

# Suyun Altı, Meteksan Savunma Çözümleri ile Daha Güvenli

**D**ünya nüfusundaki artış ve ağır sanayileşme, yeraltı kaynaklarının hızlı bir şekilde tükenmesine ve ilginin, Münhasır Ekonomik Bölge (MEB / Exclusive Economic Zone / EEZ)'lere yönelmesine neden oldu. Özellikle potansiyel petrol ve doğalgaz kaynakları, MEB'lerin önemi arttırdı ve ülkeleri, MEB'leri kontrol altında tutmak ve korumak için, ek tedbirler almaya yönlendirdi. Bu tedbirler arasında ise sualtı sensör ağ sistemleri, ön plana çıkıyor. Bu sistemlerin başlıca 2 amacı, şöyle sıralanabilir:

- MEB'in, bu bölgedeki yatırımların ve kıyı şeridinin kontrol ve güvenliğini sağlamak ve
- Bölge hakkında araştırma ve analizler yapmak üzere; bilgi toplama, kütüphane oluşturma ve istatistiki veriler çıkartmak.

Türkiye'de, bu sistemlerde kullanılan sensörlerin geliştirilmesi, entegre edilmesi ve nihai sistemin ortaya çıkartılması ile ilgili çalışmalar, Savunma Sanayii Müsteşarlığı tarafından, "Sualtı Akustiği Mükemmeliyet Merkezi" olarak görevlendirilen, Meteksan Savunma tarafından yürütülüyor.

## Zorlu Görev

Kıyıların ve MEB'lerin kontrol ve güvenliği, savaşta ve barışta, sualtında ve su üstünde, entegre çözümler gerektiriyor. Bu çözümler, temelde:

- Deniz alaka ve menfaatlerinin korunmasını,
- İstihbari ve istatistiki veri toplanmasını,
- Deniz ticaret hatlarının, üs ve limanların kontrol ve güvenliğini,
- Terör, sabotaj ve yağmaya karşı stratejik tesis, boru ve iletişim hatları, sualtı tarihi eser, doğalgaz ve petrol gibi sualtı zenginliklerinin korunmasını,

Türkiye'de, "Sınır Güvenliği" kavramı, genellikle kara sınırlarının güvenliği için kullanılır. Oysa 3 tarafı denizlerle çevrili ve kıyı şeridi uzunluğu, kara sınırı uzunluğunun neredeyse 3 katı olan (kara sınır uzunluğu 2.753 km, deniz kıyı şeridi uzunluğu 8.333 km) Türkiye için, kıyı şeridi güvenliği de bir o kadar önemlidir. Bu kritik güvenlik ihtiyacını karşılamak ise Meteksan Savunma'nın faaliyetlerine de konu olan yeni teknolojilerin kullanılmasıyla mümkün hâle geliyor.

*Mesut Görates, Müşteri İlişkileri Yöneticisi,  
Dz.K.K.İği / mgorates@meteksan.com  
Can Emre Bakım, İş Geliştirme Baş Mühendisi  
Çağlar Yazgan Balçık, İş Geliştirme Kıdemli Mühendisi*

- Her türlü kaçakçılığın, yasa dışı göçün, mülteci hareketlerinin, yasak avlanma ve sınır ihlalinin önlenmesini amaçlıyor.

Bu entegre çözümler içerisinde:

- Radar Sistemleri,
- Elektro-optik Sistemler (gündüz, gece görüş ve kızılötesi dürbünleri, lazer sensörleri, fiber-optik sualtı sensörleri)

**Bilkent Göleti Açık Su Test ve Kalibrasyon Tesisi**

- Elektro-akustik Sistemler (piezo-elektrik, fiber optik ve vektör gibi teknolojilerle çalışan hava ve sualtı akustik sensörleri, sonoboylar),
- ELINT/COMINT Elektronik Destek (E/D) Sistemleri,
- Duvar, mendirek, çit, tel örgü, ağ ve mânia gibi fiziki sistemler,
- İnsanlı ve İnsansız Suüstü ve Sualtı Araçları, Ani Müdahale Bot ve Timleri
- Komuta Kontrol Merkezi (Telli ve RF Veri Aktarım, Gösterim, Haberleşme ve Alarm ve Anons Sistemleri),

yer alıyor. Bu entegre çözümlerde; liman, üs ve stratejik kıyı tesislerinin güvenliğinde, kara ve hava güvenliğinin de muhakkak dikkate alınması gerekiyor.

Türkiye’de, geçtiğimiz yıllarda başlatılan çeşitli projeler ile kıyı, liman ve üs güvenliğine yönelik kritik adımlar atıldı:

- Sahil Gözetleme Radar Sistemi Projesi, tüm çevre denizlerde, hava ve suüstü tehditlerinin uzak mesafelerden tespit edilmesine, teşhis edilmesine ve izlenmesine,
- Aksaz/Foça Üs Güvenlik (YUNUS) Projesi ise sadece bu iki kısmi bölgede; yakın hava, suüstü ve sualtı tehditleri ile sızma, sabotaj ve baskın türü eylemlerin önlenmesine yönelik olarak başlatıldı. Her iki proje de bu alandaki önemli örnekler.

Deniz Kuvvetleri Komutanlığının; liman, üs ve denizlerin sualtı ve suüstü savunması için ortaya koyduğu tüm çalışmaların yanında, tüm kıyı şeridinin ve bunu çevreleyen MEB’in; Türkiye’nin yatırım, alaka ve menfaatlerinin kontrol ve güvenliğine yönelik olarak, suüstü ve sualtından gerçek zamanlı olarak sürekli izlenmesi, önemli ihtiyaçlardan biri. Özellikle sualtından gelmesi olası tehditlerin uzun mesafelerden tespiti, teşhisi, takip edilmesi ve önlenmesi, kritik ve üzerinde önemle durulması gereken bir konu.

## Dünyada Yürütülen Çalışmalar

Sualtı tehditlerinin uzak mesafelerden tespit, teşhis ve izlenmesi, birçok gelişmiş ülkenin, uzun yıllardır çalışma yürüttüğü bir konu. Dünyada bu alanda, özellikle İkinci Dünya Savaşı’nda, Alman denizaltılarının; akabinde ise Soğuk Savaş döneminde, Sovyet denizaltılarının uzun mesafelerden tespit ve izlenmesi amacı ile başlatılmış ve hâlen kullanılmakta olan sistemler mevcut.

Dünyadaki örneklere baktığımızda, sualtı sensör ağlarının ilk büyük örneğinin, SOSUS olduğu görülüyor. Amerikan Deniz Kuvvetlerinin, 1950’lerin ortalarından başlayarak geliştirdiği akustik gözetleme sisteminin kısa adı olan SOSUS; Grönland, İzlanda ve İngiltere arasında kalan ve denizaltıların, Atlantik Okyanusu’na geçmek için kullanabileceği GIUK boşluğunu ve Pasifik Okyanusu’nda çeşitli bölgeleri dinlemek için kurulan bir sistem. Sistemin ilk amacı, batıdaki hedeflere saldırmak için kapsanan boşluklardan geçmek zorunda olan Sovyet denizaltılarını izlemektir. Daha sonra, “Surveillance Towed Array Sensor System” (SURTASS / Gözetleme İçin Çekili Dizin Algılayıcı Sistemi) gibi mobil sistemlerle desteklenen SOSUS, Entegre Denizaltı Gözetim Sistemi (IUSS)’nin bir parçası hâline geldi. SOSUS, binlerce kilometre uzaktaki denizaltıları tespit edebiliyor ve artık teknik olarak gizli olmasa bile ABD’nin “gizli silahı” olarak nitelendirilebiliyor.



## Tek Kristal Piezoelektrik Seramik

Rusya’nın da sonar ve denizaltı sensör ağları alanında, çeşitli çalışmalara hâlen devam ediyor. Alzvestia gazetesinde yer alan haberlere göre, Rusya, kendi karasularını, Arktik’te korumak için, karmaşık bir sensör ağı sistemi geliştiriyor. Bu sistemin, batık nesnelere ile yüzey nesnelere yayılan akustik sinyallerin algılanmasını ve verilerin karada konuşlu bir merkeze beslenmesini sağlayan sonoboylar ve sualtı sensörleri içerdiği biliniyor. Bu sistemin, yüzlerce kilometrekareyi ölçebilecek bir alanı kapsadığı tahmin ediliyor.

Çin devletinin gemi inşa firması CSSC (China State Shipbuilding Corporation) de Amerikan ve Rus denizaltılarını tespit etmesini sağlayacak ve gelecekte, Çin’in, Güney Çin Denizi’ni kontrol etme yeteneğini arttıracak bir sualtı sensör ağı inşa etmek için çalışıyor. CSSC, bölgedeki denizaltıları tespit etmek ve izlemek için, Çin denizlerinin alt katmanlarına, hassas hidrofonlar kurmaya başladı. “Okyanus Tabanı Sabit Akustik Dizisi” olarak adlandırılan bu dinleyiciler, saygın deniz analistlerinden Lyle Goldstein ve Shannon Knight tarafından, denizcilik temalı bir dergi olan Proceedings’de yayınlanan yakın geçmişteki bir makalede, “şaşırtıcı” olarak nitelendirildi. Bu sistem, Çin’in, suyun altını da sürekli olarak izleme konusunu ciddiye almaya başladığının bir kanıtı olarak değerlendirilebilir.

Çin’in, ilk kez 2012’de ortaya çıkardığı hidrofon sistemi, SOSUS’un bir benzeridir denilebilir. “Sualtı Çin Seddi Projesi” olarak adlandırılan sensör ağının ayrıntıları ise 2015 yılının sonlarında, Çin’deki bir kamusal sergide açığa çıktı.

Tüm bu sistemler, yapısal olarak denizin dibine veya alt katmanlarına yerleştirilmiş hidrofonları içeriyor. SOSUS ilk devreye alındığında kullanılan hidrofonlar, doğal olarak bugünün hidrofon teknolojisinin çok gerisinde kalmış durumda. O yıllarda saptanmaya çalışılan sualtı platformları da bugüne kıyasla daha gürültülüydüler ve daha basit sensör teknolojileri ile algılanabiliyorlardı. Ancak gelişen teknoloji ile yeni sualtı araçlarının gürültü seviyeleri düşürülebildi ve bu platformlar, tespit edilmesi daha zor hâle geldiler. Bu durum, sensör teknolojisinin de bu zorlukları yenecek şekilde gelişmesi gerektiğine işaret ediyor.

## Sualtı Sensör Ağları Gelişmeye Devam Ediyor

Gelişen seramik teknolojisi ve hidrofonlar sayesinde Çin ve Rusya; vektörel algılama yapabilen, gelişmiş karmaşık seramik türlerinin kullanıldığı, fiber optik sistemleri ihtiva eden sensör ünitelerini hizmete almaya başladılar. Herhangi bir elektriksel beslemeye ihtiyaç duymayan, içinde aktif bir elektriksel eleman bulundurmeyen, dolayısı ile EMI ve EMC açısından kısıtlamaları olmadan çalışabilen fiber optik akustik sensörler, geniş alanları kapsayabildiğinden, sensör ağları konusunda yeni ufuklar açtılar.

Fiber Optik Akustik Algılayıcı

Ayrıca tek kristal piezoelektrik seramikler kullanılarak üretilen transdüserlerin, aynı anda geniş frekans bant aralığına ve yüksek algılama hassasiyetine (RVS) ve gönderim gücüne (TVR) sahip olduğu, gelişen seramik ve test teknolojisi ile doğrulandı. Tek kristal piezoelektrik seramik teknolojisi kullanarak yapılan sualtı akustik sistemleri, aynı güç değerlerinde, tespit mesafesini artırıyor. Ayrıca aynı performans için, daha düşük güç gerektirmesi nedeniyle de daha az enerjiye ihtiyaç duyuyor. Ek olarak, bi-statik çalışma için sinyal kaynağına da ihtiyaç duymuyor. Tüm bu gelişmeler sonucunda, tek kristal seramikler ile üretilen sensörler, yeni nesil sistemlerin odak noktası hâline geldiler.

Öte yandan, konunun bir de insan kaynağı boyutu var. Örneğin, Amerikan Deniz Kuvvetlerinin, gelen sinyalleri algılayıp değerlendirebilecek ve buna göre mevcut tasarımlarını revize edebilecek, 40 yıllık tecrübe ve gerekli bilgi birikimine sahip insan kaynağı bulunuyor. Yeni sensör ağı atağı yapan ülkelerin faaliyetleri, Amerikan Deniz Kuvvetlerinin bu tecrübesi ile karşılaştırıldığında, çok yeni ve bu sistemlerin, ABD'ninkiler kadar başarılı olabilmesi için, uzun yıllara ihtiyaç duyulması muhtemel. Geliştirilen algoritma kütüphaneleri ve her gün revize edilen sensör donanımları için, bu çalışmaların zaman geçmeden başlaması, son derece kritik. Saha ve tehdit analizleri sonucunda; tip, adet, derinlik ve konfigürasyonu belirlenerek yerleştirilecek yeni nesil sensör ve dizin yapıları ve bunlara entegre elektronik donanım ve yazılım içeren sistemler yardımı ile dalgıç, dalgıç intikal araçları, insansız sualtı ve suüstü aracı ve küçük botlar, denizaltılar ve suüstü platformlar gibi tehditlerin, konvansiyonel sensörlere nazaran, daha uzak mesafelerden tespit, teşhis ve izlenmesi mümkün.

## Vektör Sensörler ve Yeni Nesil Fiber Optik Sensörler

Savunma Sanayii Müsteşarlığının talebi ile Meteksan Savunma tarafından, 2013 yılında başlatılan ve 2016 yılında tamamlanan projeler ile:

- Ataletsel yöntem kullanan bir vektör sensör ve
- Küçük boyut ve ağırlığa sahip, çok hassas sualtı akustik algılayıcı dizinlerinin geliştirilmesine olanak tanıyan fiber optik akustik algılayıcılar, milli imkânlarla, özgün olarak tasarlanıp geliştirildi. Dış kaynaklardan ileri teknoloji örneklerinin temin edilmesi zor olan bu sensörlerin geliştirilmesi, hem son teknoloji ürünlerin temini hem de gelişen teknoloji çizgisinde çalışmalara devam edilmesi açılarından kritik öneme sahip. Her iki çalışma da Türkiye için birer ilk.



Akustik Vektör Sensör

Piezoelektrik seramik kullanılarak geliştirilen vektör sensörler, sualtında tek başlarına çalışabilir ve yön kestirimi yapılabilirler. Bunların arasında, Meteksan Savunma bünyesinde geliştirilen yumuşak PZT seramikler ile üretilmiş, ataletsel vektör sensörler mevcut. Bunun yanında Meteksan Savunma, deneyimli mühendislik kadrosu ile tek kristal seramikler kullanarak vektör sensörlerin çalışma menziline ve doğruluğunu geliştirici birçok çalışmayı da tamamladı.

Meteksan Savunma tarafından yürütülen projeler ile geliştirilen fiber-optik algılayıcıların, geleneksel algılayıcılara göre sağladığı temel avantajlar şöyle sıralanabilir:

- Yüksek hassasiyet (Düşük frekanslarda yüksek hassasiyetle dinleyebilme): Gemi, denizaltı, torpido ve insansız sualtı aracı gürültüleri, düşük frekanslarda, fiber-optik sistemler tarafından doğru şekilde algılanabilir.
- Küçük boyut ve ağırlık: Düşük frekanslarda, boyutları küçük ve hafif sensör kullanılabileceği olanağı vardır. Uygulamaya yönelik optimize edilecek mekanik yapının, aktif sensörlerin boyutlarında üretilmesi mümkündür.
- EMI etkilerine dayanıklılık: Sensörler içerisinde, aktif elektronik devre elemanı bulunmamaktadır. Bu yüzden EMI etkilerine karşı herhangi bir önlem gereksinimi söz konusu değildir.
- Güvenilirlik ve maliyet etkinliği: Konvansiyonel yöntemlere göre, aynı performans için, daha az sensör kullanımı yeterlidir.
- Uzaktan algılamaya elverişlilik.
- Dizin hâlinde kullanılmaları durumunda, hassas yön tespiti. Yürütülen çalışmalar kapsamında, yüksek hassasiyet ve istikrarlı bilgiler sağlayan fiber-optik sistemlerin, çeşitli optik algılama metodları ile tasarımı, Meteksan Savunma bünyesinde denenmiş, tecrübe edilmiş ve optimize edilerek uygulamaya konulmuştur. Geliştirilmiş teknoloji, yapılacak bir seri üretim çalışması ile savunma ve güvenlik kurumlarının hizmetine sunulacak düzeydedir.

## Meteksan Savunma Göreve Hazır

Meteksan Savunma tarafından geliştirilen sensör ve sistemler arasında; deniz sahalarına yaklaşmakta olan denizaltılar başta olmak üzere, çeşitli sualtı hedeflerinin uzun mesafelerden tespiti, teşhisi ve izlenmesini sağlayan yeni nesil sualtı akustik sensörler yer alıyor. Bu doğrultuda, kıyı şeridinin kontrol altına alınmasına, MEB'deki deniz alaka ve menfaatlerinin korunmasına, suüstü ve sualtından gelebilecek her türlü tehdidin bertaraf edilmesine yönelik çözümler üretildi. Savunma Sanayii Müsteşarlığı tarafından, Türkiye'nin Sualtı Akustik Mü-kemmeliyet Merkezi olarak görevlendirilen Meteksan Savunma, uzun yıllardır geliştirmekte olduğu muhtelif tip ve teknolojideki yeni nesil sualtı akustik sensör ve sistemlerle, geleceğin tehditlerine yönelik çözümler sunmak için çalışmalarını sürdürüyor. ◆