kronenstrasse 1, 10117 Berlin GERMANY

berlin@setav.org

### SETA | Brüksel

Avenue des Arts 27, 1000 Bruxelles BELGIUM

Tel: +322 652 0486

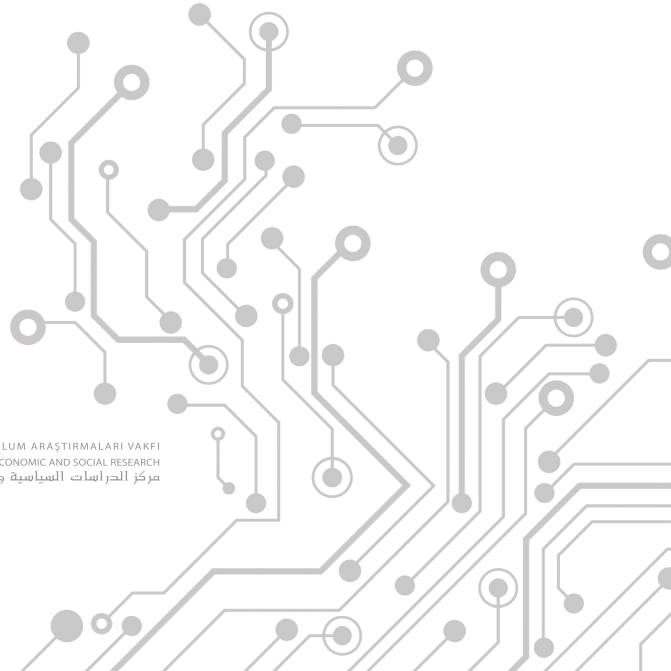
SETA Gelişen Askeri  
Teknolojiler Serisi .1.

# Elektronik Harp: Türkiye'nin Kabiliyetleri ve Küresel Yönelimler

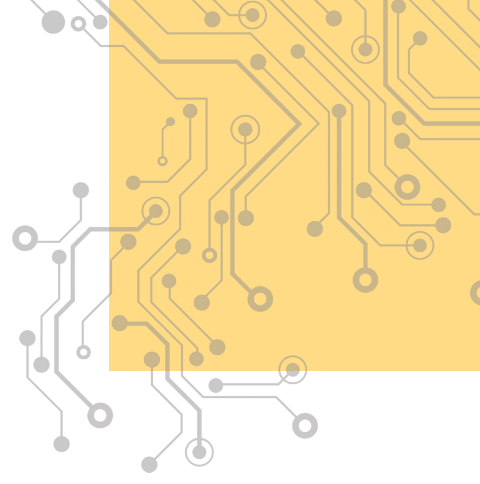
Feridun Taşdan



SIYASET, EKONOMİ VE TOPLUM ARAŞTIRMALARI VAKFI  
FOUNDATION FOR POLITICAL, ECONOMIC AND SOCIAL RESEARCH  
مركز الدراسات السياسية والاقتصادية والاجتماعية







# İçindekiler

Giriş	7
EH Sistemleri Üzerine Uluslararası Gelişmelerin İncelenmesi	11
İsrail’de EH Teknolojilerindeki Son Gelişmeler	15
Bir Özel EH Örneği: İsrail’in Siber Savaş Uygulaması	16
ABD’de EH Teknolojilerindeki Son Gelişmeler	19
Rusya’nın EH Yaklaşımı	23
Çin’in Güney Çin Denizi’ndeki EH Hedefleri	25
Türkiye’nin EH Yetenekleri	29
Türk Savunma Sanayiinin EH Üretim Yeteneklerine Genel Bakış	30
TSK’nın Suriye’deki Ortak Askeri Operasyonları	41
Mevcut Trendler: EH Sistemlerinin Dijital Evrimi	45
Sonuç	47





# Giriş

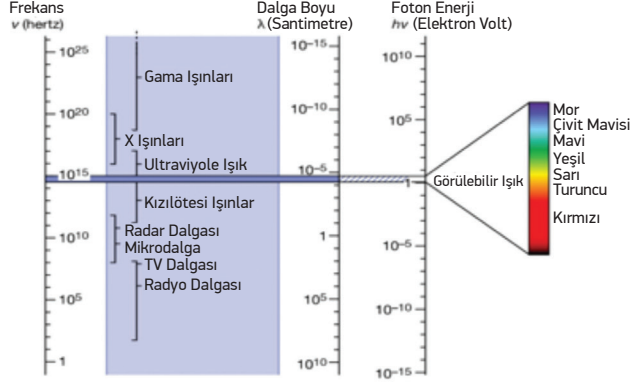
“Elektromanyetik spektrum”un (EMS) kısa bir tanıtımı “elektronik harp” (EH) sistemlerinin modern savaşta rolünü açıklamaya yardımcı olabilir. Şaşırtıcı olmayan bir şekilde cep telefonlarından basit bir TV uzaktan kumandasına kadar günlük hayatımızdaki birçok cihaz EMS’yi kullanıyor. Peki, EMS nedir?<sup>1</sup> Temel olarak EMS belirli frekans aralıkları ve dalga boylarında ışık hızında hareket eden elektromanyetik dalgalar olarak tanımlanabilir. EMS’nin frekans ve dalga boylarındaki tam aralığı Şekil 1’de görülebilir.<sup>2</sup> EMS’nin frekans ve dalga boyu kısmının en üstü yüksek enerjili fotonları ve çok küçük dalga boyları ( $\lambda=10^{-10}$  santimetre) gereği tıbbi alanlarda (tıbbi görüntüleme) ve nükleer fizikte yaygın olarak kullanılan gama ve X ışınlarına aittir. EMS’nin ultraviyole ve kızılötesi ışık kısmı X ışınlarından hemen sonra görülür. Bu EMS çoğunlukla insan gözüyle görünmemekle birlikte –bu spektrumun sadece küçük bir kısmında– elektromanyetik dalgalar insanlar ve çoğu hayvan tarafından görülebilir. Kızılötesi kameralar (nesnelerin termal görüntüsünü tespit etmek için) EMS’nin bu bölümünde de çalışır. EMS alanının 1-300 gigahertz (GHz) frekans (100 metre-0,5 milimetre dalga boyu) spektrumu esas olarak askeri uygulamalar, hava gözlemleri ve seyir yardımı amaçları için kullanılan çok çeşitli radar sistemleri tarafından kullanılmaktadır. EMS’nin alt kısmı ise çoğunlukla radyo iletişimi ve TV yayını amacıyla kullanılır.

---

1 “The Electromagnetic Spectrum”, NASA, (Mart 2013), <https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

2 “Waves and Frequency Ranges”, Radar Tutorial, <https://www.radartutorial.eu/07.waves/Waves%20and%20Frequency%20Ranges.en.html>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

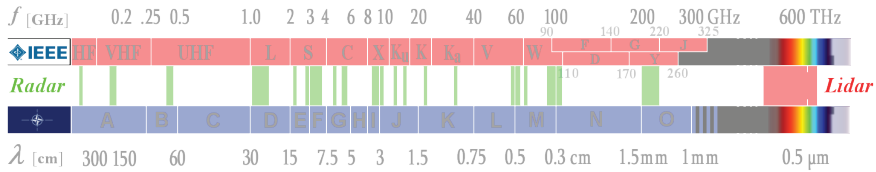
Şekil 1. EMS'nin Frekans ve Dalga Boyu Ölçeği



Kaynak: "Electromagnetic Spectrum", Britannica, 11 Mart 2019, <https://cdn.britannica.com/76/276-050-7BFF196F/position-light-electromagnetic-spectrum-range-right.jpg>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

Çoğu radar/haberleşme sistemi 1-40 GHz frekans bandı (100 metre-0,5 milimetre dalga boyları) arasında çalışır ve radarın tasarım amacına bağlı olarak bu radar sistemleri EMS'nin dar bir bölümünü kullanır. Örneğin çoğu uzun menzil arama radarları L (1-2 GHz, 30-15 santimetre dalga boyu) ve S bantlarını (15-7,5 santimetre dalga boyuna sahip 2-4 GHz) kullanır ve çoğu atış kontrol radarı amaçlanan hedeflerine göre performanslarını optimize etmek için uygun gelen frekanslara ve dalga boylarına sahip X, Ku veya Ka bantlarını kullanır. Radar bantlarının menzil, frekans ve dalga boyları Şekil 2'de yer almaktadır.<sup>3</sup>

Şekil 2. Radar ve Haberleşme Sistemleri Gibi Askeri Uygulamalarda EMS'nin Frekans ve Dalga Boyu Sınıflandırması



Bu nedenle EH; radarlar, iletişim sistemleri, komuta kontrol sistemleri, veri ağları veya EMS kullanan diğer dijital altyapılar gibi rakibin silah sistemlerini tespit etmek, yanlış yönlendirmek ve rahatsız etmek için EMS'yi kullanma eylemi veya yeteneği olarak tanımlanmalıdır.

<sup>3</sup> "Waves and Frequency Ranges".

Dünyanın dört bir yanındaki ordular neden EH sistemlerinin geliştirilerek sahaya sürülmesine özel önem veriyor? En açık cevap düşmanı yenmek ve savaş alanında üstünlük kazanmak için EMS'yi kontrol etmektir. İkinci cevap ise gerektiğinde EH sistemlerinin donanım ve yazılımını yükseltme veya güncelleme yeteneğine sahip olmaktır. EH teknolojileri bu teknolojileri geliştiren ülkeler tarafından yüksek oranda korunan ve kontrol edilen askeri teknolojiler listesinin en üstünde konumlandırılabilir. Genellikle EH sistemleri “olduğu gibi” gelir; başka bir ifadeyle bu sistemleri satın alan ülkelerin EH sistemlerinin yazılım veya donanım mimarileri üzerinde ya hiçbir kontrolü yoktur veya çok az kontrolü vardır. Teknik olarak EH sistemlerinin operasyonel ortamı zamanla değiştiğinden ve savaş alanına yeni silah sistemleri tanıtıldığından tehdit kütüphanesinin sürekli yükseltilmesi gerekir. Ordular EH sistemlerini etkili tutarak maksimum performansta çalıştırıp yeni tehditlere karşı koymak için de sürekli yükseltir/günceller. Yükseltmeler ve güncellemeler çoğunlukla barış zamanı operasyonları sırasında yapılır ancak gerektiğinde savaş zamanlarında acil yükseltmeler ve güncellemeler de gerekebilir. EH sistemleri “olduğu gibi” satın alınırsa ve tehdit kütüphanesine veya sinyal karıştırma (*jamming*) algoritmalarına erişim izni verilmezse sistemin kullanıcıları yeni bir radar veya iletişim sistemleri veya ilgili EH sistemlerinin tanıyamayacağı güdümlü bir füze tanıtan bir rakibe karşı bu sistemlerini etkili bir şekilde kullanmakta zorluk çekebilir. Bu nedenle EH sistemleri sıkı bir şekilde kontrol edilen teknolojilerdir ve ulusal EH sistemlerini yerli olarak geliştirmek büyük bir güvenlik avantajı sağlar.

EH, insanlı ve insansız sistemlerle dört alanın (hava, deniz, kara ve uzay) hepsinden uygulanabilir ve düşmanın iletişim sistemlerini, radarlarını veya hem askeri hem de sivil diğer varlıklarını hedefleyebilir. EH üç ana bölüme ayrılabilir:

### ***Elektronik Destek (ED)***

ED sistemlerinin temel görevi platformun konuşlandırıldığı operasyonel ortamda tehdit ve hedef radar/radarların elektromanyetik (EM) yayınlarının (sistem için tanımlanan frekans bandında) tespit ve teşhis edilmesi suretiyle taktik durum resminin hazırlanmasına katkıda bulunmak olarak özetlenebilir. Geleneksel olarak ED dört etki alanından da gelebilecek tehditlerin hedef tanımlama ve sınıflandırma görevini yerine getirmek için kullanılır. Ayrıca elektronik destek sistemleri (*electronic support measures, ESM*) askeri sistemlerin elektromanyetik radyasyonlarını pasif “dinleme” yoluyla sinyal istihbaratı toplar.

***Elektronik Taarruz (ET)***

Elektronik karşı tedbir (*electronic countermeasures*, ECM) olarak da bilinir. EM enerjisinin taarruz kullanımını, komuta kontrol tesislerine yönelik saldırı amaçlı yönlendirilen enerji veya düşman savaş yeteneklerini bozmak, sıkıştırmak ya da karıştırmak amacıyla elektronik ekipmana yönlendirilen enerjiyi içerir. ET sistemleri, radyo frekansı (RF) yayın yapan radarlara veya füzelere karşı kullanıldıkları platformu radar sistemlerine veya füze arayıcı başlıklara karşı aktif olarak sinyal karıştırarak korurken diğer yandan operasyonel ortamda yayın yapmaktan ziyade tehdit veya hedef radarlara karşı önleyici aktif sinyal karıştırma tekniklerini uygular.

***Elektronik Koruma (EK)***

EH sistemini düşmanın ET etkilerine karşı koruyan teknoloji ve teknikler grubudur. Düşmanın EH sistemi dost bir radarı karıştırmaya/bozmaya çalıştığında dost radardaki EK teknolojisi karıştırma ve diğer aldatma tekniklerine direnir. EK teknolojileri ve teknikleri modern bir EH sisteminin yerleşik özellikleri olmalıdır.



# EH Sistemleri Üzerine Uluslararası Gelişmelerin İncelenmesi

Birçok askeri analist EMS'nin gelecekteki savaşların ön saflarında yer alacağına inanırken dünya genelinde silahlı kuvvetler savaş alanına hakim olmak ve üstünlük sağlamak için yeni EH teknolojileri üzerinde çalışıyor. ABD'nin Stratejik Teknoloji Ofisinde Savunma İleri Araştırma Projeleri Teşkilatı (DARPA) program yöneticisi olan ABD Hava Kuvvetleri Komutanlığında (United States Air Force, USAF) Albay Dan Javorsek, EH teknolojilerinin geleceğini ve gelişmelerini askeri bir karar vericinin bakış açısıyla şöyle anlatıyor:

EMS'de manevra yapabilmek, tüm operasyonların temel olarak olmazsa olmazıdır ve bu bir süredir de böyle olmuştur. Herhangi bir modern ulusun EMS'de uzmanlığı olmadan bir programa sahip olduğunu hayal edemezsiniz. İletişim ve EH'nin hepsi spektrumun aynı bölümündedir ve bu alanı manipüle edebilmeniz gerekir. Dijital dünyaya geçiş bize birçok yeni kabiliyet kazandırırken aynı zamanda yönetmemiz gereken çok daha fazla şey var. Çoğu zaman sistem kullanıcısının EH'yi saldırgan ve savunmacı bir anlamda kullanması için bunu modüle etme ve kontrol etme fırsatı vardır. Kullanıcı dijital sistemlerin bize sağladığı maksimum esnekliğe sahipse bu vurgu çok fazla hareket edecektir. EMS'yi ne kadar çok kontrol edebilir, manipüle edebilir ve kullanabilirsek teknoloji saldırı veya savunma açısından gerçekten agnostikleşir.<sup>4</sup>

Eski EH sistemleri on yıllarca benzer nesil elektronik teknolojileri de kullanan tehditlere karşı koymak için verimli bir şekilde çalışırken artık tehditler EH sis-

---

<sup>4</sup> Stefano D'urso, "Let's Talk About the Digital Evolution of Electronic Warfare", The Aviationist, 26 Ekim 2020, <https://theaviationist.com/2020/10/26/lets-talk-about-the-digital-evolution-of-electronic-warfare>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

temlerinden çok daha hızlı geliyor. Yeni EH sistemlerinin teknolojilerdeki ilerlemenin neden olabileceği hızlı ve maliyetli bir eskime sorunundan kaçınırken ortaya çıkan tehditlerin önünde durması gerekiyor. EH sistemleri ve ilgili teknolojiler esas olarak gelişmiş ülkeler tarafından kontrol ediliyor ancak yarı iletken teknolojisinin gelişmesi ve hızlı bilgi işlem gücüne sahip hazır elektroniklerin piyasada artık bulunuyor olması bu paradigmayı kırmaya başlamıştır.

**Görsel 1.** Rus Ordusunun Krasukha-2 EH Sistemi



Kaynak: *The Moscow Times*, <https://static.themoscowtimes.com/image/1360/05/qmdzgyjftyjW.jpg>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

Tamamen dijitalleştirilmiş, güvenli ve modüler açık sistem tasarım ilkelerine dayanan ultra geniş bant dijital alıcılar ve uyarıcılar geleneksel sistemlere göre önemli avantajlar sunar. Bu yeni teknolojiler daha gelişmiş frekans kapsamı, tam uzamsal kapsama alanı ve daha hızlı cevap verme özellikleri sunarlar. Yüksek verimli geniş bant güç yükselteçleri/amplifikatörleri ve uyarlanabilir modülasyon ile yeni nesil sensörleri ve silahları algılama, tanımlama ve yenmeye yönelik tedbir almak için tasarlanmıştır.

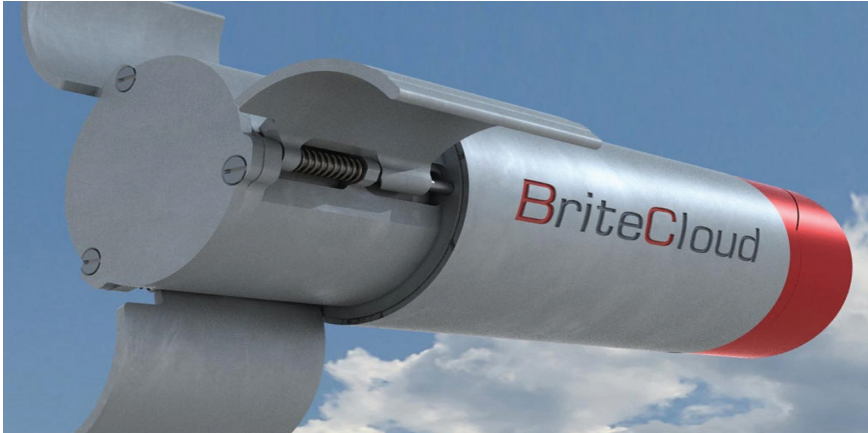
Northrop Grumman'ın web sitesinde belirtildiği gibi dijital sistemler eskime sorununa çözümdür.<sup>5</sup> EH program paketleri artık birden fazla işlevi yerine getirebilir, farklı görev setlerini desteklerken bileşenleri ve yazılımları da sistem ailesi arasında paylaşılabilir. Bu yapı taşı yaklaşımı geliştirme maliyetlerini ve zaman çizelgelerini azaltır, güncelleme döngülerini hızlandırır ve üretim sırasında ölçek ekonomisi sağlar.

<sup>5</sup> "Why Digital Transformation Matters", Northrop Grumman, <https://www.northropgrumman.com/what-we-do/digital-transformation>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

Yeni tehditler ortaya çıktıkça iyileştirme iletişimi ürün hattı boyunca hızlı bir şekilde sağlanabilir. Genellikle yeni özellikler eklemek, eskime riskini en aza indirmek ve sahaya çıkma süresini azaltmak için yalnızca bir yazılım değişikliği yeterli olur.

Burada anlatılan yeni dijital sistemlerin bir diğer avantajı yirmi yıldan daha kısa bir süre öncesine kadar sadece F-16'lar, F-15 ve Tornado gibi taktik uçaklarda kullanılırken günümüzde EH sistemleri daha geniş bir platform yelpazesi tarafından benimsenmektedir. Buna artık kargo ve hava yakıt ikmalî uçakları, insansız hava araçları (İHA) ve istihbarat varlıkları da dahildir. Tamamen dijital EH sistemlerine geçiş yapmak, daha küçük ve daha kompakt sistemlere yönlendireceğinden daha küçük platformlara sığmasını da sağlamış olacaktır. Ayrıca açık sistem mimarisi kullanmak kolay bakım ve yazılım güncellemeleri sağlayacak ve bu da sistemi uygun maliyetli hale getirecektir. EH sisteminin ölçeklenebilirliğinin/minyatürleştirilmesinin güzel bir örneği F-15 ve F-16 gibi savaş uçakları ve hatta daha küçük İHA'lar tarafından kullanılan, *chaff/flare* karşı tedbir atıcısına sığacak şekilde minyatürleştirilmiş akıllı bir karıştırma sistemi olan Leonardo'nun BriteCloud Digital RF Memory (DRFM) Countermeasure'ında görülebilir. Üreticiye göre BriteCloud Expendable Active Decoy (EAD), RF güdümlü karadan havaya ve havadan havaya tehditlerin çoğunu alt edebilme yeteneğine sahip kompakt ve DRFM (sayısal radyo frekans hafıza) tabanlı aktif bir RF karşı tedbir sistemidir.<sup>6</sup> BriteCloud standart *chaff/flare* atıcılarından atılmak üzere tasarlanmış ve bu nedenle minimum düzeyde platform entegrasyonu gerektirir. Gelişmiş teknikler kullanarak aktif ve yarı aktif RF güdümlü sistemlere ve atış kontrol radarlarına karşı etkilidir.

### Görsel 2. BriteCloud Akıllı Aldatma Sistemi



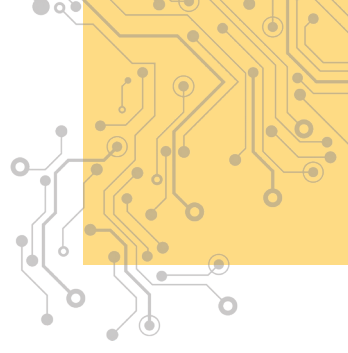
Kaynak: "BriteCloud DRFM (Digital RF Memory) Countermeasure".

<sup>6</sup> "BriteCloud DRFM (Digital RF Memory) Countermeasure", Leonardo, (Nisan 2020), <https://www.leonardocompany.com/en/products/britecloud-3>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

Akıllı karıştırma sistemi gibi kompakt boyutlu ECM askeri uçaklara havadan havaya füzelere ve kendini savunma için karadan havaya füzelere karşı koruma sağlar. Hava-hava çarpışmaları sırasında akıllı karıştırıcı uçağın etrafında yanlış hedefler oluşturarak BVR (görsel menzilin ötesinde, *beyond-visual-range*) füzelerine karşı ekstra bir koruma katmanı sağlayabilir. Benzer şekilde Amerikan Hava Kuvvetleri ve Amerikan Donanması uçakları tarafından yaygın olarak kullanılan çekili sahte hedefler (*dekoy*) vardır. Çekili sahte hedef operasyonunda uçak *dekoyu* uçaktan güvenli bir mesafeye serbest bırakır ve daha sonra *dekoy* karıştırma sinyallerini yayınlar veya uçağa kıyasla daha büyük bir radar kesiti vererek gerçek bir uçak gibi hedef şaşırtır. Bu çözüm uçağı *jammer* tarafından yayılan sinyallere kilitlenme (*home-on jamming*, HOJ) yeteneğine sahip AIM-120 AMRAAM tipi füzelerden veya diğer radar güdümlü karadan havaya füzelerden korur. Raytheon'un AN/ALE-50 çekili *dekoy* sistemi şu anda F-16, F/A-18 ve B1'de aktif halde kullanıyor. Daha önceki operasyonlarda uçakları Kosova, Afganistan ve Irak'taki radyo frekansı (RF) füze tehditlerine karşı korumuştur.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> "AN/ALE-50 Towed Decoy System", Raytheon Technologies, <https://www.raytheon.com/capabilities/products/ale50>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).



# İsrail’de EH Teknolojilerindeki Son Gelişmeler

İsrail, Ortadoğu’daki önde gelen EH güç merkezidir. 1973’teki Yom Kippur Savaşı’ndan bu yana EH sistemlerini yaygın olarak kullanmaktadır. İsrail’in savunma şirketleri savaş alanının her kesiminde kullanılan çok çeşitli EH sistemleri üretmekte ve bu sistemleri yabancı ordulara ihraç etmektedir. Şu anda İsrail, Shavit (ELINT/SIGINT) ve Eitam (AEW&C uçağı) kod adlı Gulfstream G550 özel sivil jetlerine dayanan AEW&C (havadan erken uyarı ve kontrol) ve ELINT/SIGINT/EH uçaklarından oluşan bir dizi yerel olarak inşa edilmiş filoya sahiptir. Bu özel görev uçakları İsrail Savunma Kuvvetlerine (Israel Defense Forces, IDF) İsrail’den uzak operasyonlar yürütmesi ve İsrail Hava Kuvvetleri (Israeli Air Force, IAF) tarafından Suriye’de ve diğer açıklanamayan yerlerde yürütülen görev misyonlarını desteklemesine imkan veriyor. F-16I ve F-15I dahil olmak üzere tüm IAF jetleri yerel olarak gelişmiş EH öz savunma süitine veya harici olarak taşınan EH podlarına sahiptir. Bu jetlerin ve özel görev uçaklarının yetenekleri Suriye ve Lübnan üzerindeki taarruz operasyonlarında sürekli olarak gösterilmiştir. Bu görevlerin birçoğu son derece gizli tutulmuş ve bu görevlerde kullanılan uçakların durumu hakkında fazla bilgi yayımlanmamıştır. Ancak IAF’nin Suriye Hava Savunması nedeniyle 5 Şubat 2018’de bir F-16I’yi kaybettiği biliniyor. IDF’nin yeni F-35 Adir<sup>8</sup> jetinin de İsrail’in kendi gereksinimlerine uyacak şekilde yerli veya özelleştirilmiş EH paketine (AN/ASQ-239 EH paketi) sahip olması bekleniyor.

Yakın tarihli bir makalede İsrail’in yakın zamanda İsrail Havacılık ve Uzay Sanayii tarafından tasarlanan ve üretilen “Scorpius” adlı yeni bir EH sistemini tanıttığı ortaya çıkmıştır.<sup>9</sup> Makale, Scorpius’un EH’de devrim meydana getirecek kabiliyet-

8 Mark Episkopos, “Israel’s F-35I Adir: The Most Dangerous Fighter on Earth?”, The National Interest, 8 Ocak 2021, <https://nationalinterest.org/blog/buzz/israel%E2%80%99s-f-35i-adir-most-dangerous-fighter-earth-176008>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

9 Paul Iddon, “Israel Unveils ‘Revolutionary’ New Scorpius Electronic Warfare System”, *Forbes*, 11 Kasım 2021.

lere sahip olduğunu belirtiyor. Eski nesil EH sistemlerinden farklı olarak Scorpius hava sahasını taramak için “aktif elektronik taramalı radar” (AESA) teknolojisini kullanır; belirli bir dalga boyunda ve frekansta elektronik olarak oluşturulan ve düşman veri haberleşmesini, seyirüsefer sistemlerini ve radarlarını bozmak için dost kuvvetlere müdahale etmeden belirli hedeflere karşı belirli bir yöne doğru dar açılı radar huzmeleri gönderebilir.

Bu tür dar açılı radar huzmeleri oluşturulmadan önce EH sistemlerinin operatörlerinin sadece iki seçeneği vardı; ya bir hedef bulmak için gökyüzünün etrafındaki tek bir dar ışını hedefleyebilir ki bu çok zordur ya da daha geniş bir ışın kullanabilirdi. Önceki EH sistemleri belirli hedefleri veya belki de birkaç hedefi etkisiz hale getirebilirken Scorpius gökyüzündeki her şeyi çıkarabilir ve aynı anda birden fazla hedefe ulaşabilir. Temel olarak Scorpius, sistem tasarımında kullanılan AESA, mikrodalga monolitik entegre devre (MMIC), dijital frekanslı radyo belleği (DRFM), yapay zeka/uyarlanabilir makine öğrenimi (AI/AML) teknolojilerinin birlikte kullanımı sayesinde her yöndeki potansiyel tehditleri taramak için geniş bir ışın ve belirli tehditleri hedeflemek için dar ışınlar kullanıyor. Scorpius, ordunun hareket ihtiyaçlarına dayanan kara, hava ve deniz uygulamalarına sahiptir.

**Görsel 3.** IAI'nın Scorpius-G Sistemi (Israel Aerospace Industries)



Kaynak: “IAI Unveils Scorpius Electronic Warfare System for Multi-Threat Confrontations”, *Defense News*, 12 Kasım 2021.

### **Bir Özel EH Örneği: İsrail'in Siber Savaş Uygulaması**

Siber saldırılar günümüzün yüksek ağ bağlantılı iş ve internet ortamlarında yaygın bir olgudur. Saldırganlar genellikle bir şirketin bilgisayar sistemine sızar ve

daha sonra bilgisayar sistemlerine zarar vermek, gizli veri toplamak veya fideye istemek için onu hackler ya da bir virüs yerleştirir. Gerçek hayattaki siber saldırılara benzer bir aksiyon daha yeni EH teknolojileri tarafından gerçekleştirilebilir. Kara tabanlı bir EH sistemi veya *stand-off jammer*/SIGINT uçağı düşmanın komuta ve kontrol ağlarını hacklemesini veya virüs yerleştirmesini sağlayacak siber saldırı teknolojilerini sahaya sürer.

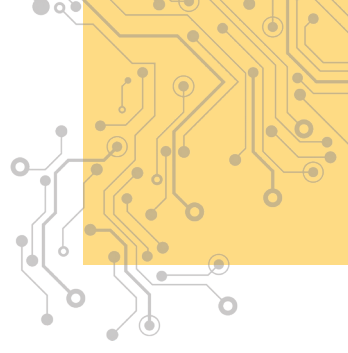
Aslında bazı araştırmacılar tarafından sağlanan açık kaynak bilgilere göre IAF'nin 2007'de Suriye'nin Deyrizor şehri yakınlarındaki bir nükleer tesise karşı düzenlediği Orchard Operasyonu'nun büyük ölçüde saldırı misyonunu destekleyen ve Suriye radar ağlarını kör eden IDF EH platformları tarafından gerçekleştirilen bir siber saldırı olduğu görülmektedir.<sup>10</sup> ABD Havacılık ve Uzay Endüstrisi ve emekli askeri yetkililere göre İsraililer, BAE Systems tarafından geliştirilen ve L-3 Communications tarafından Amerikan İHA operasyonlarına entegre edilen ABD'nin geliştirdiği "Suter" havadan ağ merkezli taarruz sistemine benzer bir teknoloji kullanmaktadır. İsrail 1982'deki Beqaa Vadisi operasyonlarından beri Suriye'nin karadan havaya füze (SAM) sistemlerini karıştırmak ve baskılamak için insansız sistemler kullanma konusunda ustalık kazanmıştır.

IDF'nin operasyonunun detayları halen bilinmemekle birlikte siber saldırı veya etkili karışırma (*jamming*) (DRFM yöntemi benzer sonuçlara yol açabilir) olasılığı arasında olacaktır.

---

10 David A. Fulghum ve Douglas Barrie, "Israel Used Electronic Attack in Air Strike Against Syrian Mystery Target", ABC News, 8 Ekim 2007.





# ABD’de EH Teknolojilerindeki Son Gelişmeler

Amerikan Savunma Bakanlığının 2020 Elektromanyetik Spektrum Üstünlüğü Strateji Belgesi’nin<sup>11</sup> ilk paragrafı EMS’nin ABD’nin perspektifinden kontrol edilmesinin önemine işaret eden şu ifadeyle başlamaktadır:

Ülke, ABD’nin hava, kara, deniz, uzay, siber uzay ve EMS’deki egemenliğinin rakipleri tarafından zorlandığı bir savaş çağına girmiştir. Bu zorluklar ABD Kuvvetlerinin EMS’ye olan çapraz bağımlılığını ortaya çıkarmış ve Savunma Bakanlığının tüm etki alanı avantajını korumak için EMS’deki faaliyetlere nasıl yaklaştığı konusunda bir değişimi tetiklemiş durumda.

Amerikan Donanmasının EH kapasitesinin merkezinde 1990’ların başında EA-6A Intruder EH uçağını emekli etmesinden sonra donanmanın standart EH uçağı haline gelen EA-18G Growler yer almaktadır. EA-18G, EH görevleri için inşa edilmiş ve ABD Donanmasının iki koltuklu F/A-18F taarruz uçağının türevidir. Growler savunma veya saldırı amacıyla birkaç EH podu taşır. Ana görevi düşman hava savunmasına karşı uçak gemisi saldırı paketlerine eşlik etmek veya düşman taarruz uçaklarına karşı uzun mesafeden karıştırarak EH koruması sağlamaktır. Mevcut EH podu ALX-99 eski nesil bir EH podudur ancak Amerikan Donanması ALQ-249 NGJ’yi (yeni nesil *jammer*) kabul etme sürecindedir.<sup>12</sup>

ALQ-249 NGJ’yi geliştiren Raytheon’a göre hava savunma sistemleri ve iletişim ekipmanları gibi muhasım tehditleri ET ile karıştırabilir, baskılayabilir ve bozabilir. Ayrıca daha uzun mesafelerde birden fazla hedefe ulaşmak için en son dijital,

<sup>11</sup> “US Department of Defense’s 2020 Electromagnetic Spectrum Superiority Strategy”, Air Force Mag, (Ekim 2020), [https://www.airforcemag.com/app/uploads/2020/10/ELECTROMAGNETIC\\_SPECTRUM\\_SUPERIORITY\\_STRATEGY.pdf](https://www.airforcemag.com/app/uploads/2020/10/ELECTROMAGNETIC_SPECTRUM_SUPERIORITY_STRATEGY.pdf), (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

<sup>12</sup> Brett Tingley ve Tyler Rogoway, “Navy’s New Jamming Pods for EA-18G Growler Eyed for Air Force Fighters”, The Warzone, 28 Temmuz 2021, <https://www.thedrive.com/the-war-zone/41727/navys-new-jamming-pods-for-ea-18g-growler-eyed-for-air-force-fighters>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

yazılım tabanlı ve AESA teknolojisini kullanır. ALQ-249 NGJ aynı anda birden fazla hedefe saldıracaktır, hızlı bir şekilde güncellenebilir ve çeşitli görev ve platformlara uygulanabilen modüler bir mimariye sahiptir.

ALQ-249 NGJ her bölmeye dahil edilmiş düşük, orta ve yüksek bant özelliklerine sahip en az üç versiyona sahiptir. EA-18G tehdit radarlarının, UHF/VHF'den S, L, X bantları dahil olmak üzere çoklu bant sıkışmalarının tam kapsamına sahip olma beklentilerine bağlı olarak tek bir görevde iki bölme taşıyabilir.

Şaşırtıcı bir şekilde ABD Hava Kuvvetleri 1998'de EF-111A Raven'ı emekli ettikten sonra eskort/*stand-off* EH karıştırma yeteneğini kaybetmiştir. Şu anda ise elektronik sinyal istihbaratı (ELINT) için tasarlanmış ve gerektiğinde radyo iletişimini (UHF/VHF/FM bantları) ve cep telefonlarını dinleyerek ve karıştırarak uzak mesafeden iletişim karıştırması yapmak üzere tasarlanan EH-130H *compass call* EH uçağını kullanmaktadır. ABD Hava Kuvvetlerinin mevcut EH kapasitesi, F-15'ler ve F-16'lar tarafından taşınan AL-131C gibi öz savunma podlarına dayanıyor. 5. nesil F-22 ve F-35 sırasıyla AN/ALR-94<sup>13</sup> ve AN/ASQ-239<sup>14</sup> gibi dahili, entegre ve son derece gelişmiş EH sütünlerine sahiptir. F-35 radarındaki AN/ASQ-239 EH radarı yeni nesil radar tehditlerine karşı kapsamlı geniş bant koruması sağlar ve ayrıca aktif karıştırma ve DRFM yetenekleri sayesinde düşman radarlarını bastırır. Yoğun tehdit ortamlarında çalışabilme ve F-35'i radar veya kızılötesi arayıcı güdümlü füzelerden koruyabilme yeteneğine sahiptir. Ayrıca platform düzleminde tasarımı güvenilirliği artırarak bakımı kolaylaştırır ve uzun vadeli yaşam döngüsü maliyetlerini de optimize eder.

F-35'in AN/ASQ-239 EH sistemi aynı zamanda EOTS (elektro optik hedefleme sensörü) ile entegre edilerek tam (360 derece) savunma EH kapsama alanına ve AN/ASQ-239 EH sisteminin bir parçası olarak APG-81 AESA radarını kullanan aktif ET (EA/ECM) yeteneğine sahiptir. APG-81'in ana rolü hava ve yer hedeflerini tespit etmek olsa da (SAR/GMTI modları), entegre edilmiş AN/ASQ-239 EH sisteminin bir parçası olarak *jammer* olarak da kullanılabilir. Bu yetenek F-35'e son derece etkili ve uzun menzilli EH performansı sağlar.

Yakın bir zamanda 28 Temmuz 2021'de yayımlanan Temsilciler Meclisi Silahlı Hizmetler Komitesi (HASC) basın açıklamasında Taktik Hava ve Kara Kuvvetleri Alt

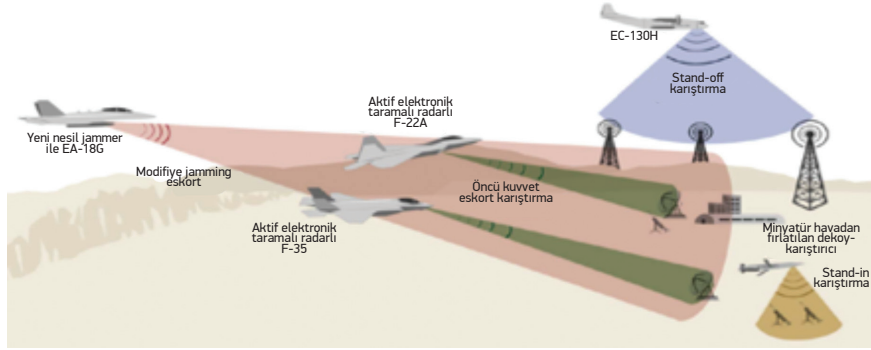
---

13 "AN/ALR-94 F-22 Electronic Warfare System", BAE System, <https://www.baesystems.com/en-us/product/an-alr-94>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

14 "AN/ASQ-239 F-35 EW Countermeasure System", BAE System, <https://www.baesystems.com/en-us/product/an-asq-239-f-35-ew-countermeasure-system>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

Komitesi, 2022 Mali Yılı Ulusal Savunma Yetkilendirme Yasası'nın (NDAA)<sup>15</sup> ABD Hava Kuvvetlerinin havadan ET yeteneklerinin değerlendirilmesini ve ALQ-249 yeni nesil *jammern* taktik uçaklara entegre edilmesinin fizibilitesini gerektiren bir hüküm içermesi önerisini duyurmuştur. Bu açıklama sürpriz olmakla birlikte ABD Hava Kuvvetlerinin *eskort jammer* platformunun eksikliği göz önüne alındığında ALQ-249 yeni nesil *jammern* F-15EX ile entegre edilmesi mantıklı olacaktır. ABD Hava Kuvvetlerinin F-15EX'i, 5. nesil F-22 ve F-35'leri desteklemek için daha ağır bombalar ve havadan havaya füzeler taşımak için gelecekteki hava hareketlerini destekleyecek şekilde uyarlıyor. ALQ-249 NGJ podlarının F-15EX'e entegre edilmesi eskort karıştırma/*stand-off* karıştırma kabiliyeti sağlayacaktır. Şekil 3 ABD Hava Kuvvetlerinin çeşitli platformları kullanarak gelecekteki karıştırma kabiliyetini göstermektedir.

Şekil 3. Birkaç Uçak Kullanan Ortak Bir EH Uygulama Konsepti\*



Kaynak: Sydney J. Freedberg Jr., "Who'll Fix EW? Task Force Gropes for Answers", Breaking Defense, 18 Aralık 2028, <https://breakingdefense.com/2019/12/wholl-fix-ew-task-force-gropes-for-answers>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

\* EA/18G ve EC-130H stand-off karıştırması sağlarken F-35 ve F-22 minyatür dekoj karıştırıcılarla birlikte yakın mesafeden EH kabiliyeti sağlayabilir.

ALQ-249 NGJ'nin AI/AML'ye sahip olma olasılığına, EA-18G Growler'ın EH saldırı yeteneklerini tamamlamak için siber saldırı yeteneğine sahip olması ve SEAD/DEAD görevlerini (AGM-88 HARM anti radyasyon füzelerini kullanarak) gerçekleştirmesini tartışan yayımlanmış makaleler bulunmaktadır. Bu da Amerikan Donanmasına üç farklı görev profili sağlar: tehdit radarlarını baskılamak, SEAD/DEAD görevleri ve düşman radar ağlarını *hack*lemek. 2022 NDAA tasarısı ile ABD Hava Kuvvetleri F-15EX'i 4,5. nesil bir platform olarak kullanarak benzer yeteneklere sahip olabilir.

15 "S.1605 - National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2022", ABD Kongresi, 27 Aralık 2021, <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/senate-bill/1605/text>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

AI/AML teknolojisinin EH sisteminde kullanılmasının bir başka örneği Amerikan Hava Kuvvetlerinin F-16'lara entegre edilen Angry Kitten EH podu olarak adlandırılıyor. Angry Kitten EH pod, uyarlanabilir makine öğrenimi yazılımı kullanır ve bir EH saldırısı sırasında “kütüphanedeki seçeneklerden en uygun karıştırma tekniğini” seçer ve mümkün olan en iyi karıştırma tekniğini bulur.

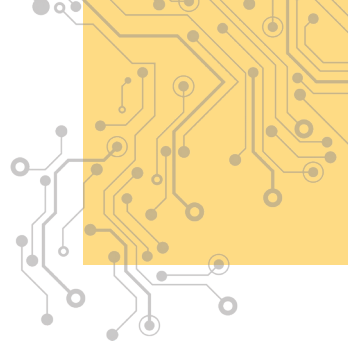
Angry Kitten EH pod geliştiricilerinden araştırma mühendisi Stan Sutphin şu anda eski karıştırıcılarda bulunmayan ve tamamen adaptasyon sağlayabilen özerk yetenekler geliştirdiklerini belirtiyor.<sup>16</sup> Makine öğrenimi algoritmalarına ve gelişmiş donanıma dayanan bilişsel bir EH yaklaşımıyla Angry Kitten EH sisteminin önemli ölçüde daha yüksek düzeyde elektronik saldırı ve koruma yetenekleri sağlayarak Amerikan savaş uçaklarının güvenliğini artırabileceğini düşünüyor.

Benzer şekilde Amerikan Hava Kuvvetlerinin geleneksel taktik uçağı EH pod ALQ-131 yeni EH teknolojileri ile güncellenmiştir. ALQ-131C<sup>17</sup> olarak adlandırılan yeni pod tamamen dijital DRFM, son derece hassas geniş bant alıcıları ve tutarlı ve/veya tutarlı olmayan karıştırma tekniklerine sahiptir. Çoğunluk olarak Amerikan Hava Kuvvetleri ve müttefik F-16'lar; ALQ-131C, F-16'ların merkez pilonunda taşındığı için bu kabiliyetten yararlanacaktır.

---

16 Inder Singh Bisht, “USAF Tests ‘Angry Kitten’ Electronic Warfare Pod on F-16”, The Defense Post, 10 Kasım 2021, <https://www.thedefensepost.com/2021/11/10/usaf-tests-electronic-warfare-pod/>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

17 “Revolutionized Through Digital Technology”, Northrop Grumman, <https://www.northropgrumman.com/what-we-do/air/an-alq-131v-electronic-countermeasures-ecm-pod/>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).



# Rusya'nın EH Yaklaşımı

Rus Silahlı Kuvvetlerinin EH yetenekleri Rusya için son on yılda askeri modernizasyonun öncelikli alanlarından biri olmuştur. Yerli savunma sanayii, Rus Silahlı Kuvvetlerine kara tabanlı ve son derece etkili modern bir EH sistemi olan Krasukha-4 ve mobil uydu iletişimi ve radyo navigasyon birimlerini karıştırmak için tasarlanmış Borisoglebsk-2 de dahil olmak üzere bir dizi modern EH sisteminin geliştirilmiş versiyonlarını sürekli olarak tedarik etmiştir.

Washington merkezli İleri Savunma Araştırmaları Merkezi (C4ADS) dört Rus EH sisteminin Hmeymim Hava Üssü'nde tanınmış Krasukha-4, Halep Havalimanı'nda konuşlandırılan R-330Zh Zhitel elektronik karıştırma istasyonu, Semerkant ve Rosevnik-AERO EH sistemleri olarak tanımlandığını belirten bir rapor<sup>18</sup> yayımlamıştır. Bu EH sistemlerinin temel amacı Suriye'deki Rus hava üslerini hedef alan tehditleri engellemek veya azaltmaktır.

Rusya, Suriye'deki askeri operasyon sahası üzerindeki GPS (küresel konumlandırma sistemi) sinyallerini kullanılamaz hale getirmek için GPS sinyallerini karıştırma veya aldatmaya (*spoofing*) özel önem vermiştir. Bunun nedenlerinden biri önceki yıllarda Suriye muhalif güçleri tarafından Rus güçlerine karşı birkaç kez gerçekleşen İHA saldırılarının önüne geçmektir. GPS aldatması Rus kuvvetleri tarafından kullanılan başka bir tekniktir. GPS aldatması temel olarak GPS destekli seyrişer yapan düşman uçaklara veya güdümlü füzelere yanlış/sahte küresel konumlandırma bilgileri üretilerek yapılır. Uçaklar ve füzeler üzerindeki GPS alıcıların gerçek GPS sinyallerine ulaşmasını önlemek amacıyla ABD'ye ait GPS uyduları tarafından kullanılan frekanslarda sahte GPS yayını yapılmasıdır. Uçaklar veya füzeler gerçek GPS sinyali yerine Rusya EH sisteminin ürettiği sahte GPS

---

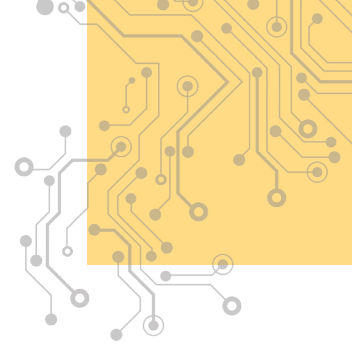
18 "Above Us Only Stars", C4ADS, <https://c4ads.org/reports>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

sinyaline kilitletiğinde EH sistemi yanlış konum bilgisi yani PNT (konumlandırma, navigasyon ve zamanlama) verilerini iletmeye başlar ve bu nedenle düşman uçaklarının veya füzelerinin amaçlanan hedeflerini kaçırmalarına neden olur.

Rus EH yetenekleri hakkında iyi hazırlanmış raporlardan birine Washington DC’de bulunan Georgetown Security Studies Review’den erişilebilir. Raporla Rus kuvvetlerinin son yıllarda EH yeteneklerini modernize ettiği ve en önemlisi Rus operatörlerinin gerçek zamanlı savaş koşullarında Ukrayna ve Suriye’de önemli EH deneyimi kazandığı belirtiliyor. Rapor ayrıca ABD’nin konvansiyonel silahlarda askeri üstünlüğünü sürdürmesine rağmen Rusya’nın şimdi bu boşluğu kapatmaya çalışan kritik bir asimetric avantaja sahip olduğunu savunuyor.<sup>19</sup> Rusya ile rekabetin yeniden yaşandığı bir çağda ABD’nin EH misyonlarındaki yeterliliğini artırması gerektiği, aksi takdirde geride kalma riskinin söz konusu olacağını belirtiyor. Bu argümanlar aslında ABD askeri yetkilileri tarafından da birçok kez desteklenmiştir.

---

19 Madison Creery, “The Russian Edge in Electronic Warfare”, Georgetown Security Studies Review, 26 Haziran 2019, <https://georgetownsecuritystudiesreview.org/2019/06/26/the-russian-edge-in-electronic-warfare>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).



# Çin'in Güney Çin Denizi'ndeki EH Hedefleri

Çin ordusu son yıllarda EH, iletişim ve istihbarat toplama yeteneklerini geliştirme-ye yönelik büyük yatırımlar yapıyor. Yeni geliştirilen EH sistemlerinin birçoğu Çin askeri uçaklarında, deniz veya kara platformlarında görülmeye başlamıştır. Dahası Çin ordusu Güney Çin Denizi'ndeki kara tabanlı EH, iletişim ve istihbarat toplama yeteneklerini geliştirme sürecindedir. Açık kaynaklı uydu görüntüleri Çin'in Hainan Adası'nda ve ayrıca Güney Çin Denizi'ndeki bazı resiflerde büyük EH kompleksleri inşa ettiğini ortaya koymaktadır.<sup>20</sup> Bu kara ve ada merkezli SIGINT/ELINT kompleksleri Çin ordusuna bölgede faaliyet gösteren yabancı askeri güçlerden sinyal istihbaratı izleme ve toplama yeteneği sağlamaktadır.

Çin ordusunun askeri güç yapısını ve askeri donanımını geliştirmek için Amerikan Donanmasının ayak izlerini yakından takip ettiği söylenebilir. Bu bakımdan Amerikan Donanmasına ait MH-60R Seahawk ve E-2D Hawkeye'ın (AEW&C) çok yakın kopyaları bile Çin ordusunun envanterinde görülebilir. Çin'in yeni KJ-600 havadan erken uyarı ve kontrol uçağı (AEW&C, E-2D kopyası denilebilir) kısa pistlerden kalkış kabiliyeti sayesinde Çin yapımı uçak gemilerinden ve Güney Çin Denizi'ndeki adalardan kullanılabilir. KJ-600'ün ana rolü savaş uçaklarının ve yüzey gemilerinin erken uyarılmasını temin etmektir ancak KJ-600'ün üzerindeki entegre ED sistemleri de sinyal istihbaratı ve Çin savaş gemilerinin durumsal farkındalığına katkı sağlamaktadır.

---

<sup>20</sup> Matthew P. Funairole, Joseph S. Bermudez Jr. ve Brian Hart, "China is Ramping up Its Electronic Warfare and Communications Capabilities Near the South China Sea", CSIS, 17 Aralık 2021, <https://www.csis.org/analysis/china-ramping-its-electronic-warfare-and-communications-capabilities-near-south-china-sea>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

Havadan taktiksel karıştırma kabiliyeti konusunda Çin ordusu kısa süre önce ABD Donanmasının EA-18G Growler'ına eş değer olan özel olarak geliştirilmiş J-16D savaş uçağını envanterlerine dahil etmiştir. J-16D ikisi kanat uçlarında ve ikisi kanat altı sert noktalarda olmak üzere dört *stand-off* karıştırma kapsülü taşıyabilir. Sırasıyla RKZ930-22 ve RKZ930-32 olarak adlandırılan bu podlar düşman hedeflerin radyo frekansı emisyonlarını tespit eder, tanımlar, bulur ve analiz eder. Çin kaynaklarına göre<sup>21</sup> bu pasif podlar önceki tiplerden daha ağır ve daha büyüktür. 0,05-20 GHz frekans aralığını kapsayan 100 kilowattlık (kW) bir güç seviyesinin 150 kilometreden fazla bir menzil verdiği iddia edilmektedir. Donanma versiyonu J-15SD'nin ABD Donanmasının EA-18G'sine benzer şekilde havadan EH kabiliyeti sağlamak için Liaoning (Tip 001) ve Shandong (Tip 002) uçak gemilerinde çalışması beklenmektedir. J-16D ve J-15SD'nin her ikisi de 5. nesil J-20 premium çok amaçlı uçaklarla birlikte Çin'in jet tabanlı EH kapasitesinin bel kemiği olacaktır.

Yer tabanlı sistemlerde Çinli şirketler basit VHF/UHF bant karıştırıcılardan daha gelişmiş radar karıştırıcılara kadar iç ve dış pazarlar için bir dizi EH sistemi sunmaktadır. Yeni nesil sistemlerden biri savaş alanında geniş frekanslı elektronik sinyal istihbaratı ve sıkışma kabiliyeti gerçekleştiren kamyonu monte CHL-903 ED/EA sistemidir. Bu sistem Cezayir'e ihraç edilmiştir.

Deniz tarafında Çin'in yeni Tip 52D ve Tip 55 muhripleri ve kruvazörleri gelişmiş ED/ECM sistemleriyle entegre edilmiştir. Bu sistemlerin detayları kamuya açıklanmamış ancak her iki gemi sınıfı da sırasıyla direğe monte edilmiş Tip 346A ve Tip 346B S bandı AESA radarlarını kullanmaktadır. Tip 346B, Tip 346A modelinin (Tip 52D muhriplerde kullanılan) yükseltilmiş bir versiyonudur. Daha az soğutma gereksinimi olan ve daha uzun menzilli galyum nitrür (GaN) teknolojisini kullandığı belirtilmektedir. Tip 346B'nin yetenekleri halka açıklanmamış olsa da ABD Donanmasının birkaç on yıllık SPS-1 PESA radarlarının yerini alacak olan yeni SPS-6 AESA radarına benzer olduğu tahmin edilebilir. Tip 346B'nin diyafram açıklığı boyutu (AESA antenin boyutu) göz önüne alındığında gerektiğinde düşman radarlarını sıkıştırmak için de kullanılabilirliği mümkündür.

Beklendiği gibi Çin hem bilgisayar ağı saldırısı (CNA) hem de EH yoluyla siber saldırı misyonunu birleştiren "entegre ağ elektronik savaşı" (*integrated network electronic warfare*, INEW) adı verilen "bilgi savaşı" (*information warfare*, IW)<sup>22</sup>

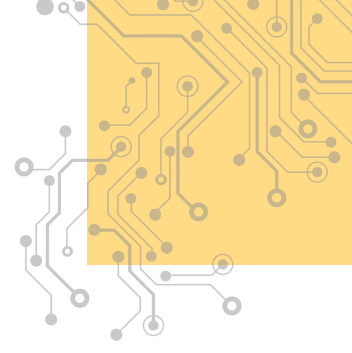
21 "China Shows off New Military Gear in Zhuhai", ANI News, 5 Ekim 2021, www.aninews.in/news/world/asia/china-shows-off-new-military-gear-in-zhuhai20211005090327, (Erişim tarihi: 9 Ağustos 2022).

22 Deepak Sharma, "Integrated Network Electronic Warfare: China's New Concept of Information Warfare", *Journal of Defence Studies*, Cilt: 4, Sayı: 2, (2010).

stratejisini benimsemiştir. Çin'in siber saldırı stratejisi muhalif tarafların savaş yeteneklerinin azaltılması için kinetik olmayan bir saldırı aracı olarak kabul ediliyor. Bu saldırılar sadece askeri komuta kontrol ağlarına değil aynı zamanda enerji dağıtım merkezleri, finans kurumları ve silah sistemi üretim fabrikaları gibi hedeflere de yönlendirilebilir.

Genel olarak Çin'in mikroçip ve elektronik endüstrisindeki uzun vadeli yatırımları, yeni askeri AESA radarları ve EH sistemleri açısından askeri elektronik üretim kabiliyeti üzerindeki değerini göstermeye başlamıştır. Bu yüksek teknoloji çip ve yarı iletken üretim yeteneklerini bünyesindeki neredeyse sonsuz yazılım geliştirme altyapısıyla birleştiren Çin dünyanın en iyi EH sistem üreticilerinden biri olmayı sürdürecektir.





# Türkiye'nin EH Yetenekleri

Türkiye'nin kendine has bir askeri tehdit algısı bulunmakla birlikte askeri silah sistemlerinin operasyonel kullanımı ve üretiminde kendi kendine yeterli olması gerekmektedir. Türkiye bir NATO üyesi ve İttifak misyonlarının en aktif katılımcılarından biri olmasına rağmen çoğu zaman müttefiklerinden bazı kritik teknolojileri satın alma veya direkt temin etme sorunlarıyla karşı karşıya gelmiştir. Kritik teknolojileri elde etmenin ve müttefik ülkelerden yaptırımlarla karşılaşmanın zorluklarına ek olarak Türkiye'nin coğrafi konumu ve komşu ülkelerle tarihsel rekabeti askeri operasyon konseptlerini geliştirmesinin yanı sıra EH, radar, güdümlü füzeler, elektro optik sistemler ve komuta kontrol sistemleri gibi bazı kritik teknolojilere yatırım yapmasını da zorunlu hale getirmektedir.

Türkiye'nin askeri elektronik sistem geliştirme ve üretim çabaları 1974'te Kıbrıs Barış Harekatı nedeniyle Türk Silahlı Kuvvetlerine (TSK) Amerikan yaptırımlarının uygulanmasından hemen sonra hız kazanmıştır. 1976'da Türk savunma elektroniği şirketi ASELSAN'ın kurulması Türkiye'nin daha sonraki yıllarda askeri haberleşme, radar, komuta kontrol sistemleri ve EH teknolojilerinde kendi kendine yeterli hale gelmesi için önemli bir adım olmuştur.

ASELSAN yıllar geçtikçe Türk Kara, Hava ve Deniz kuvvetlerinin yanı sıra Türk Polis Teşkilatı veya Milli İstihbarat Teşkilatı gibi iç güvenlik güçleri için her türlü haberleşme ve çeşitli teknolojik seviyelerdeki EH sistemlerinin ana tedarikçisi olmuştur. ASELSAN tarafından yerli olarak geliştirilen EH sistemleri zaman içerisinde diğer dost ve müttefik ülkelere de ihraç edilmiştir.

Türk savunma sanayiinin EH sistemleri portföyü basit bir UHF/VHF yön bulucu/*jammer*dan, AESA ve DRFM teknolojileri de dahil olmak üzere modern elektromanyetik sinyal algılama ve EH/karıştırma tekniklerini içeren en sofistike ED/SIGINT/ELINT ve EA/ECM sistemlerine kadar uzanmaktadır.

## Türk Savunma Sanayiinin EH Üretim Yeteneklerine Genel Bakış

### *Türk Deniz Kuvvetlerinin EH Sistemleri*

ASELSAN tarafından üretilen ARES-2N<sup>23</sup> adlı deniz platformu ED sistemi, ilk ADA sınıfı korvet TCG Heybeliada'da Türk Deniz Kuvvetlerinin hizmetine giren ilk ED sistemidir. ARES ismi "ASELSAN radar ED sistemi"nin kısaltmasından gelmektedir. Sistem algılama, tanımlama, sınıflandırma, izleme, yön bulma, coğrafi konum, sesli uyarı, sinyal yayan platformla ilgili parametreleri tespit özelliklerine sahiptir. 2-18 GHz frekans aralığında çalışan ARES-2N yüksek sinyal işleme hızı sayesinde geniş bant *monopulse* yön bulma tekniklerini kullanır ve geniş bir frekans aralığındaki radar tehditlerini algılayabilir. Sistem hassas parametre ölçümüne ve benzersiz tanımlama yeteneklerine sahip olmakla birlikte tespit edilen radar sinyallerini (*emitter*) otomatik olarak izleyebilir ve konumlarını belirleyebilir. Geniş bant özelliği sayesinde ARES-2N'nin radar sinyali tespit edilme olasılığının çok yüksek olduğu iddia edilmektedir. Yüksek işlem hızı ve hassasiyet seviyesi ise düşük çıkış gücüne sahip radarların uzak mesafelerde tespit edilebilmelerini sağlamaktadır. Ayrıca ARES-2N'nin geniş bant seçiciliği nedeniyle geniş frekans bant sistemlerinin maruz kaldığı duyarsızlaştırma olmadan CW veya *pulse doppler* sinyallerin tehdidi altında çalışabildiği bildirilmektedir.

ISTIF sınıfı fırkateyn TCG İstanbul ve LHD Anadolu da güncellenmiş ARES-2N(V)2 radar ED ile donatılmaktadır. Ayrıca BARBAROS sınıfı fırkateynler de yarı ömür modernizasyonu (YOM) programları sırasında ARES-2N(V)2 konfigürasyonuna yükseltilecektir. 2-18 GHz frekans aralığında çalışan ARES-2N sisteminin aksine ARES-2N(V)2, 2-40 GHz frekanslarını kapsayabilir ve ayrıca 0,5-2 GHz'i kapsayacak şekilde çalışma aralığı genişletilebilir. Aynı zamanda anlık bant genişliğini ve alıcı parametrelerini iyileştiren yeni nesil gelişmiş almaçlara sahiptir. Frekans kapsama alanını genişletmek için BARBAROS sınıfı fırkateynin direğine bir çift dijital alıcı (RX) anteni entegre edilecektir (AREAS-2NC R-EA'nın TX antenlerinin hemen üstünde yer alacaktır).

ASELSAN'a göre ARES-2N(V)2 radar ED, LPI yayıcılarının tespitine, yüksek POI'ye, düşük yanlış alarm olasılığına ve çok yüksek yön bulma doğruluğuna sahip olacaktır.<sup>24</sup>

23 İbrahim Sünnetci, "Naval Electronic Warfare Systems @ Turkish Naval Forces", *Defence Turkey*, Sayı: 110, (Ekim 2021).

24 Sünnetci, "Naval Electronic Warfare Systems @ Turkish Naval Forces".

Bu arada ISTIF sınıfı fırkateynler (sınıfının ilk gemisi 2023'te devreye alınacak) AREAS-2NC radar EA/ECM sistemi ve bir çift alt bant ve yüksek bantlı TX anteni (karıştırma/yönlendirilebilir verici üniteleri) ile entegre edilecektir.

ASELSAN, Türk Deniz Kuvvetlerinin denizaltılarında kullanılacak radar elektronik destek ölçüm sisteminin gereksinimlerini karşılamak üzere ARES-2SC ED sistemini de geliştirmiştir. İlk aşamada sistem 2013'te iki AY sınıfı (Tip 209/1200) denizaltıya (TCG Doğanay ve TCG Dolunay) entegre edilmiş ve REİS sınıfı Tip 214TN denizaltılar için sistemin ARES-2NS modeli seçilmiştir. ARES-2SC, LPI tipi algılama olasılığı düşük radarlarla birlikte 2-18 GHz bandında yayın yapan radar sistemlerine yönelik algılama, tanımlama, sınıflandırma ve görüntüleme (uygun formatta), otomatik ve manuel kayıt ve tekrar oynatma yetenekleri gibi işlevleri yerine getirir. 360 derece yatay azimut kapsama alanına sahip sistem yüksek basınca dayanıklı kompakt bir antene, yüksek teknoloji geniş bant dijital mikrodalga alıcılarına ve yüksek veri işleme kabiliyetine sahiptir. Akustik izini azaltmak için ARES-2SC'de MIL-STD-810F çevresel ve MIL-STD-461E elektromanyetik indüksiyon/elektromanyetik uyumluluk (EMI/EMC) standartlarını karşılayan bir sıvı soğutma sistemi kullanılmaktadır. Basınca dayanıklı kompakt anten yapılarıyla yüksek teknolojili geniş bant dijital mikrodalga alıcı ve sofistike tasarım, ARES-2SC'nin ED görevlerini kısa bir reaksiyon süresi içinde güvenilir ve başarılı bir şekilde gerçekleştirmesini sağlar.

AY sınıfı denizaltılar için tek balkonlu kompakt anten ve geniş bant mikrodalga alıcı yapısına sahip ARES-2SC ve Tip 214TN REİS sınıfı denizaltılar için ikiz balkonlu anten yapısına sahip ARES-2NS radar ED sistemleri şu anda mevcut iken tek balkonlu kompakt anten yapısına sahip ve FPB'ler için hem radar uyarısı hem de ED antenlerini birleştiren ARES-2NCL ED sistemi (2-18 GHz) de geliştirilmiştir. ASELSAN ayrıca Pakistan Deniz Kuvvetlerine "ARES-2NCL Extended" radar elektronik destek (RESM) sistemleri ihraç etmiştir. Bu sistemlerin Pakistan Donanmasının envanterindeki iki platforma monte edilecekleri/edildikleri düşünülmektedir. Ayrıca ASELSAN projenin ana yüklenicisi STM tarafından yürütülen Pakistan Deniz Kuvvetleri Agosta 90B MLU Projesi kapsamında ARES-2SC/P RESM sistemini de teslim etmektedir.

Kara uygulaması için ASELSAN'ın ARES-2 serisi RESM sistemi Türkiye'nin çevre denizlerdeki çıkarlarının korunmasında kritik rol oynayan Deniz Kuvvetleri Komutanlığı (TNFC) Uzun Ufuklu Deniz Gözetleme Sistemi'ne entegre edilecektir. Projenin Faz-I kapsamında Ege Denizi'nde devreye alınan Uzun Ufuk Sistemi daha sonra iki adet ilave Suricate Mk2 yüzey ve hava/kıyı gözetleme radarı ile

Doğu Akdeniz'i kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Uzun Ufuk Sistemi kapsamında tedarik edilen toplam beş adet Suricate Mk2 radarı da Gökçeada, Bozdağ, Kuşadası, Kaş ve Kantara'da (Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti) kurulan ilgili sahalarda konuşlandırılmıştır. Ayrıca Thales'ten üç adet DR3000S RESM sistemi Faz-I kapsamında tedarik edilmiştir.

Türk Deniz Kuvvetlerine aktif elektronik karıştırma kabiliyeti sağlamak amacıyla çok dar ışın formatında (*pencil beam*) RF enerjisi (elektronik saldırı dalga formu) üretebilen AESA dizilerine sahip son teknoloji ürünü AREAS-2N radar EA/ECM sistemi ASELSAN tarafından geliştirilmiştir. Bu sistem RF dalgalarını mikro saniyeler içinde hareket ettirip yönlendirebildiği ve aynı anda birden fazla RF dalgası çıkarabildiğinden AREAS-2N aynı anda birden fazla hedef/tehdit ile angaje olabilir.

ASELSAN'a göre AREAS-2C radar EA sistemi 8-18 GHz frekanslarını kapsar (ancak farklı frekans bantlarına genişletilebilir) ve hem tutarlı (*coherent*) hem de tutarsız (*non-coherent*) karıştırma tekniklerini uygulayabilir. Ayrıca Scorpion II radar EA sistemi ile benzer ve hatta daha iyi yeteneklere sahip olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle iki bağımsız karıştırma antenine/yönlendirilebilir RF verici ünitesine sahip olan ve DRFM teknolojisini kullanan AREAS-2NC'nin on altı eş zamanlı RF vericisine kadar karıştırdığı iddia edilmektedir.

Amfibi saldırı gemisi LHD ANADOLU, ASELSAN'ın AREAS-2N(V)2 ED ve yeni nesil AREAS-2N radar EA/ECM sistemlerini içeren kapsamlı entegre ED ve ECM paketi ile donatılacaktır. Hem geniş hem de dar bantlı dijital alıcıları, DRFM (dijital radyo frekansı belleği, özellikle modern *coherent* tehditler için) teknolojisini ve katı hal güç amplifikatörlerine sahip olan AREAS-2N'nin toplam dört AESA anteni (her biri 90 derecelik bir görüş alanını kapsar ve 1.000'den fazla T/R modülü içerir) içerecektir. Bunlardan ikisi iskele ve kalan ikisi ise gemilerin sancak tarafında konuşlandırılacaktır. Dinamik bir tehdit ortamında aldatıcı (*deceptive*) ve gürültü (*noise*) karıştırma tekniklerine olanak tanıyan yönlü RF radyasyon özelliği sayesinde AREAS-2N radar EA/ECM sistemi otuz iki adede kadar tehdidi karıştırabilir/aldatabilir.

TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü tarafından geliştirilen MAM-TFDLS<sup>25</sup> yaklaşan RF güdümlü füzeleri yanıltabilecek ve güdüm sistemlerini karıştırabilecek gemiye konuşlandırılmış bir füzesavar amaçlı yüzer aldatma sistemidir. Gemideki diğer aktif ve pasif EH sistemleri ve diğer kinetik etkili hava savunma sistemleri

25 "TUBİTAK MAM at IDEF", TÜBİTAK MAM, 24 Ağustos 2021, <https://mam.tubitak.gov.tr/en/haber/tubitak-mam-idef>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

ile birlikte entegre kullanılan bir sistemdir. Bir çeşit yüzer tuzak olarak tanımlanabilecek MAM-TFDL sistemi özellikle deniz elektronik savaş konseptinin bir parçası olarak, ECM'nin bir parçası olarak, RF tabanlı tehditlere (radar güdümlü füzeler, gözetleme veya atış kontrol radarları vb.) karşı pasif savunma sistemleri olarak kullanılır.

Türk Deniz Kuvvetlerinin en gizli projelerinden biri Kasım 2021'de göreve başlayan ve Ocak 2022'de hizmete giren TCG UFUK gemisi Türk Deniz Kuvvetlerine *stand-off* ED/SIGINT ve muhtemelen EA/ECM yetenekleri sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. TCG UFUK gemisinde kullanılan EH sistemleri hakkında çok fazla teknik bilgi açıklanmamış olsa da başta ASELSAN olmak üzere Türk savunma sanayiinin mevcut tüm EH kabiliyetlerinin gemiye dahil edildiği tahmin edilebilir. TCG UFUK gemisinin devreye alınmasıyla Türk Deniz Kuvvetleri Türkiye'nin kıyı şeridindeki savaş gemisi faaliyetlerini izleyebilir ve düşman savaş gemileri tarafından uzun mesafelerden yayılan RF sinyallerini (iletişim amaçlı ve uzun menzilli radar bantları dahil) toplayabilir. TCG UFUK'un, geminin muharebe yönetim sistemi ile entegre ASELSAN'ın ARES-2 ED/EA sistemlerinin gelişmiş (ve aynı zamanda güçlü) versiyonlarına sahip olduğu öngörülebilir.

Türk Deniz Kuvvetlerinin fütüristik projelerinden biri de ihtiyaç kapsamında METEKSAN Savunma ve ALTINAY firmalarının yürüttüğü NAZAR Projesi'dir.<sup>26</sup> NAZAR temel olarak düşman elektro optik ve kızılötesi sensörlerini karıştırmak veya engellemek için bir lazer ışını yansıtarak kör etmek için tasarlanmış düşük güçlü (güç gereksinimi 10kW'tan az) bir lazer sistemi kullanan yönlendirilmiş kızılötesi karşı önlem (DIRCM veya lazer elektronik saldırı) sistemidir. NAZAR deniz sisteminin TF-2000 muhriplerinde kullanılması planlanıyordu. Üretim tamamlandıktan sonra bu sistemin test amaçlı LHD Anadolu gemisi üzerine kurulması bekleniyor. Daha hafif bir sürümü ise birkaç dalga boyunda çalışacak lazer (müşteri kararına bağlı olarak) ve daha hafif olacak, böylece hücum botlar, korvetler veya fırkateynler gibi daha küçük yüzey platformlarına kurulabilecektir. Mevcut CIWS'ye kıyasla daha uzun angajman menzili sayesinde NAZAR sistemi İHA veya seyir füzelerinin salvo veya sürü saldırı senaryolarında da etkili bir şekilde kullanılabilir. Art arda gelerek birden fazla tehditle hızlı bir şekilde başa çıkabilecek ve ilk tehdidi lazer ışınıyla kör ettikten sonra ikincisine hemen angaje olabilecektir.

---

26 "NAZAR Projenin Başından İtibaren TF-2000 için Uygun Bir Elektronik Karşı Tedbir Sistemi Olarak Düşünüldü!", *Defence Turkey*, Sayı: 110, (Ekim 2021).

### ***Türk Hava Kuvvetlerinin EH Sistemleri***

Türk Hava Kuvvetleri E-7T AEW, CN235M SIGINT/ELINT ve C160D MILKAR gibi birçok özel görev uçağını da işletmektedir. Bu uçaklar özel EH sistemleri, sinyal istihbarat donanım ve podlarıyla donatılmıştır.

Türk Hava Kuvvetleri 2015-2017 arasında 4 Boeing E-7T AEW platformunu teslim almıştır. E-7T, Northrop'un MESA L-bandı AESA radarını çalıştırabilir ve Elta'nın ESM/ELINT sistemi ile entegre edilmiştir. L-bandı AESA radarı savaş uçaklarına karşı 400 kilometre+ algılama menzili sağlarken ESM/ELINT sistemi RF yayıcılarını uzun mesafelerden algılayabilir, sınıflandırabilir ve coğrafi olarak konumlandırılabilir. Bu kabiliyeti ile Türk Hava Kuvvetleri hava hedeflerini, savaş gemilerini ve kara konuşlu hava savunma sistemlerini uzun mesafelerden aktif veya pasif olarak tespit edebilir. E-7T bu sinyal istihbarat bilgilerini Link-16 gibi kriptolu veri bağlantıları aracılığıyla ortak komuta merkezleri ve yakındaki uçaklarla otomatik olarak paylaşabilir.

Türk Hava Kuvvetleri ayrıca ASELSAN yapımı MİLSİS-II sinyal istihbarat podlarıyla donatılmış en az 3 CN-235 ELINT/SIGINT (Gören-1 olarak adlandırılan) özel görev uçağı işletmektedir. CN-235 ELINT/SIGINT uçakları iletişim veya radar frekans sinyallerini toplamak için savaş alanının veya düşmanın konuşlandığı bölgenin yakınında uçarak elde ettiği sinyal istihbarat bilgilerini savaş alanındaki türlerine ve rollerine göre sınıflandırır. Sinyal bilgileri daha sonra analiz edilir ve sonra kullanılmak üzere şifresi çözülür. Örneğin bir düşman savaş alanına yeni bir radar türü getirdiyse Gören-1 uçağı bu yeni radarın RF sinyalini ve operasyonel modlarını tespit edebilir. Akabinde bu bilgiler karıştırma veya aldatma amaçlı karşı önlem algoritmaları geliştirmek ve dost uçakların EH sistemlerinin tehdit kütüphanesini güncellemek için kullanılır.

Türk Hava Kuvvetlerinin C-160 MILKAR-2U EA/ECM uçağı düşman kuvvetlerinin erken uyarı veya hava savunma radarlarını karıştırarak hava operasyonlarını destekler. Bu yetenekle Türk Hava Kuvvetleri düşman hava savunma radarlarının etkili menzillerini azaltabilir, çalışmasını bozabilir veya dost uçakların kara konuşlu hava savunma sistemleri tarafından yakalanma olasılığını azaltabilir. Yakın gelecekte C-160 MILKAR-2U EH platformlarının yerini Bombardier firmasının G6000 iş jeti üzerinden şekillendirilecek menzil dışı EH ve karıştırma (*stand off jamming air craft, SOJ*) uçakları alacaktır.

Taktik muharip hava gücü düzeyinde Türk Hava Kuvvetlerinin F-16 ve F-4E/2020 savaş uçakları öz savunma amaçlı EH sistemleri ile entegre edilmiştir. Tüm Block-30/40 F-16'lar (Peace Onyx-I projesi kapsamında) radar ikaz ve karıştırma

amaçlı radar uyarı sistemi, elektronik karıştırma ve *chaff/flare* karşı tedbir dağıtıcılarından oluşan tam donanımlı ALQ-178V3 EH sistemleri uçak gövdesi içine dahili olarak entegre edilmiştir. 60+ F-16C Block-50'ler (Peace Oynx-II projesi kapsamında) daha yakın zamanda düşük bant karıştırma ve DRFM yetenekleriyle daha gelişmiş ALQ-178V5+ ile entegre edilmiştir. Son 30 F-16 Block-50+ (Peace Oynx-IV projesi kapsamında) Harris ALQ-211 V4 dahili EH sistemleriyle monte edilmiştir. Türk Hava Kuvvetleri ayrıca F-16 D (çift pilotlu) versiyonlarının tasarımı gereği sınırlı olan iç gövde hacimleri nedeniyle herhangi bir dahili EH sistemleriyle donatılmıştır. Bu nedenle F-16D'lere EH kabiliyeti kazandırmak için 21+19 Harris firması ürünü ALQ-211 V9 EH podları satın almaya karar vermiştir. Dahili olarak monte edilmiş EH sistemlerinin çoğu EH donanımını, LRU'ları, kablo demetlerini, antenleri vb. kurmak için uçak gövdesi içinde yeterli alan gerektirir. Bir ek not olarak F-16D'ler tek koltuklu bir F-16C'ye kıyasla yüzde 13 daha az dahili yakıt kapasitesine sahiptir çünkü uçak gövdesindeki ikinci koltuk nedeniyle gövde iç hacmi daha düşüktür; ilave aviyonik ve donanım entegrasyonu için yer yoktur. ABD'den ALQ-211 V9 kapsüllerinin satın alınmasıyla F-16D'ler artık Escort, CAP veya BARCAP gibi ön cephe görevlerinde kullanılabilir.

Türk F-4E/2020, ALQ-178 V3 RWR paketleriyle (F-16'lar ALQ-178V3'e benzer) çalışıyor ancak EA/ECM kapasitesi 2000'lerin başında F-4E Phantom modernizasyonu sırasında Elta EL/L-82225 ECM podlarıyla desteklenmiştir. Türk Hava Kuvvetleri ayrıca EL/L-8225 podlarının yazılım güncellemesi ve tehdit kütüphanesi yenilenmesi kabiliyetini de kazanmıştır.

ABD ve İsrail kaynaklı ALQ-211V9 ve EL/L-8225 EH podlarının desteklenmesi veya gelecekte değiştirilmesi amacıyla Türk Hava Kuvvetleri envanterinde yer alan taktik uçaklar için EHPOD<sup>27</sup> (EH podu) projesi başlatılmış ve test faaliyetlerinin son aşamalarında olduğu düşünülmektedir. EHPOD projesi dahili DRFM teknolojisi ile akıllı karıştırma yeteneğine sahip yeni nesil bir elektronik karıştırma sistemidir. F-16'nın gövde altındaki merkez istasyona takılan 300 galonluk yakıt tankının dış geometrisini kullanmaktadır. Bu pod RF yayınlarını analiz etme, coğrafi konumlandırma, DRFM karıştırma, aldatma ve gürültü (*noise*) karıştırma yeteneklerini gerçekleştirecektir. Geniş bantlı, dar ve geniş bantlı RWR (radar ikaz alıcısı) frekans bandı kapsama alanı, yüksek hassasiyetli coğrafi konum özelliği, DRFM tabanlı geniş sinyal karıştırması ve aldatma/gürültü karıştırma kabiliyeti ile Türk Hava Kuvvetleri tarafından belirlenen tasarım kriterlerine göre optimize

27 İbrahim Sünnetci, "Status Report: EHPOD & EDPOD Projects EHPOD Project", *Defence Turkey*, Sayı: 99, (Haziran 2020).

edilmiştir. Yüksek RF güç çıkışı, çoklu bağlantı kabiliyeti ve yüksek performanslı ısıtma/soğutma sistemi (çevresel kontrol sistemi [ECS]), sistemin Türk Hava Kuvvetlerinin gereksinimlerine göre tüm uçuş zarflarında çalışmasını sağlar.

Beklendiği üzere Türk Hava Kuvvetleri sahip olduğu tüm taktik savaş uçakları için kendini koruma EH sistemlerine sahip olmak için büyük yatırımlar yapmıştır. En önemlisi Türk Hava Kuvvetleri bu bahsedilen yabancı menşeli kendini koruma sistemlerinin tehdit kütüphanesini yükseltme yeteneği elde etmiştir. Savaş alanına yeni bir RF tehdidi girdiğinde Türkiye'nin ELINT/SIGINT platformları bu yeni RF yayıcıların EM sinyallerini algılayabilir ve sistemleriyle birlikte operasyonel modlarını sınıflandırmak için şifrelerini çözebilir. Gerekliğinde savaş uçaklarına entegre edilmeden önce yeni karıştırma algoritmaları geliştirilebilir ve test edilebilir.

Türk Hava Kuvvetlerinin en ilginç ve güçlü EH sistemlerinden biri Türkiye'nin EH güç merkezi olan ASELSAN tarafından tasarlanan ve üretilen kara konuşlu geniş frekans spektrumlu bir radar EH sistemi olan KORAL<sup>28</sup> kabul edilmektedir. İlk kez 2015'te faaliyete geçen sistem Suriye'de Rus S-400, Pantsir, TOR ve çeşitli Suriye hava savunma sistemleri de dahil olmak üzere çok farklı kabiliyetlerdeki hava savunma sistemlerine karşı ilk tecrübesini edinmiştir. Sistemin mimarisi Türk Hava Kuvvetlerinin operasyonel ihtiyaçlarına dayanmaktadır. KORAL sistemi her biri elektronik destek (ES sistemi) ve geniş frekans bantlarını kapsayacak şekilde çok bantlı bir elektronik saldırı sistemi taşıyan iki adet 8x8 askeri kamyondan oluşur. Açık kaynaklara göre KORAL çok bantlı elektronik destek ve saldırı görevlerini yerine getirmek için *phased array* veya faz dizimli anten yapısı kullanıyor. Sistem ayrıca RF tehdit sinyallerini dijital olarak kopyalayıp hedeften dönen gerçek radar ekosunu değiştirerek elektronik olarak oluşturulan sahte sinyalleri orijinal radar kaynağına yeniden iletebilen en son DRFM teknolojisini kullanır. Bu şekilde tehdit radarı yanlış/sahte hedefleme bilgileriyle aldatılır ve hava savunma sistemlerinin atış kontrol amaçlı füze güdümlenmesi başarısız olur veya gerçek hedefleri izleyemez. Yine açık kaynaklara göre KORAL sisteminin tehdit radarlarına karşı 150-200 kilometre menzile kadar elektronik saldırılar gerçekleştirebiliyor.<sup>29</sup>

Türk Hava Kuvvetleri geniş frekanslarda çalışabilir güçlü bir EH sistemine sahip olmak için 2023'ün son çeyreğinde teslim edilmesi beklenen dört adet SOJ (*stand-*

28 Feridun Taşdan, "TURKISH EW SYSTEMS - The Unseen Force Behind Recent Turkish Drone Successes", *Defence Turkey*, Sayı: 106, (Mayıs 2021).

29 "Koral System to Paralyze the Hostile Radar", *Defence Turkey*, Sayı: 67, (Nisan 2016).

*off jammer*) uçağı (Bombardier'in G6000 iş jeti temelli) teslim alma sürecinde olacaktır. ASELSAN projenin ana yüklenici firması olup TUSAŞ (Türk Havacılık ve Uzay Sanayii) ise ASELSAN'ın yardımıyla G6000 uçağındaki görev sistemlerini geliştirip entegrasyonunu sağlayacaktır. SOJ, düşmanın iletişim/haberleşme ve radar sistemlerinin (kara, deniz veya hava alanlarında) tanımlanmasını, konumlarının doğru bir şekilde coğrafi olarak belirlenmesi ve onların *stand-off* menzillerinden karıştırmasını/bozmasını/aldatılmasını sağlayacaktır. SOJ kabiliyeti ile Türk Hava Kuvvetleri savaş uçakları ve diğer destekleyici uçaklar operasyonlarını düşman hava savunmasına daha yakın bir yerde yürütebilecek veya silahlarını SOJ uçağının EH koruması altında daha doğru bir şekilde kullanabilecektir.

SOJ'un yetenekleri hakkındaki bilgiler gizli tutulmakta ancak sistemin güçlü GaN yapımı AESA antenleri ile EHPOD ve KORAL sistemlerine benzer DRFM teknikleri de dahil olmak üzere çok sayıda yeni teknoloji EH yeteneğine sahip olacağı tahmin edilmektedir. SOJ sistemlerine entegre edilecek gerekli donanım ve yazılım sistemlerinin tamamı yerli Türk savunma şirketleri tarafından geliştirilerek üretilenlerdir. Sözleşme kapsamında tedarik edilecek G6000 uçağının modifikasyon ve belgelendirme süreçlerinin (SOJ modifikasyonları sonrası) TUSAŞ ve diğer yerel firmalar tarafından Türkiye'de yürütülmesi hedeflenmektedir.

Avrupa'nın EWTR/EHTES adı verilen en büyük EH test ve eğitim sahalarından biri HAVELSAN tarafından Konya'da inşa edilmiştir. Saha, belirli radar bantlarını simüle etmek için çok çeşitli gerçek hava savunma tehditleri veya RF emülatörleri içerir. Sahadaki hava savunma sistemleri (HSS) arasında SA-6 Gainful/Straight Flush radar, SA-8 Gecko, SA-10B Grumble, SA-11A/B Gadfly, SA-15 Gauntlet/TOR, SA-19 Tunguska, D7 Super Fledermaus radarı, ZSU-23/4 Shilka, Skyguard/Sparrow, Rapier Mk2B ve I-HAWK sistemleri bulunmaktadır. Tüm bu HSS'ler HAVELSAN tarafından bir bütünlük içinde instrümente edilmiş (füzelerin gerçek ateşlenmesi yoktur) ve radar angajmanları operatörler tarafından kontrol edilmektedir.

Hava harp eğitim uçuşlarının angajman aşamasında EHTES sistemindeki HSS tehdit radarları tatbikata katılan savaş uçaklarına gerçek savaş şartlarındaki gibi angajmana girer. Bu arada eğitim uçakları EH sistemlerinde bulunan karıştırma veya aldatma tekniklerini uygulayarak tehditleri ortadan kaldırmak için EH sistemlerini kullanır. EHTES sahasındaki angajmanların sonuçları kaydedilir ve sonra analiz edilerek katılımcı pilotlara açıklanır. Tüm radar izleme ve EH sistemlerinin karıştırma verileri HSS'lerin tehdit radarlarına karşı angajmanlar sırasında kullanılan EH taktiklerinin başarılı olup olmadığını belirlemek için değerlendirilir. Böylece EWTR/EHTES sistemi görevlerinin başarılı veya başarısız olması durumunda pilotlara gerçek zamanlı olarak yardımcı olur. EWTR/EHTES yeteneği aynı zamanda yakın

savaş koşullarında çok çeşitli hava savunma sistemlerine karşı ulusal bir RF tehdit veri tabanı/ECM karıştırma kütüphanesinin geliştirilmesine yardımcı olur.

Türk Hava Kuvvetlerinin EHTES EH eğitim yeteneği NATO üyeleri ve diğer dost ülkeler arasında da oldukça popülerdir. Anadolu Kartalı Tatbikatı yılda birkaç kez Konya’da gerçekleşir ve davet edilen ülkeler EH sistemlerini kontrol etmek ve pilotlarını eğitmek için HSS’lere karşı EWTR/EHTES sahasında uçmak da dahil olmak üzere önceden belirlenmiş senaryolarda uçaklarını/mürettebatlarını hava harp eğitimi almaya getirir. Bu eğitim EH donanım ve yazılımı için yeni güncellemelerin geliştirilmesi için de gereklidir.

### ***Türk Kara Kuvvetlerinin EH Sistemleri***

Konu EH sistemleri olduğunda kara kuvvetlerinin yürüttüğü savaş doktrini ve tank, top veya saldırı helikopterleri gibi platformları kullanması sebebiyle bu sistemleri hava ve deniz kuvvetleri kadar yoğun kullanmayacağı düşünülebilir. Bununla birlikte Türk Kara Kuvvetleri sofistike EH sistemlerinin muharebe sahasında kullanımına özel ilgi göstermiştir. Aslında karada konuşlu Türk EH sistemleri dünya çapında az bilinen askeri donanımlardan sayılır ve aynı zamanda daha çok TSK’nın operasyonel ihtiyaç ve konseptlerine özgü geliştirilmiştir. Dahası ABD de dahil olmak üzere NATO’ya üye hiçbir ülke 1990’lardan ve hatta daha öncesinden beri karada konuşlu EH yeteneği kazanmaya özel önem veren Türk Kara Kuvvetleri tarafından işletilen kapsamlı bir kara konuşlu EH envanterine sahip değildir.<sup>30</sup>

TSK 1990’lar ve 2000’ler boyunca ülkenin güneydoğusunda PKK adı verilen ayrılıkçı terör örgütüne karşı asimetrik bir savaş yürütmektedir. Terörle mücadele operasyonları sırasında TSK, Suriye ve Irak sınırlarına yakın Irak’ın kuzeyindeki veya Türkiye’nin güneydoğusundaki PKK unsurları arasındaki iletişimi dinlemek için milli olarak geliştirilen birkaç farklı VHF/UHF sinyal kestirme ve dinleme ile diğer ELINT sistemlerini kullanmıştır. PKK’nın telsiz yayın pozisyonlarını bulma ve iletişimlerini dinleme yeteneği TSK’nın bu terör örgütünün hamleleri hakkında önemli istihbarat elde etmesine ve bölgede faaliyet gösteren TSK mevzilerine veya askerlerine yönelik olası saldırıları engellemesine yardımcı olmuştur.

2010’un sonlarına doğru terörist gruplara karşı yürütülen asimetrik savaşta yeni nesil bir tehdit ortaya çıkmıştır. Bu tehdide el yapımı patlayıcılar (EYP)<sup>31</sup> adı ve-

30 Taşdan, “TURKISH EW SYSTEMS - The Unseen Force Behind Recent Turkish Drone Successes”.

31 “Improvised Explosive Devices”, NATO, 12 Aralık 2018, [https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics\\_72809.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_72809.htm), (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

rilmekte olup esas olarak dünyadaki terör örgütleri tarafından asker ve sivilleri hedef almak için kullanılan konvansiyonel olmayan bir patlayıcı silahtır. EYP'lerin yapımında çoğunlukla TNT, askeri sınıf C4 tipi patlayıcılar veya bazen bir propan tüpünün içine yerleştirilmiş gübreler, daha eski bomba muhafazaları, metal borular veya arabalar vs. kullanılır. Çoğu EYP birkaç kilometre uzaktan patlatılabilen radyo kontrol silahlarıdır. Uzaktan kumandalı EYP'lere karşı koymak için TSK, Türk savunma sanayii tarafından üretilen EH çözümlerini hızla bünyesine katmıştır. EYP ile mücadele sistemleri artık sahadaki TSK birimlerinin standart donanımlarıdır.

Türk Kara Kuvvetlerinin tehdit radarlarına karşı tasarlanan ilk kapsamlı EH sistemine REDET adı verilmiştir. Sistemin ilk versiyonu 2002'de Türk Kara Kuvvetleri Komutanlığına girmiştir. Sistem, iki adet ED kamyonu (6x6) ve bir adet ECM kamyonundan (6x6) oluşur ve savaş alanında çalışan düşman radar sistemlerine karşı çiftler halinde çalışır. Açık kaynaklara göre sistem 0,4-40 GHz frekans bandında elektronik destek ve saldırı kabiliyetine sahiptir. REDET-I'in geliştirilmiş bir versiyonu olan REDET-II sisteminin en son versiyonu 2015'te sipariş edilmiş ve ilk sistemler 2019'da Türk Kara Kuvvetleri envanterine girmiştir.

REDET-II (Vural olarak adlandırılmıştır) Türk Hava Kuvvetleri tarafından işletilen KORAL sisteminde de kullanılan aktif faz dizinli *jammer*/verici antenleri ve aktif elektronik tarama diziler aracılığıyla RF sinyallerini yönlendirerek aynı anda birden fazla düşman radar tehdidine (örneğin topçu tespit radarlarına) karşı koyabilir. *Defence Turkey*'den İbrahim Sünnetci her iki sistemde de benzer teknolojiler kullanılmasına rağmen REDET-II ve KORAL sistemleri arasında çıkış gücü ve algılama/karıştırma menzili yetenekleri açısından farklılıklar olduğunu belirtmektedir.<sup>32</sup> KORAL, REDET-II sisteminden daha büyük ECM antenlerine ve çıkış gücüne sahiptir. Çünkü düşman radarlarını REDET'e göre daha uzun mesafelerden algılaması ve karıştırması istenmektedir. REDET-II, Türk Kara Kuvvetleri Komutanlığının hareket alanlarının yakınında konuşlandırılmak ve işletilmek üzere tasarlanmış olsa da KORAL'ın sistem mimarisi (güç ve radar bandı kapsamı) Türk Hava Kuvvetlerinin taktik ihtiyaçları doğrultusunda belirlendiğinden KORAL sisteminden yüzlerce kilometre uzakta bulunabilecek düşman erken uyarı ve izleme radarlarına karşı çıkış gücü ve geniş frekans bantları gerektirmiştir.

ASELSAN haberleşme sinyallerini algılaması ve karıştırması için ILGAR adı verilen MILKAR-3A3'ü geliştirerek üretmiştir. Sistem, ilgili sistem anten montajı ve

32 İbrahim Sünnetci, "Redet-II Project Deliveries Completed!", *Defence Turkey*, Sayı: 96, (Aralık 2019).

jeneratörleri olan iki ayrı 6x6 kamyondan oluşmaktadır. Sistem, savaş alanında bulunan UHF/VHF frekans bandı haberleşme sistemlerine karşı elektronik saldırı operasyonları için geliştirilmiştir. Sistem, UHF/VHF frekans bandını tamamen engelleyebilir veya savaş alanındaki düşman kuvvetlerine yanlış bilgi göndererek düşman iletişimini aldatabilir.

MILKAR-3 sistemine benzer şekilde ASELSAN'ın Sancak adı verilen MILKAR-4A2 sistemi biri elektronik destek ve diğeri de HF (yüksek frekans) bandına elektronik saldırı için olmak üzere iki ayrı kamyondan oluşuyor. Sistemler HF iletişimini kesebilir ve düşman kuvvetlerin uzun menzilli iletişimini karıştırabilir/bozabilir.

**Görsel 4. MILKAR-3A3 ILGAR**



Kaynak: ASELSAN

SAPAN adı verilen MILKAR-5A5 sistemi konvoyları ve diğer askeri yapıları EYP'ye karşı korumak için Türk Kara Kuvvetleri envanterine girmiştir. Kara Kuvvetleri Komutanlığının askeri konvoylarını EYP'lere ve uzaktan kontrol edilen uçaklara/ *dronelara* (el yapımı patlayıcılar veya radyo kontrollü *dronelara* gibi) karşı korumak için tasarlanmıştır. Sistem uzaktan kumandalı EYP'leri ve yakınlarda uçan *droneları* devre dışı bırakmak için geniş bir frekans kapsama alanına sahiptir.

ASELSAN'ın GERGEDAN RCEYC'lere (radyo kontrollü el yapımı patlayıcı cihazlar) karşı taşınabilir karıştırıcı sistemi; konvoyları, hareket halindeki VIP araçları ve statik altyapıyı (örneğin giriş kontrol noktaları, yüksek değerli varlıklar, kontrol noktaları ve tesisler gibi) RCEYC kullanımına karşı bu cihazlar ile tehditler arasındaki iletişimi engelleyerek korumak için tasarlanmıştır.<sup>33</sup>

*GörSEL 5. Kirpi MRAP Üzerinde MILKAR-5A5 SAPAN EYP Karıştırıcı*



Kaynak: ASELSAN

### **TSK'nın Suriye'deki Ortak Askeri Operasyonları**

TSK son yıllarda asimetrik/simetrik savaşlarda alışılmışın dışında İHA'ların kullanıldığı yeni bir savaşın ön saflarında yer almaktadır. TSK'nın Suriye'nin İdlib bölgesinde konuşlu Türk Kara Kuvvetleri mevzilerine saldıran Suriye güçlerine karşı koymak için düzenlediği Bahar Kalkanı Harekatı'na (Mart 2020) tanık olunmuştur. TSK bu hareket sırasında ağır kayıplar verdikleri Suriye güçlerine karşı operasyonlar yürütmek için büyük ölçüde başta Baykar'ın TB2 ve TUSAŞ'ın ANKA-S olmak üzere SiHA'ları ön saflarda kullanmıştır. Bahar Kalkanı Harekatı TSK'nın –Türk Hava ve Deniz kuvvetleri birimleri de dahil olmak üzere– tüm kuvvetleri tarafından ortaklaşa yönetil-

<sup>33</sup> "GERGEDAN, Portable RCIED Jammer System (Vehicle Type)", ASELSAN, <https://www.aselsan.com.tr/en/capabilities/electronic-warfare-systems/electronic-support-and-electronic-attack-systems/gergedan-portable-rcied-jammer-system-vehicle-type>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

miştir. Türk Hava Kuvvetlerinin F-16'ları ve AEW uçakları muharebe alanının üzerindeki hava sahasını Suriye uçaklarına kapatarak hava hakimiyeti sağlamıştır. Bazı durumlarda Türk Hava Kuvvetleri, İdlib bölgesinde faaliyet gösteren Türk İHA'larını durdurmaya çalışan en az üç Suriye savaş uçağını (2 Su-24 ve 1 L-39 Albatros) düşürmüştür. TSK'nın karada konuşlu EH sistemleri (REDET, KORAL, MILKAR 3 EH) ve Türk Hava Kuvvetlerinin CN-235 SIGINT özel görev uçakları da bu hareket sırasında ortak askeri operasyonları desteklemek için görev yapmıştır.

Hava hakimiyetinin kurulmasından sonra TB2 ve ANKA-S (özel SIGINT/ELINT yüküne sahip özel olarak yapılandırılmış ANKA-I dahil) serbestçe çalışarak bilgi toplama ve İdlib bölgesinde Suriye güçlerine karşı etkili hava-yer operasyonları yapmışlardır. Hava üstünlüğünü kaybetmesinden sonra Suriye güçleri İdlib üzerindeki hava sahasını TB2 ve ANKA-S dahil olmak üzere Türk Hava Kuvvetleri savaş uçaklarından korumak için SA-15 TOR, SA-22 Pantsir, SA-8 Gecko ve SA-10 Grumble (S-300) gibi hava savunma sistemlerini aktif olarak kullanmaya çalışmıştır. Hava devriyesi yapan Türk F16'ları ve diğer E-7T AEW ve KC-135R AAR (havadan yakıt ikmal uçakları) destek uçakları operasyonlar sırasında çatışma bölgesinin dışında emniyetli hava sahasında kalırken İdlib'in Türkiye sınırına yakınlığı (yaklaşık 35-40 kilometre civarında) sayesinde Türk birlikleri üzerindeki hava sahasının hakimiyetini güvenli bir şekilde kazanmasını kolaylaştırmıştır.

**Görsel 6.** ANKA-I UAS'nin ELINT/SIGINT Yükünü Kullanması



Kaynak: "Anka Gains SIGINT Capabilities", UAS Vision, 29 Mart 2018, <https://www.uasvision.com/2018/03/29/anka-gains-sigint-capabilities>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2022).

Türk TB2 ve ANKA-S'nin, kara operasyonları sırasında Türk komuta ve kontrol zincirine gerçek zamanlı ISR sağlamak için Suriye Hava Savunma Sistemi'nin etrafında çalışması gerekiyordu. Türkiye'nin İdlib sınır hatlarında da bulunan EH varlıkları, Suriye Hava Savunma Sistemi'nin faaliyetlerini sürekli olarak takip ederek operasyonel koşulları ve TSK ortak komuta merkezlerine coğrafi konumları hakkında gerçek zamanlı SIGINT/ELINT bilgileri sağladı. Bu bilgi İHA'ların uçuş planlamasında ve taktik kullanımında çok kritikti. Zira birçok Suriye Hava Savunma Sistemi'nin aktif olduğu ortamda TSK'nın İHA'larını muharebe alanında kullanması çok riskli olacaktı.

Yarbay Osman Aksu JAPCC (Müşterek Hava Gücü Yetkinlik Merkezi) dergisinde yakın zamanda yayımlanan bir makalesinde Suriye'nin İdlib kentindeki Bahar Kalkanı Harekatı sırasında hava sahasının tehdit yoğunluğunun yüksek olduğunu ve haberleşme/veri iletişimin büyük ölçüde kesintiye uğradığı belirtmiştir. Bu nedenle karar verici komutanların saldırı helikopterleri ve insanlı savaş uçakları kullanımı konusunda seçeneklerinin kısıtlı olduğunu ifade etmiştir. Aksu'ya göre İHA/SİHA operasyonları bu olumsuz koşullara rağmen kara birliklerine yakın hava desteği (CAS) sağlamak için acil bir öncelik olmuştur. En iyi seçenek ise yoğun EH desteği altında (özellikle yüksek GPS karıştırmasına karşı) ANKA-S ve TB2 İHA'ları ile operasyon alanına erişmek ve bölgedeki ELINT/SIGINT uçakları veya Türk Kara Kuvvetleri tarafından tespit edilen doğrulanmış ayrıntılı istihbarat bilgilerini kullanarak önceden belirlenmiş sabit veya dinamik hedefleri vurmak olmuştur.<sup>34</sup>

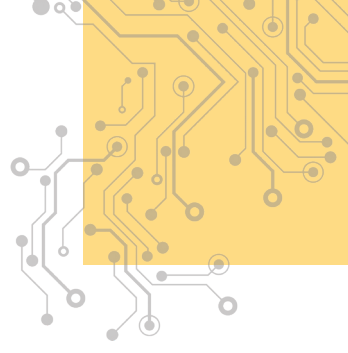
*Görsel 7. Koral EH Sisteminin (ED ve EA/ECM Araçları) Suriye Sınırına Yakın Konuşlandırılması*



Kaynak: "Elektronik Harp Sistemi KORAL Suriye Sınırında", *Star*, 19 Ocak 2018.

34 Osman Aksu, "Potential Game Changer for Close Air Support Enhancing UAS Role in Contested Environments", *JAPCC*, Sayı: 33, (Kış 2021).





# Mevcut Trendler: EH Sistemlerinin Dijital Evrimi

EH teknolojilerinde yeni gelişmelere tanık olurken bazı teknolojiler halihazırda savaş alanında kullanılmakta ve/veya test edilmektedir. Şu anda yeni nesil EH sistemlerinin tasarımı ve üretiminde tanıtılan çeşitli “anahtar” teknolojiler ve yetenekler bulunmaktadır. Söz konusu teknolojilerin yakın gelecekte standart olması da beklentiler dahilindedir. Dünyadaki çeşitli ülkelerdeki geliştirilen veya yeni kullanılmaya başlayan EH sistemleri ve kabiliyetlerine bakıldığında şu teknolojik yenilikler gözlemlenebilir:

- Yüksek performanslı RF vericilerinin üretiminde geleneksel galyum arsenitten (GaAs) daha yüksek performanslı GaN yarı iletken bileşenlere geçiş vardır. GaN teknolojisi soğutma gereksinimlerini azaltır ve EH/radar sistemlerinde daha yüksek güç çıkışı (kW) sağlar. GaN teknolojisini kullanarak EH sistemleri uzun mesafeli karıştırma gerçekleştirebilir, daha az soğutma gerektirir ve aynı anda birden fazla tehdide karşı devreye girmesine izin verir.
- Yazılım veya donanımı değiştirmeden/güncellemeden RF tehditlerine karşı önlemleri (tehditlere dayalı en iyi karıştırma tekniğine uyum sağlamak) toplamak, analiz etmek ve uygulamak için AI/AML algoritmaları kullanılmaktadır. Şu anda geleneksel EH sistemleri, veri tabanlarında önceden programlanmış olduğu bilinen tehditlere otomatik yanıtlar vermektedir. AI/AML sistemleri veri tabanındaki mevcut bilgilere veya önceki görevlerden yeni toplanan verilere dayanarak bilinmeyen tehditlerle başa çıkmayı sağlar. Çünkü bunlar AI/AML tarafından gerçek zamanlı olarak analiz edilerek detaylandırılır. Bu özellik anında değiştirilebilen ve mevcut tehdit

veri tabanı tarafından bilinmeyen düşman yazılım tanımlı EH sistemlerine karşı koymaya olanak tanır. Yeni EH sistemleri her görev için en iyi yapılandırmaya izin vermek, gerçek zamanlı olarak bir işlevden diğerine geçebilmek ve AI/AML'yi entegre etmek için kolayca yeniden programlanabilir ve yeni nesil bilişsel ve uyarlanabilir EH sistemlerinin yolunu açar.

- Eski sistemlere kıyasla yeteneklerin artmasını sağlayan minyatür RF vericilerinin/alıcılarının geliştirilmesine olanak sağlayan mikrodalga monolitik entegre devre (MMIC) teknolojisi kullanılmaktadır. Özellikle AESA radarları ve EH sistemi MMIC'ye dayanmaktadır. Dahası bu alıcılara sinyalin analog alıcıların kalite bozulmasının üstesinden gelen yüksek kaliteli ve yüksek hızlı geniş bant analog-dijital dönüştürücüler ve eski antenlerin bir derecelik doğruluğu yerine 0,05 derecelik bir doğrulukla bir tehdidin yönünü belirleyebilen yeni interferometre anten sistemleri eşlik etmektedir. Yüksek doğruluk ve tehdit konumunu tam olarak işaret edebilme, RF enerjisini doğru yöne daha verimli bir şekilde yönlendirerek EH sistemlerinin görev başarısını artırır.
- DRFM teknolojisi yanlış hedef dönüşleri oluşturmak için tehdit radarı sinyalini değiştirerek EH korumasına daha karmaşık bir yaklaşım sağlar. DRFM; alınan, dijital olarak işlenen, gerçek zamanlı olarak değiştirilen ve daha sonra yeniden iletilen bir tehdit radarı sinyalinin alınmasını içerir. EH sistemi sinyal bozulmasını önlemeli ve değiştirilmiş RF sinyalini orijinal sinyalin kaynağıyla tutarlı hale getirmelidir. DRFM örneğin karıştırıcılarda oldukça etkilidir. Basit bir ifadeyle açıklanan sistem alınan sinyali dijitalleştirir ve dijital bellekte tutarlı bir şekilde değiştirilmiş bir kopyasını saklar, gerektiğinde çoğaltır ve yeniden iletir. Bu, orijinal sinyalin tutarlı bir temsili olduğundan düşmanın radarı onu diğer meşru sinyallerden ayırt edemez ve gerçek bir hedef olarak tanır. DRFM, koruduğu sistemin hem arkasında (reaktif karıştırma) hem de öncesinde (tahmine dayalı karıştırma) yanlış mesafe hedefleri oluşturmak için kullanılabilir.<sup>35</sup>

Listelenen bu teknolojilere ek olarak yeni fazlı dizi anten yapılarının tanıtılması ve artan hesaplama ve iletim gücüne ek olarak yeni nesil EH sistemleri artık aynı anda birden fazla frekans bandında çalışabilir, gerçek zamanlı olarak frekans atlamalı ve EMS'nin daha geniş bir frekans ölçeği aralığını kapsayabilir.

---

35 D'urso, "Let's Talk About the Digital Evolution of Electronic Warfare".



## Sonuç

Gelecekteki konvansiyonel savaşlarda EMS'nin yoğun kullanılacağını söylemek yanlış olmayacaktır. Büyük askeri platformlar, özellikle uçaklar, hava savunma sistemleri, füzeler, İHA'lar ve savaş gemileri çevrelerindeki nesnelere veya muharebe alanındaki gelişmeleri görmek, keşfetmek, iletişim kurmak ve düşman kuvvetleriyle angajmana girmek için EMS kullanan elektronik sistemlerle entegre edilmiştir. Ancak düşman kuvvetleri de tüm bu faaliyetler için aynı EMS'yi kullanıyor olacaktır. Böylece her iki taraf da diğer tarafı elektromanyetik alanın kullanımından mahrum bırakmaya çalışacaktır. Bu bakımdan savaşın sonucu teknolojik üstünlüğe, milli EH sistemlerinin askeri ihtiyaçlara göre geliştirilmesine (sistemlerin tam kontrolüne sahip olmaya), sürprizlere hızlı adaptasyona ve her iki taraf için de personel eğitimine bağlı olacaktır.

EH teknolojilerinin ihracatları veya teknoloji transferi bu sistemlerin üreticisi ülkelerin ulusal güvenlik endişeleri nedeniyle ihracat yasaları tarafından kontrol edilmektedir. Bu nedenle EH sistemlerinin savaş zamanı koşullarında etkin ve güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için milli olarak tasarlanması ve üretilmesi gerekmektedir. İthal edilen bir EH sisteminin olası bir savaş sırasında yeni bir radar veya silah sistemiyle karşılaşması gibi birçok durum nedeniyle mümkün olduğunca etkili bir şekilde kullanılmaması olasıdır her zaman mümkündür. EH sistemlerini yeni tehditlere karşı güncel tutmak ve bu yeni tehditlere karşı koymak için ordular tarafından sürekli olarak güncellenmektedir. Bazı durumlarda ordular (eğer yetenekleri varsa) barış zamanlarında tehdit kütüphanelerini güncellemek amacıyla düşman ülkelerin yeni silah sistemlerinin veya tehdit radarlarının sinyal bilgilerini toplamak için mevcut tüm ELINT/SIGINT yeteneklerini (veya casusluğu) kullanırlar. Bu süreç EH sistemlerini bu yeni tehditlere karşı kullanıma hazır tutmak için son derece kritiktir. Dahası aktif savaş zamanlarında EH sistemleri yeni sürpriz tehditlere karşı koymak için yazılım/donanım güncellemeleri de gerektirebilir. Gerçekte devam eden bir savaş sırasında EH sistemlerinin orijinal üreticisinden herhangi bir teknik destek almak neredeyse imkansızdır.

Son EH sistemi geliştirmelerindeki eğilimler AESA, MMIC, DRFM, AI/AML ve siber saldırı teknolojilerinin yeni nesil EH sistemlerinin tasarımlarına dahil edildiğini göstermektedir. Yeni EH sistemleri ölçeklenebilir ve kara, hava ve deniz uygulamaları için birden fazla platforma uyarlanabilir şekilde üretilmektedir.

Belirtildiği üzere ABD, İsrail, Rusya ve Çin gibi büyük askeri güçler EH sistemlerinin tasarımı ve üretiminde lider ülkelerdir. Bu ülkeleri yakalamak için Türkiye'nin yerel olarak tasarlanmış EH sistemlerine yaptığı yatırımlar son yıllarda karşılığını vermeye başlamıştır. Bu raporda bahsedilen ve milli olarak geliştirilen birçok EH sistemi TSK'nın hizmetinde aktif olarak kullanılmaktadır. EMS'yi kontrol etmenin gelecekte konvansiyonel savaşları kazanmanın anahtarı olduğu artık açıktır ve bu nedenle TSK milli geliştirilen EH sistemlerinin hava, deniz ve kara platformlarında kullanılmasına özel önem vermektedir. Daha da önemlisi Türkiye, muharebe alanında EH sistemlerini aktif kullanırken EH alanındaki önde gelen ülkelerle karşılaştırdığında kendi operasyonel konseptlerinin gerektirdiği sofistikasyon ve gelişmişlik seviyesine ulaşmaya yakındır. Ayrıca TSK, Suriye, Libya ve hatta Karabağ'daki gibi simetrik ve asimetrik savaşlarda ulusal EH sistemlerini kullanma konusunda önemli deneyimler kazanmıştır. Bu deneyimler mevcut EH sistemlerinin yeteneklerinin güncellenmesi, gelecekteki EH ihtiyaçlarının belirlenmesi ve operatörlerin gerçek savaş koşulları altında eğitilmesi açısından gelecekteki çatışmalar için son derece değerlidir. Aslında tüm alanlarda devam eden milli EH projelerinin sayısı göz önüne alındığında (halihazırda teslim edilmiş ve teslim sürecinde) TSK, gelecekte milli olarak tasarlanmış ve üretilmiş sofistike EH sistemlerini kullanırken bölgesindeki birçok ülkeye karşı açıkça avantaj sağlayacaktır.

Bu raporda baştan sona söylendiği gibi EMS'yi kontrol etmek gelecekteki konvansiyonel savaşların başarısının anahtarıdır. Bu nedenle Türkiye'nin gelecekteki EH projelerinin teknolojik eğilimlerini yakından takip etmesi ve daha da önemlisi GaN modülleri, IIR dedektörleri ve MMIC teknolojilerinin yerli üretim kapasitesine gerekli yatırımları yapması çok kritiktir. Bu yatırımlar Türkiye'de EH sistemlerinin tasarlanmasında ve üretiminde tam bağımsız olmak için temel hedef olarak önceliklendirilmelidir. Diğer yandan bu yatırımlar AESA radarları, E/O sistemleri ve RF/IIR arayıcı kullanan güdümlü füzeler gibi diğer silah sistemlerinin yerel olarak tasarım ve üretimine de katkı sağlayacaktır.

# Elektronik Harp:

## Türkiye'nin Kabilyetleri ve Küresel Yönelimler

Dünyanın her yerinde ordular, elektronik harp sistemlerinin geliştirilmesine ve kullanımına özel önem atfetmektedir. Bunun sebebi ise devletlerin savaş meydanında üstünlük elde ederek rakiplerini alt etmek için elektromanyetik spektrumu (EMS) kontrol etmenin kritik olduğuna inanmasıdır. Elektronik harp, hasmın (radar, iletişim sistemi, komuta kontrol sistemi, veri ağları ve diğer dijital altyapılar gibi) silah sistemlerini tespit etmek, yanlış yönlendirmek ve bozmak amacıyla EMS kullanan her türlü hamle veya kabilyet olarak tanımlanır. Savaş meydanında çok önemli bir rol üstlenmeleri sebebiyle elektronik harp teknolojileri, bunları geliştiren ülkeler tarafından en sıkı biçimde korunan ve kontrol edilen askeri teknolojiler listesinin en başında yer almaktadır. Bu nedenle milli elektronik harp sistemlerinin yerel kaynaklarla geliştirilmesinin güvenlik açısından ciddi faydaları bulunur. Bu bağlamda elinizdeki rapor, küresel trendlere odaklanıp Türkiye'nin kabilyetlerini analiz ederek elektronik harbin en önemli boyutlarına ışık tutmaktadır.

