

# YENİ NESİL DENİZALTI LARDA ENERJİ KAYNAKLARI VE BATARYA SİSTEMLERİ

TREND ANALİZİ MAYIS 2021



İşbu eserde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eserde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde sunulan verilerin/ bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda herhangi bir taahhüde girmemekte, kullanıcı veya üçüncü kişilerin bu eserde yer alan verilere/bilgilere dayanarak gerçekleştirecekleri eylemlerden ötürü sorumluluk kabul etmemektedir. Bu eserde yer alan bilgilerin her türlü hakkı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. Yazılı izin olmaksızın işbu eserde yer alan bilgi, yazı, ifadenin bir kısmı veya tamamı, herhangi bir ortamda hiçbir şekilde yayımlanamaz, çoğaltılamaz, işlenemez.



## 1. GİRİŞ

Çok uzun yıllardan bu yana denizaltılar ve sualtında seyir denizcilerin büyük hayali olmuştur. Ancak gerçek anlamda operasyonel faaliyetlerde kullanılabilen denizaltıların üretilmesi 20'nci yüzyılın başlarında gerçekleşebilmiştir.

Dünya donanmaları bu demirden sualtı canavarının gücünü benimsemiş ve deniz savaşlarının en ölümcül araçlarından biri olduğunu kabul etmiştir. Ancak yıllar geçtikçe donanma bütçelerinin azalması filolarda görev yapan denizaltıların sayısında azalmaya neden olsa da gizlilik, askeri vuruş gücü ve performans vb. konularla ilgili yeni teknolojiler üzerine çalışmalar devam ederek derin okyanusların hâkimiyeti için denizaltıların önemini korumasına hatta artırmaya imkân vermiştir. Günümüz ve gelecek nesil denizaltılar için uygulanan güncel teknolojiler ve daha ilerisi için yapılan araştırmalar geleceğin denizaltı kullanım konseptleri ve operasyonel döngülerini değiştirerek denizlerin hâkimiyetinde yeni bir sayfa açmayı vadetmektedir<sup>[1]</sup>.

21'inci yüzyılın yeni teknolojileri, denizaltılarda köklü değişikliklere yol açarken, yeni sualtı muharebe sistemlerinin de ortaya çıkmasını sağlamıştır. Büyük veri uygulamaları, gelişmiş bilgisayar işlemcileri, çok sayıda parametreyi takibe yarayan sensörler, lazerli ve LED'li iletişim sistemleri, donanmalara sualtı hakkında daha fazla denetim ve komuta imkânı sunmakta, düşman denizaltılarına karşı etkin savunma sağlamak ve hücumda etkin koordinasyon imkânı yaratmaktadır. Sualtı muharebe alanındaki gelişmeler donanmaları bu alandaki stratejilerini gözden geçirmeye ve yeni yaklaşımlar geliştirmeye zorlamaktadır.

Nükleer enerji, seyirde sağladığı avantajlarla tehlikeleri de beraberinde getirdiğinden günümüzde alternatif enerji kaynakları araştırmaları devam etmektedir<sup>[2]</sup>.

Analizimizde yeni nesil denizaltılarda kullanılan son teknoloji enerji kaynakları ve batarya donanımlarını ve geleceğin güç sistemlerinin sualtı dünyasında ne gibi etkileri olacağını inceledik.

## 2. TARİH BOYUNCA DENİZALTILAR

Sualtı, insanlar için her zaman merak uyandıran bir alan olmuştur. Milattan önceki yıllarda sualtına dalarak avlanan ve içi boş çubuklarla sualtında nefes alan insanlar bulunmaktaydı. Bu yöntemin ilk askeri örneği milattan önce 415-413 yılları arasında Syracuse Kuşatması'nda dalgıçların sualtı engellerini temizlemesiyle gözlemlenmiştir. Bilinen en eski sualtı dalış aracı ise Büyük İskender döneminde kullanılan dalış çanlarıdır. İlk mekanik tahrikli denizaltı 1863 yılında Fransız donanmasının geliştirdiği Plongeur isimli araçtır. Basıncı havayla çalışması planlanan denizaltı çok yavaş ve kontrolü zor olduğundan kullanım imkânı bulamamıştır.

Denizaltı tahrikinde hava gücünün yetersiz kalması bilim insanlarını farklı enerji kaynaklarını araştırmaya yöneltmiştir. 1867'te ilk Havadan Bağımsız Tahrik (HBT) teknolojisi İspanyol denizaltısı Ictineo II'de günümüzdeki yaklaşımlardan farklı olarak kimyasal bir reaksiyon sonucunda ısı ve oksijen elde edilerek buhar kazanının çalıştırılması prensibiyle kullanılmıştır. Satıhta ise kömürle buhar kazanı yakılarak tahrik sistemi çalıştırılmıştır.

20'nci yüzyıla gelindiğinde dizel-elektrik teknolojisinin denizaltılarda kullanımı sualtının hâkimiyeti için verilen savaşlara başka bir boyut kazandırmıştır. Suüstünde dizel veya benzinle çalışarak denizaltıya entegre bataryaları şarj eden içten yanmalı motor sistemi

sualtında devre dışı kalarak bataryalarda depolanan enerjiyle elektrikli ana tahrik motorlarını çalıştırarak seve devam etmektedir. Sualtında uzun süre kalabilmek için büyük batarya gruplarıyla donatılan bu denizaltıların dalmış durumdaki sürat ve menzili batarya enerji sığıası ile sınırlı kalmaktadır.

1950'lerde nükleer enerjinin hayata geçmesi sualtı dünyası için de çok büyük bir adım olmuş ve oyun değıştirici bir teknoloji olarak denizaltı tahrikinde kullanmak üzere adım atılmıştır. İlk nükleer enerjili denizaltı olan USN Nautilus ilk seferine 1955'te çıkmıştır. Nükleer enerji, denizaltıların sualtında aylarca satha çıkmadan görev yapabilmesine imkân sağlamaktadır<sup>[3]</sup>.

### 3. DENİZALTILARDA ENERJİ NASIL SAĞLANIYOR?

Denizaltıların ihtiyaç duyduğu en önemli enerji kaynağı elektriktir. Elektrik enerjisi ise çeşitli jeneratör sistemleri ve farklı enerji kaynaklarından sağlanabilmektedir. Nükleer denizaltılar; reaktörler, buhar türbinleri ve redüksiyon dişlileriyle enerjiyi dönüştürerek elektrik üretmekte ve denizaltının sevki için pervaneleri döndüren ana elektrik motorlarına güç sağlamaktadır. Dizel denizaltılar ise satıhta ilerlerken dizel jeneratörlerden üretilen elektrik enerjisiyle bataryaları imla etmekte ve sualtında da bu bataryalardan faydalanmaktadır. HBT sistemine sahip olmayan konvansiyonel denizaltılar bataryalardan enerji sağlayamazsa sualtında faaliyet gösteremezler<sup>[4]</sup>.

#### 3.1 Konvansiyonel Denizaltılar

Nükleer güç sistemlerine sahip olmayan dizel elektrik tahrikli denizaltılara genel olarak konvansiyonel denizaltılar denilmektedir. Nükleer versiyonlarına oranla daha kısa süre sualtında kalabilen konvansiyonel denizaltılar daha küçük ölçekli ve yüksek gizlilik gerektiren operasyonlarda oldukça kullanışlıdır. Uzun yıllardır birçok ülkenin donanmasında faaliyet gösteren konvansiyonel denizaltılar kıyı güvenliği ve karasularının hâkimiyeti için vazgeçilmez unsurlardır.

##### 3.1.1 Dizel-Elektrik Sistemli Denizaltılar

Konvansiyonel denizaltıların ilk örnekleri ağırlıklı olarak dizel-elektrik tahrik sistemine sahiptir. Dizel veya benzinli içten yanmalı denizaltı ana makineleri çalışmak için havaya ihtiyaç duymaktadır. Satıhta yada bir şnorkel yardımıyla hava teması kurabilecek şekilde satha yakın bir şekilde dalmış olarak ilerleyebilmektedirler ancak bu durum düşmanın hava ve diğer deniz araçları tarafından fark edilmelerine neden olacağından risk yaratmaktadır. Bu riskten yola çıkılarak denizaltıların sualtında daha uzun süre seyir yapabilmeleri için birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalar neticesinde, nükleer enerjinin de insanların hayatına girmesiyle dalmış durumda uzun seyirler yapılabilmesinin yolu açılmıştır<sup>[5]</sup>.

##### 3.1.2 Havadan Bağımsız Tahrik Sistemli Denizaltılar

HBT veya Hava Bağımsız Güç (Air Independent Propulsion/Power -AIP) sistemleri nükleer olmayan denizaltılar

için havayla bağlantısı olmadan güç üretebilen sistemleri tanımlamaktadır. Yeni nesil HBT sistemleri kullanan denizaltılar, nükleer versiyonlarına göre çok daha sessiz harekât icra edebilmektedir. HBT sistemleri çoğu konvansiyonel denizaltıya ek bir sekşin eklenerek veya iç hacim açılarak eklenebilmektedir. Günümüzde kullanılan HBT sistemleri henüz dizel jeneratörlerin ürettiği elektrik gücüne denk bir enerji sağlayamasa da sualtında daha uzun ve gizli hareket etme kabiliyetini ciddi oranda artırmaktadır<sup>[6]</sup>.

HBT sistemler denizaltıların sualtı harekât sürelerini günlerden haftalara hatta aylara çıkarabilmektedir. Bu nedenle standart konvansiyonel denizaltılara oranla büyük bir taktiksel avantaj sağlamaktadır. HBT sistemlerin bir başka önemli özelliğı ise aktif görevde olan ve bataryaların şarjını sadece satıhta ya da şnorkelde yapabilen havaya bağımlı bir denizaltıya da kolaylıkla uygulanabilmesidir.

Günümüzde yeni teknolojiler için araştırmalar devam etse de aktif olarak kullanılan üç çeşit HBT sistemi bulunmaktadır.

- **Yakıt Hücreleri:** En büyük avantajları çok sessiz, düşük sıcaklık ve yüksek verimle çalışabilmeleridir. Ancak bu sistemlerde hidrojen ve oksijen stoklama zorunluluğı ağırlık ve hacim konusunda zorlayıcı olmaktadır. Ayrıca HBT stoklarının ikmali için özel şartlar ve araçlar da sağlanmalıdır. Yakıt hücrelerinin karmaşık çalışma prensibi ve üretim zorluğu birkaç üreticiyi tekel durumunda tutmaktadır. Yine de günümüzde yaygınlaşmakta ve en ileri HBT teknolojisi olarak görülmektedir.
- **Stirling Motoru:** Yakıt hücrelerine yakın bir sessizlikte olup, basit sistem prensipleri ve hidrojen stoğuna gerek duymamasıyla öne çıkmaktadır. Olgunlaşmış ve basit bir teknoloji olduğundan güvenli ve yaygın kullanılmaktadır. Ömür devri maliyeti rakiplerine oranla oldukça düşüktür ancak akustik iz, termal iz ve verimli çalışma derinliğı kısıtları yakıt hücresine göre handikaplarıdır.
- **MESMA (Module d'Énergie Sous-Marine Autonome):** Oldukça sessiz çalışan bu sistem yüksek güç çıkışı ve derinlik limiti olmamasıyla dikkat çekmektedir. Ancak oksijen ve yakıt tüketiminin çok fazla olması, yüksek oksijen stoğı gerektirmesi, düşük verim sunması ve sistem donanımının hantal-hacimli olması önemli dezavantajlar yaratmaktadır<sup>[7]</sup>.

#### 3.2 Nükleer Denizaltılar

Günümüzde okyanuslarda görev yapabilecek modern askeri denizaltıların büyük çoğunluğı nükleer enerji kullanılmaktadır. Bu sistem nükleer reaktörlerden elde edilen ısı enerjisinin buhar türbinlerini döndürecek kadar yüksek basınçlı buhar üretilmesi ve pervanelerin direkt ya da elektrik motoru ile döndürülmesiyle çalışmaktadır. Aynı prensiple denizaltının yardımcı sistemleri için gerekli elektrik enerjisi de sağlanabilmektedir. Denizaltı reaktörleri yüzde 20'nin üzerinde bir oranda yüksek zenginlikte

nükleer yakıt kullanmaktadır. Bu sayede karadaki ver-siyonlarına göre daha küçük bir reaktörden uzun süre ikmal gerekmez enerji sağlanabilmektedir. Bu denizaltılar nükleer yakıtlarını zarar görmeden 30 yıl boyunca taşıyabilmektedir.

Nükleer denizaltıların iki büyük zaafı bulunmaktadır. Nükleer reaktörün yaydığı ısı zaman zaman suya salınarak soğutulması gerekmektedir. Bu da denizaltı etrafında bir ısı alanı yaratarak yerinin tespit edilmesini kolaylaştırılmaktadır. Termal uydu görüntüleri ve hava araçlarıyla kolaylıkla tespit edilebilmeleri büyük bir risk unsurudur. Reaktörün buhar türbinlerinin de sürekli gürültüsü sonarlarca tespit edilebilmektedir. Dizel elektrik denizaltıların dalmış durumda çok daha sessiz çalışması, bu alanda gizliliği artırma yönünde teknolojik yatırımlar yapılmasını güçleştirmektedir<sup>[8]</sup>.

## 4. DENİZALTI LARDA YENİ NESİL ENERJİ KAYNAKLARI

Denizaltıların operasyonlarda tercih edilmelerinin altında yatan en büyük sebep gizli hareket edebilmeleridir. Günümüzde uzun menzilli dalmış seyirde en büyük sorun olan gizlilik; alternatif, fark edilmesi zor ve sessiz enerji kaynaklarında yapılan araştırmaların artmasına neden olmuştur. Bu araştırmalar ağırlıklı olarak Havadan Bağımsız Tahrik Sistemleri üzerine yoğunlaşmaktadır<sup>[9]</sup>.

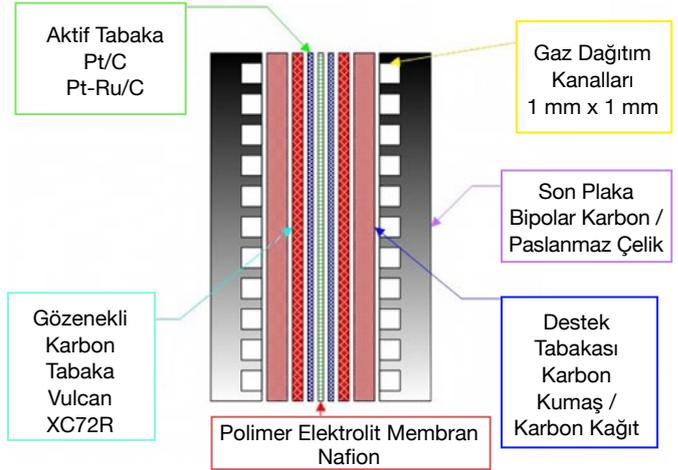
Polimer Elektrolit Membran (Polymer Electrolyte membrane -PEM; Proton Exchange Membrane olarak da isimlendirilir) yakıt hücreleri bu araştırmaların etkisiyle ortaya çıkmıştır. Hidrojen gazı ve oksijeni elektrik enerjisine dönüştürebilen bu sistem en fazla 80 °C gibi düşük bir sıcaklıkla çalışabildiğinden oldukça dikkat çekmektedir (Şekil 1). Tek bir yakıt hücresi 0.75 volt doğru akım (Direct Current -DC) üretebilmektedir. Birbirine eklenen yakıt hücreleriyle istenilen her voltaj ve akımda enerji üretilmektedir. Bu sistemin en büyük zorluğu hidrojenin depolanmasıdır. Bu nedenle hidrojeni depolamadan denizaltı bünyesinde alternatif kaynaklardan üretmek amacıyla hidrokarbonlar ve metanolün kimyasal ayrıştırması üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Bu uygulamada prensipte hidrokarbonlar; hidrojen ve karbondioksit dönüştürülerek yüksek basınç ve ısı enerjisi ortaya çıkmaktadır. Karbondioksitin deniz suyunda çözülerek tahliye edilmesi gerekmektedir<sup>[9]</sup>.

HBT sistemlerinde en önemli konu hidrojen stoklanmasının getireceği hacim ve/veya ağırlıktır. Karbon nanofiber teknolojisiyle hidrojen depolama çalışmaları umut vadetmektedir.

Tablo 1’de HBT için 600kW, 12,6MWs güç üretiminde farklı yakıt hücrelerinin hacim ve ağırlık karşılaştırmaları verilmiştir.

HBT sistemlerinin lityum-iyon bataryalarla birlikte çalışması için yapılan araştırmalar denizaltıların menzili, seyir süresi ve performansında yepyeni ufuklar açmaktadır<sup>[11]</sup>.

ABD donanması, artan fosil yakıt kullanımı ve nükleer enerjinin getirdiği riskleri de gözeterek daha temiz bir



Şekil 1: PEM Yakıt Hücresi Bileşenleri<sup>[10]</sup>

HBT Sistem Tipi	LOx		Yakıt		Jeneratör		Toplam	
	m <sup>3</sup>	ton	m <sup>3</sup>	ton	m <sup>3</sup>	ton	m <sup>3</sup>	ton
Yakıt hücresi & Karbon nanotüpler (%7)	6,4	8,2	21,4	15,3	0,9	0,5	28,7	24
Yakıt hücresi & Karbon nanotüpler (%25)	6,4	8,2	6	4,2	0,9	0,5	13,3	12,9
Yakıt hücresi & Karbon nanotüpler (%50)	6,4	8,2	3	2,2	0,9	0,5	10,3	10,9
Yakıt hücresi & Metal Hibrid	6,4	8,2	12,2	52,4	0,9	0,5	19,5	61,1
Kapalı Çevrim Diesel Jeneratörü	11,3	14,5	5,4	4,4	18,8	15	35,5	33,9
Yakıt hücresi & Metanol Dönüştürücü	9,3	12,2	6,8	5,9	7,1	13,8	23,2	31,9
Kurşun-asit bataryalar	0	0	132,6	393,8	0	0	132,6	393,8

Tablo 1: HBT için 600kW, 12,6MWs güç üretiminde farklı yöntemlerin hacim ve ağırlık karşılaştırmaları<sup>[9]</sup>.

gelecek için yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili araştırmalar yapmaktadır. Bu kapsamda denizaltılarda fosil yakıtlara alternatif olarak biyoyakıt kullanımıyla ilgili çalışmalar başlatılmıştır. Ayrıca hurda denizaltı bataryalarının farklı alanlarda yeniden kullanıma sunulması da çevre açısından faydalı olabilecek bir başka çalışmadır<sup>[12]</sup>.

## 5. SON TEKNOLOJİ DENİZALTI LARDA YENİLİKÇİ BATARYA SİSTEMLERİ

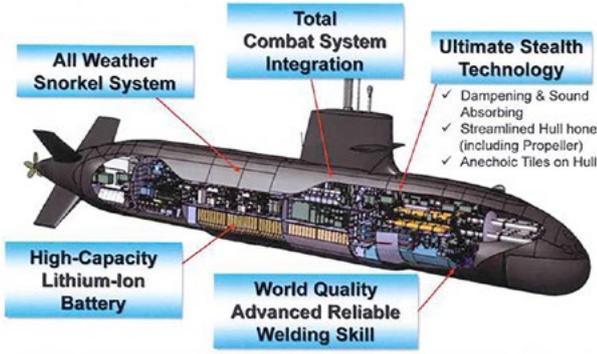
Yenilikçi batarya sistemleri vadettikleri taktik avantajların yanı sıra yeni jenerasyon denizaltıların havadan bağımsız tahrik sistemlerinin de gelişmesine imkân vermektedir. Teknolojiler geliştikçe kapasiteleri ve verimlilikleri artan bataryalar denizaltılar için daha da vazgeçilmez hâle gelmektedir.

## 5.1 Lityum-İyon Bataryalar

Günümüzde klasik kurşun asit kökenli bataryalar yerini lityum-iyon bataryalara bırakmaktadır. Kurşun asit bataryalar yerine lityum-iyon bataryaların tercih edilmesinin nedeni daha hafif ve daha fazla enerji depolamaya uygun olmalarıdır. Lityum-iyon bataryalar, şarjları düşük seviyelerdeyken bile yüksek güç çıkışı sunabilmektedir. Bakım ihtiyacı ve döngü maliyetleri kurşun asit bataryalara oranla ekonomiktir ve çok daha fazla enerji depolayabilmektedir. Ancak ilk yatırım maliyeti nispeten daha yüksektir<sup>[13]</sup>.

Lityum-iyon bataryaların en büyük riski bir yangın veya patlama anında ortaya çıkaracağı zehirli gazlar ve yüksek ısı olarak görülmektedir. Ayrıca günümüz şartlarında üretim maliyetleri de kurşun asit bataryalara oranla yüksektir. Japonya'nın Soryu denizaltısının lityum-iyon bataryalarla olan üretim maliyeti 608 milyon dolardır. Bu denizaltı kurşun asit bataryalarla üretilseydi maliyetinin 488 milyon dolar olacağı hesaplanmıştır.

Hindistan donanması da benzer şekilde lityum-iyon bataryalarla ilgili araştırmalarını artırarak 20 aylık bir projeye daha ekonomik ve dayanıklı batarya geliştirmek için çalışma başlatmıştır<sup>[13]</sup>.

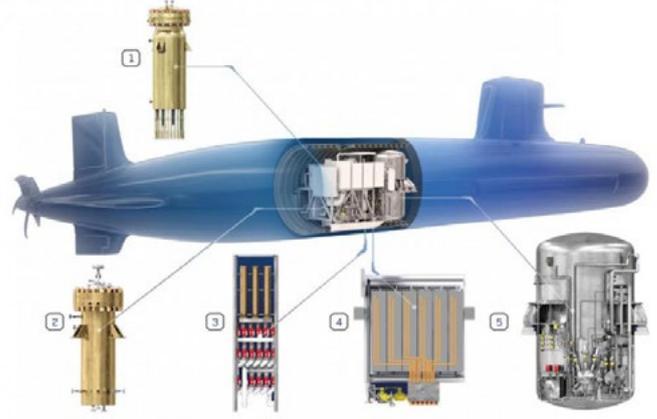


Şekil 2: Lityum-iyon bataryaların denizaltılarda yerleşim durumu<sup>[14]</sup>

Fransız kökenli Naval Group (DCNS) firması denizaltılar için yüksek performanslı ve yüksek güvenli lityum-iyon batarya sistemleri üzerine çalışmalar yapmaktadır. LIBRT adını verdikleri teknolojiyle daha uzun süre sualtı seyri vadeden Naval Group yeni teknoloji lityum-iyon batarya sistemlerinin iki kat daha fazla enerji sunabildiğini ve belirgin şekilde daha hızlı şarj olduğunu açıklamıştır.

Avustralya Donanması LIBRT batarya sistemlerine olan ilgilerini, gelecekteki filoları için üretilmesi planlanan 12 denizaltıya uygulanması amacıyla verdikleri siparişle göstermiştir. Yeni denizaltıların Fransız Barracuda sınıfının tasarımına sahip olması ve eski Rubis sınıfı denizaltılarının yerini alması planlanmıştır<sup>[15]</sup>.

Lityum-iyon bataryaların bir diğer avantajı da birçok alanda kullanım imkânı olmasıdır. Denizaltılarla birlikte insansız sualtı araçları (Unmanned Undersea Vehicle -UUV), torpidolar ve diğer sistemlerde kullanılan lityum-iyon bataryalar geliştikçe kullanım alanlarının daha da genişlemesi beklenmektedir. Daha uzun süre kullanım imkânı, düşük servis ihtiyacı ve döngü maliyetleri ile



Şekil 3: Konvansiyonel denizaltıda LIBRT sistemi: 1. Dizel yakıttan hidrojen üretmeye yarayan dönüştürücü, 2. Dönüştürücü tarafından üretilen karbonmonoksiti yok ederek hidrojen verimini artıran ekipman, 3. Yakıt hücrelerini ultra saf hidrojenle besleyen saflaştırma zarlari, 4. Hidrojen ve oksijenden elektrik üreten yakıt hücreleri, 5. Sıvı oksijen (LOx) tankı<sup>[16]</sup>.

yüksek enerji kapasiteleri sualtı araçları için yeni imkânlar yaratmaktadır.

Lityum-iyon bataryalar gelecek için büyük avantajlar sunarken hâlen gelişmekte olan bir teknoloji olduğunun da bilinmesi gereklidir. Bataryalarda enerjinin depolanması ve yeniden kullanımı için yapılan araştırmalar neticesinde grafen kullanımıyla daha hafif, dayanıklı ve yüksek kapasiteli bataryaların yapılmasına imkân sağlanmıştır. Samsung İleri Teknoloji Enstitüsü (SAIT) araştırmacıları ve Seul Ulusal Üniversitesi Kimya ve Biyoloji Mühendisliği Okulu akademisyenlerinin yaptığı bir çalışmada, grafen kaplamalı lityum-iyon bataryaların kapasitesinde yüzde 45 artış gözlemlenirken normalden beş kat daha hızlı şarj olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca grafen kaplamalı lityum-iyon bataryalar 60 °C gibi düşük bir sıcaklıkta çalışabilmektedir. Ancak bu yeni tasarım bataryalar henüz sualtı uygulamalarında test edilmediğinden yakın gelecekte denizaltıların enerji sistemlerine nasıl bir etkileri olacağı tam olarak bilinmemektedir<sup>[17]</sup>.

Lityum-iyon bataryalar farklı kategorilere ayrılabilir. Kapasiteleri, şarj-deşarj döngü ömürleri, operasyonel kullanım alanları gözeticilerle geliştirilmiş farklı lityum-iyon batarya çeşitleri bulunmaktadır<sup>[18]</sup>.

### 5.1.1 Lityum-Demir-Fosfat Bataryalar

İtalyan donanması, denizaltı filosunu modernleştirmek için 2021 yılının Şubat ayında, ana faaliyet alanı Avrupa Birliği Savunma Teçhizatı Programları İşbirliği'nin yönetimi olan OCCAR (Organisation Conjointe de Coopération en matiere d'Armement -Organisation for Joint Armament Co-operation) ve Fincantieri'ye iki adet yeni nesil denizaltı siparişi vermiştir. Yeni U212NFS (Yakın Geleceğin Denizaltısı -Near Future Submarine) tedarik programı çerçevesinde yapılacak üretim ve lojistik destek masrafları için 1.35 milyar dolar bütçelenmiştir<sup>[19]</sup>.

OCCAR ve Fincantieri'nin üretimini yapacağı denizaltılar bir önceki model olan U212A sınıfının dizel/elektrik tahrik sistemine sahip olacak. Ayrıca 2850kW

Permasym Kalıcı Manyetik elektrik motorları ve 272kW güç üreten Siemens Sinavy PEM yakıt hücreleriyle donatılacaktır. Denizaltıların yeni enerji depolama sisteminin "Açık Deniz (Far Sea)" Ar-Ge programı kapsamında yeni nesil Lityum-Demir-Fosfat (LiFePO<sub>4</sub>-LFP) bataryalardan oluşması planlanmaktadır. Yeni nesil bataryaların daha uzun ömürlü olması, yoğun enerji kapasitesi göstermesi ve sualtı operasyonlarında taktiksel avantajlar sunması öngörülmektedir<sup>[20]</sup>.

### 5.1.2 Lityum-Mangan-Demir-Fosfat Bataryalar

İspanya'nın Askeri Gemi üretim firması Navantia da denizaltıların enerji sistemleri üzerine araştırmalar yapmaktadır. BALIT adı verilen lityum-iyon batarya projesinde klasik lityum-iyon bataryalara oranla yüzde 20 daha yoğun enerjiye sahip denizaltı bataryaları tasarımı için Fransız SAFT firmasıyla anlaşan Navantia, konvansiyonel denizaltılarda yeni nesil batarya teknolojilerinin önemini vurgulamaktadır. İspanyol donanmasının, inşa aşamasında olan S80P sınıfı denizaltılarında kullanılmak üzere geliştirilen bataryalar prizmatik lityum mangan demir fosfat (Lithium Manganese Iron Phosphate -LFMP) hücrelerle entegre tasarlanmaktadır. LFMP bataryalar LFP bataryaların bir varyantıdır<sup>[21]</sup>.

## 6. YENİ NESİL DENİZALTILARIN GÜÇ SİSTEMLERİ VE ARAŞTIRMALARI

ABD donanmasının en yeni teknolojilerle donatılmış yeni üyesi Columbia sınıfı nükleer denizaltılar yeni nesil elektrikli tahrik tertibatıyla donatılmıştır. Bu yeni teknoloji geleceğin tamamen elektrikle çalışan denizaltı konseptlerinin temelini oluşturmaktadır. Güçlü elektrik tahrik sistemi denizaltının sualtı harekâtında sessiz çalışmasını sağlayarak tespit edilmesini zorlaştırmaktadır<sup>[22]</sup>.

Entegre Elektrik Tahrik (Integrated Electric Propulsion -IEP) sistemlerinin denizaltılarda yeri arttıkça daha sessiz ve güvenli güç sistemlerinin gelişmesi için de araştırmalar artmaktadır. Bu sistemler buhar türbinleri veya dizel jeneratörlerden üretilen üç fazlı elektrik enerjisinin yardımıyla elektrik motorlarına güç verilmesi ve pervaneler veya su jeti çarklarının döndürülmesi prensibiyle çalışmaktadır<sup>[23]</sup>.

Geleceğin denizaltı güç ve tahrik sistemlerinin çok düşük harmonik motor kontrolörleri, yüksek güç yoğunluklu ve yüksek performanslı statik invertörler ve dönüştürücüler ile bunların bileşenlerinden oluşması beklenmektedir. Ayrıca termoelektrik soğutucular, çok düşük akustik ve manyetik iz bırakan yüksek basınca mukavim sualtı motorları, süper iletken mıknatıslar, kriyojenik soğutucular, akım toplayıcılar ve gürültü engelleyicilerin de denizaltılara entegre edilmesi planlanmaktadır<sup>[24]</sup>.

İspanyol donanması için denizaltı inşası yapan Navantia son teknoloji S80 ve S80 Plus sınıfı tasarımlarında HBT açısından farklı bir teknoloji ortaya koymuştur. Biyo Etanol Gizlilik Teknolojisi (Bio-ethanol Stealth Technology -BEST) adı verilen Navantia tasarımı olan HBT

sistemi, eski versiyonlarının hidrojen depolama yöntemini, hidrojenin denizaltı içinde üretilerek sisteme katılmasıyla değiştirerek hidrojenin denizaltı içinde depolanması gibi önemli bir sorunu ortadan kaldırmıştır. Hâlen araştırma aşamasında olan sistem birçok tasarımcının hidrojen üretimi için etanol, metanol veya mazotu yakıt seçeneği olarak değerlendirmeye almasını sağlamıştır. Ancak Navantia'nın NASA için yakıt hücreleri üretimi yapan ABD firması Collins Aerospace ve yakıt işlemcileri üzerine çalışmalar yapan Abengoa Innovación ile ortaklaşa yürüttüğü araştırmada hidrojen üretimi, kolay temin edilebilen tarımsal biyo-etanol ile sağlanmaktadır<sup>[25]</sup>.

## 7. SUALTI HÂKİMİYETİ İÇİN ÜLKELERİN YAPTIĞI ÇALIŞMALAR

Donanmalar geleceğin sualtı dünyasında avantajlı pozisyona geçebilmek için çalışmalarını sürdürmektedir. Ülkeler, yeni denizaltı tahrik sistemleri, sualtı platformlarının görev süresini ve sessizliği artıracak teknolojiler ve denizaltı robotlarının geliştirilmesi yönündeki projelere milyonlarca dolar kaynak aktarmaktadır. Sualtı hâkimiyeti için denizaltı teknolojilerine yatırım yapan başlıca ülkeler aşağıda sıralanmıştır.

### 7.1 ABD

ABD donanması üretimini planladığı SSN(X) sınıfı yeni nesil nükleer denizaltıları önceki sınıflara göre daha büyük ebatlarda inşa etmeyi planlamaktadır. Daha kapsamlı görevlerde kullanımı planlanan Columbia sınıfı denizaltıların 13 metre genişliğinde ve 23,310 ton ağırlığında olması beklenmektedir. Diğer sınıflara göre büyük yapılan tasarımda, daha fazla ses izolasyonu sağlanarak denizaltının tespit olasılığı azaltılmaktadır. Ayrıca genişleyen iç hacimle gelecek teknolojilerin entegrasyonu da gözletildiğinden bu durum çeşitli avantajlar sunmaktadır<sup>[26]</sup>.

Eski Ohio sınıfının yerine üretilecek olan Columbia sınıfı denizaltılar (Şekil 4) için donanma 9.4 milyar dolar bütçe ayırmıştır. Bu bütçeyle en az iki denizaltı inşası planlanmıştır. General Dynamics Electric Boat firmasıyla anlaşan ABD donanması ilk denizaltının 2031 yılında göreve çıkmasını planlamaktadır. Columbia sınıfının 2080 yılına kadar hizmet vermesi hedeflenmektedir<sup>[27]</sup>.



Şekil 4: Ohio sınıfı denizaltıların yerini alması planan Columbia sınıfı nükleer denizaltı tasarım bilgileri<sup>[28]</sup>.

171 metre uzunluğunda tasarlanan Columbia sınıfı denizaltıların 16 adet Trident II D5 (LE) balistik füze taşıması planlanmaktadır. Yeni nesil elektrik tahrik sistemi ve reaktörle sevk edilmesi beklenmektedir. ABD donanmasının balistik füze denizaltıları (SSBN'ler) ülkenin nükleer silahlarının yüzde 70'ini taşımaktadır<sup>[29]</sup>.

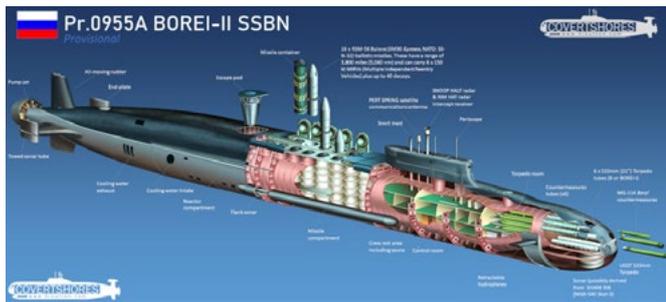
ABD donanması 28 yıldır sadece nükleer denizaltıları hizmette tutmaktadır. Bunun altında yatan temel sebeplerden biri, nükleer denizaltıların yakıt ikmali ve limana ihtiyaç duymadan uzun süre görev yapabilmeleri ve ülkenin okyanuslarla çevrili olmasıdır. Nükleer silahlara ev sahipliği yapacak bir denizaltının boyutları nedeniyle nükleer tahrik sistemine uygunluğu da teşvik edicidir. Diğer önemli bir etken ise ülkenin nükleer fizik, nükleer reaktör üretimi ve nükleer kullanımı üzerine olan tecrübesidir.

Dizel-elektrik denizaltılar ise olası bir savaşta ikmal ihtiyaçları için sıklıkla limanlara dönmek zorundadır. Denizaltılara hizmet vermeye uygun olan limanların düşman güçlerince saf dışı edilmesi hâlinde bu denizaltıların harekâttan sakit kalacağı düşünülmektedir. Ancak düşman hedeflerine yakın ve gizlilikle görev icra edebilmeleri ve bir nükleer denizaltı bütçesiyle çok sayıda konvansiyonel denizaltı üretilmesi gibi avantajların da dikkate alınması gerekmektedir<sup>[30]</sup>.

## 7.2 Rusya

ABD donanması nükleer denizaltılara odaklanırken, Rusya bu süreci farklı ilerletmektedir. Aynı anda altı ayrı denizaltı sınıfının geliştirme çalışmalarını yapan Rusya, Soğuk Savaş döneminden bu yana görülen en büyük donanma modernleşme çalışmasını göstermektedir. Rusya'nın yeni nesil nükleer denizaltıları şunlardır:

- **Borei-II Sınıfı:** 16 adet Bulava kıtalararası balistik füze taşıyabilen en büyük sınıf olan Borei-II'nin (Şekil 5) ilki



Şekil 5: Borei-II sınıfı denizaltı<sup>[31]</sup>.



Şekil 6: Belgorod sınıfı denizaltı<sup>[32]</sup>.

1 Haziran 2020'de donanmaya teslim edilmiştir. Aynı sınıftan altı adet daha üretilmesi planlanmaktadır.

- **Belgorod Sınıfı:** Özel operasyonlar ve casusluk faaliyetlerinde kullanılması planlanan Belgorod sınıfı ise şimdilik dünyanın en büyük denizaltısı olarak bilinmektedir. Poseidon adlı stratejik silahını da taşıması planlanan Belgorod sınıfı denizaltı derin su operasyonlarında da kullanılabilen nükleer enerjili Losharik sınıfı cüce denizaltıyı da içinde taşıyabilmektedir.
- **Khabarovsk Sınıfı:** Belgorod'la benzer şekilde Poseidon stratejik silahlarını bünyesinde barındıran daha küçük ölçekli nükleer bir denizaltıdır.
- **Yasen-M Sınıfı:** Bu sınıf yeni nesil Rus nükleer denizaltılar içinde en küçüğü olarak bilinmektedir. Üç farklı çeşit seyir füzesi taşıyan denizaltının süpersonik füzelerle deniz ve kara hedeflerini vurması hedeflenmiştir. Bu sınıfın tahmini bütçesinin bir milyar dolar civarında olduğu düşünülmektedir.
- **Lada Sınıfı:** Nükleer olmayan bir denizaltı olan bu sınıfın gelecekte HBT sistemli olarak üretilmesi planlanmıştır.
- **Gelişmiş Kilo Sınıfı:** Kilo sınıfının ilk gelişimi 1980 yılına kadar gitmektedir. Az sayıda seyir füzesi de taşıyabilen konvansiyonel denizaltı füzelerini torpido yuvalarından atabilmektedir.

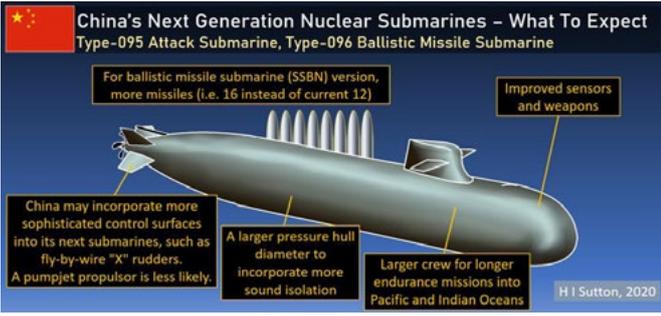


Şekil 7: Rusya donanmasının denizaltı inşa programı<sup>[33]</sup>.

Rusya ile Çin'in yeni nesil bir konvansiyonel denizaltı üzerinde bilgilerini birleştirdiği de düşünülmektedir. Dünyanın en büyük denizaltılarını üreten Rusya'nın gelişmiş teknolojileri ile Çin'in denizaltı gelişim programlarına destek verdiği bilinmektedir. Lada sınıfının bu konuda örnek teşkil ettiğini düşünen yetkililer HBT sistemli tasarımın iki ülkenin gelecek denizaltılarında temel oluşturacağını öngörmektedir<sup>[34]</sup>.

## 7.3 Çin

Çin donanmasının (People's Liberation Army Navy -PLAN) bilinen yeni nesil iki nükleer denizaltı üzerinde araştırmalar yaptığı ve inşasına başladığı düşünülmektedir. 2020 yılında ise iki yeni Jin sınıfı nükleer denizaltıyı hizmete aldığı bilinmektedir<sup>[35]</sup>.



Şekil 8: Tip-095 sınıf Çin denizaltısı<sup>[36]</sup>.

Çin'in yeni nesil nükleer denizaltıları Tip-095 Tang sınıfı olarak adlandırılmaktadır. Çin'in bu denizaltıları ABD'nin Virginia sınıfı denizaltılarına karşılık olarak tasarlandığı düşünülmektedir. Tip-096 sınıf yeni tasarımın ise daha büyük bir model olacağı ve farklı operasyonlarda görev alabileceği tahmin edilmektedir.

Çin'in Rusya ile yaptığı ortak çalışmalar neticesinde ürettiği HBT özellikli denizaltılarında lityum-iyon bataryaları kullanmaya hazırlandığı düşünülmektedir. Bu sayede kurşun asit bataryalara göre daha yoğun enerji kullanımına imkân veren yeni bataryalarla teknoloji olarak Rusya ile birlikte rakiplerinin önüne geçmeyi hedefleyen Çin, araştırmalarını artırmaya devam etmektedir. Çin'in son dönemde yaptığı Ar-Ge çalışmalarıyla geliştirdiği batarya ve yeni nesil HBT sistemleri, denizaltı teknolojisinde rakiplerinin önüne geçmesine imkân vermektedir.

Yeni tasarım denizaltının, Rusya'nın Kilo sınıfı 7.500 deniz mili (13.890 km) menzilli konvansiyonel denizaltı tasarımından yola çıktığı ve yerli olarak ürettiği Yuan sınıfı HBT denizaltının bir kombinasyonu olması beklenmektedir. Geçmişte İsveç'ten alınan Stirling HBT ve yerli olarak üretilen Çin HBT sistemleri filosunda mevcuttur. 45 gün kadar denizde kalabilen Rus Kilo sınıfı denizaltılarda kullanılan dizel elektrik teknolojisine kıyasla daha modern ve iki aya kadar sualtında kalmayı sağlayan Çin HBT sistemleri ayrıca yüksek tahrik gücü de sunmaktadır. HBT sistemlerin en büyük sıkıntısı ise nükleer enerjili denizaltıların güç seviyelerini yakalayamamasıdır. Nükleer denizaltılar 20.000 beygir gücü mertebeleriyle yüksek süratte ve uzun süre sevk gerçekleştirebilirken, HBT sistemler 400 beygir gücü mertebeleriyle sürat yapmak için nispeten zayıf kalmaktadır<sup>[37]</sup>.

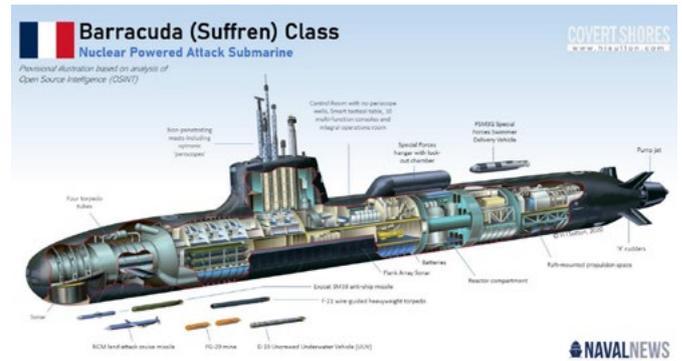
Ayrıca Çin'in yeni nesil tahrik sistemleri üzerinde de çalışmalar yaptığı bilinmektedir. Son teknoloji ekipmanlarla birleştirilmiş yeni tahrik sistemi sayesinde pervaneleri çok düşük gürültüyle çalışarak denizaltıların tespitini oldukça güçleştirmektedir. Nozûlden Tahrikli Pervane (Rim-Drive Propeller -RDP) adı verilen yeni sistemin pervaneleri merkezdeki şaft yerine dış nozûle/kasnağa/çerçeveye bağlı olarak çalışmaktadır. Pervanenin bağlı olduğu halka manyetik güçlerle dönüş sağlayarak minimal ses düzeyi yaratmaktadır. Yeni tahrik sisteminin Tip-095 sınıfında kullanılması planlanmaktadır<sup>[38]</sup>.

## 7.4 Fransa

Fransa sualtı hâkimiyetinde varlığını göstermek için dört adet yeni nesil nükleer denizaltının inşasına başlamıştır. 2030 ile 2090 yılları arasında hizmet vermesi planlanan SSBN tipi balistik füze denizaltılarının ilkinin 2035 yılında hizmete alınması beklenmektedir. İlerleyen dönemde ise her beş yılda yeni bir denizaltının hizmete alınması hedeflenmiştir<sup>[39]</sup>.

2021 yılında beş milyar dolar bütçenin; bazı savunma alanlarında harcanmasına yönelik yapılan oylama neticesinde yeni nesil denizaltılar, balistik füzeler ve nükleer başlıklı füzeler planlanmıştır. Barracuda sınıfı olarak adlandırılan yeni nesil nükleer denizaltıların 150 metre uzunluğunda ve 15.000 ton ağırlığında olması, ayrıca 100 mürettebatla faaliyet göstermesi öngörülmektedir<sup>[40]</sup>.

Fransa donanması satha çıkmadan nükleer denizaltılarla aynı sürede sualtında kalabilecek, üretim bütçesi bakımından daha ekonomik ve sadece elektrik enerjisi kullanan bir denizaltı konsepti üzerinde teorik çalışmalar yapmaktadır. Henüz kağıt üzerinde tasarım aşamasında olan SMX31E adlı denizaltının iki adet rim tahrikli motora sahip olması planlanmaktadır. Uçak motorlarına benzer bir tasarıma sahip motorların neredeyse tamamen sessiz çalışması beklenmektedir. Ayrıca satha çıkmadan çok uzun süre görev yapabilmesi için devasa lityum-iyon bataryalarla donatılması ve bu sayede en az 60 gün sualtında beş deniz mili hızla ilerlemesi düşünülmektedir. Nükleer denizaltılar da yemek ikmali nedeniyle en fazla 60 gün sualtında kalabildiğinden konsept denizaltı yeniden şarj olana kadar aynı sürede sualtında kalabilmektedir. 15 mürettebat ve 20 komando için uygun şekilde



Şekil 9: Fransız Barracuda (Suffren) sınıfı denizaltı tasarımı<sup>[41]</sup>.



Şekil 10: Barracuda (SNLE-3G) sınıfı denizaltı tasarımı<sup>[42]</sup>.



**Şekil 11:** Fransız SMX31E konsept elektrikli denizaltısı<sup>[43]</sup>.

tasarlanması planlanan konsept denizaltının ayrıca altı sualtı İnsansız Deniz Aracı (İDA) ve iki ekstra geniş sualtı İDA da taşıyarak ana gemi görevi yapması da düşünülmektedir. Kesin bir tarih verilmemekle beraber yakın gelecekte ortaya çıkacak yeni nesil teknolojilerin de yardımıyla SMX31E'nin denizaltı filolarında yer edinmesi mümkün görülmektedir.

### 7.5 Japonya

Japonya 2020'nin Mart ayında ilk lityum-iyon batarya kullanan Soryu sınıfı denizaltısı olan Ouryu'yu hizmete almıştır. Bu sınıfta üretilecek yedi adet denizaltının ilki Ekim 2020'de filoya dahil edilmiştir. Japonya denizaltılar için lityum-iyon bataryalarla ilgili çalışmalarını 2002 yılında başlatmıştır<sup>[13]</sup>.

Ouryu düşük bakım periyotları, suüstünde 13 deniz mili ve sualtında 20 deniz mili gibi yüksek hızlarda gösterdiği dayanıklılığı ile öne çıkmaktadır. 84 metre uzunluğunda ve 7.100 ton ağırlığında olan denizaltı 65 mürettebatla görev yaparken, 30 adet ağır torpido taşıyabiliyor<sup>[44]</sup>.



**Şekil 12:** Japon Soryu sınıfı denizaltı Ouryu<sup>[45]</sup>.

### 7.6 Güney Kore

Güney Kore de denizaltılarda kullanılacak lityum-iyon bataryalarla ilgili 2026 yılına kadar tamamlanması planlanan ve Çin'dekine benzer çalışmalar yaptığı bilinmektedir.

Jang Bogo-III sınıfı dizel-elektrik denizaltılarında uygulanmak üzere 2020 yılında lityum-iyon bataryalar üzerinde çalışmalar başlatılan Güney Kore prototip aşamasında olan denizaltının dalış menziline üç kata kadar artırmayı hedeflemektedir. Yeni nesil lityum-iyon bataryaların mevcut Tip 214 yakıt hücrelerine oranla iki kat ve Tip 209 kurşun asit bataryalara oranla beş kat daha fazla güç yoğunluğu sağlaması planlanmaktadır. Jang Bogo-3 tipi denizaltının aynı zamanda Kore Dikey Fırlatma sistemiyle donatılması ve 10 adet Chonryong seyir füzesi taşınması beklenmektedir<sup>[46]</sup>.

### 7.7 Türkiye

Türk Deniz Kuvvetleri envanterinde Alman "209" sınıfının farklı modları olan üç farklı sınıfta toplam 12 denizaltı bulunmaktadır. "Ay" sınıfı denizaltıların ilk üçü Almanya'da üretilmiş ve ilki 1975 yılında hizmete girmiştir. Diğer Ay sınıfı denizaltıyla birlikte dört adet "Preveze" ve dört adet "Gür" sınıfı denizaltının tümü Alman HDW tersanesinden alınan tasarım ve malzeme paketleriyle Gölcük Tersanesi Komutanlığında üretilmiştir. Modernize edilerek ömrü uzatılan Ay sınıflarının 2020'li yıllarda da kullanılması planlanmaktadır.

Preveze sınıfı denizaltılar 1994-2001 yıllarında, Türkiye'nin en gelişmiş denizaltı sınıfı olan Gür sınıfı denizaltılar ise 2004-2008 yıllarında hizmete girmiştir. Yeni olmalarının verdiği avantajla Gür sınıfı denizaltılar en gelişmiş sistemlere ve silahlara sahiptir. Tasarımlarının Almanya'da gerçekleştirilmiş olmasına rağmen bütün denizaltılarda Türk üretimi sistemler de yer almaktadır.

#### Türkiye'nin Envanterinde Bulunan Denizaltılar

##### Reis Sınıfı

HBT özellikli 6 adet denizaltının inşası devam etmektedir. TCG Piri Reis'in 2022 yılında Deniz Kuvvetleri Komutanlığının envanterine girmesi hedeflenmektedir.

##### AY Sınıfı (Tip 209/1200 ton)

TCG Batıray (S-349)

TCG Yıldırım (S-350)

TCG Doğanay (S-351)

TCG Dolunay (S-352)

##### Preveze Sınıfı (Tip 209/ 1400 ton)

TCG Preveze (S-353)

TCG Sakarya (S-354)

TCG 18 Mart (S-355)

TCG Anafartalar (S-356)

##### Gür Sınıfı (Tip 209/ 1400 ton)

TCG Gür (S-357)

TCG Çanakkale (S-358)

TCG Burakreis (S-359)

TCG I. İnönü (S-360)

**Tablo 13:** Türk Deniz Kuvvetleri envanterindeki denizaltılar.

Ay sınıfı denizaltılar, 2020'lerde yerlerini "Reis" sınıfı denizaltılara bırakacaktır. Yeni Tip Denizaltı Tedarik Projesi kapsamında yakıt hücresi HBT özellikli Reis sınıfı denizaltılar üretilmeye başlanmıştır. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. (STM), ASELSAN, HAVELSAN, TÜBİTAK, Ayesaş, Milsoft ve KoçSistem'in yerli tedarikçi olarak görev aldığı projedeki denizaltılarda yerlilik oranı yaklaşık yüzde 81'dir<sup>[47]</sup>.

Yerli ve milli sualtı teknolojilerinin geliştirilmesi için atılacak adımlar sayesinde Reis sınıfı denizaltıların hizmete girmesi Türkiye'nin geleceğin en rekabetçi alanlarından birinde öncü ülkeler arasına girmesini sağlayacaktır.

### 7.7.1 Yeni Tip Denizaltı Projesi (YTDP)

T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB) tarafından 2011 yılında başlatılan Yeni Tip Denizaltı Projesi (YTDP) kapsamında, altı adet Reis sınıfı denizaltının üretimi devam etmektedir. Alman Thyssen Krupp Marine Systems (TKMS) firması tarafından tasarlanan denizaltıların üretimi, yerli imkânlarla Gölçük Tersane Komutanlığında gerçekleştirilmektedir. TCG Pirireis (S-330) denizaltısı, 2019 yılı içerisinde havuza alınmıştır. 2021 yılında ise TCG Pirireis denizaltısı denize indirilmiş, TCG Hızırreis (S-331) denizaltısı ise havuza alınacaktır. İlk denizaltı TCG Pirireis'in (S-330) 2022 yılında Türk donanması envanterine alınması planlanmaktadır. Havadan Bağımsız Tahrik Sistemine (HBT) sahip Reis sınıfı denizaltılar, Türk donanması için stratejik kuvvet çarpanı etkisi göstereceklerdir<sup>[48]</sup>.

#### 7.7.1.1 Reis Tipi Denizaltıların Temel Özellikleri

Reis sınıfı denizaltıların mukavim tekne dış çapı 6.3 m, toplam uzunluğu 67.6 m, toplam yüksekliği 13.1 m (periskoplar hariç), su çekimi 6.8 m, satih deplasmanı 1.855 ton, dalmış deplasmanı ise 2.042 ton olacaktır. Bu özelliği ile tek bölmeli/tekneli Reis sınıfı denizaltılar Tip 214 sınıfı denizaltılar içinde Portekiz Deniz Kuvvetleri envanterindeki 67.9 m uzunluğa sahip tek tekneli, çift bölmeli 209PN denizaltılarının ardından kendi sınıfının ikinci en uzun denizaltısı ve 2.042 tonluk deplasmanı ile en ağır denizaltısı olacaktır. Reis sınıfı denizaltılar her biri yaklaşık 3 m uzunluğunda 22 alt blok ve beş ana bloktan oluşmaktadır. 840 ton ağırlığındaki beş ayrı ana blok birleştirildiğinde ise denizaltının teknesi ortaya çıkmaktadır.

Reis sınıfı denizaltılarda kullanılan sistem ve malzemelerin yerli ve milli üretim olması konusunda STM öncülüğünde çalışmalar yürütülmüş ve yürütülmektedir.

Reis sınıfı denizaltılar taşıdıkları HBT sistemi ve modern silah donanımlarıyla daha derin sularda daha sessiz hareket kabiliyetine sahip olacaktır. Bahse konu denizaltıların envantere alınmasıyla Türk Deniz Kuvvetlerinin ilgi ve yetki sahasındaki caydırıcılığı daha da artacaktır.

#### 7.7.1.2 Reis Sınıfı Denizaltıların HBT Sistemi

Tip 214 sınıfı denizaltılardaki Havadan Bağımsız Tahrik Sistemi'nin kalbini her biri 120kW güç sağlayan Siemens üretimi iki adet BZM120 Polimer Elektrolit Membran yakıt hücresi modülü oluşturmaktadır. Her biri 900 kg ağırlığa sahip 320 hücreli BZ120 PEM yakıt hücresi modüllerinin çalışma/hizmet ömrü 2.000-4.000 saat olarak hesaplanmaktadır; yani 4.000 saat çalıştıktan sonra BZM120 PEM modülünün yenilenmesi gerekir.

BZM120 PEM modülü denizaltıya sualtında 2 ila 6 knot süratle seyir/sefer yapabileme ve hıza bağlı olarak satih çıkmadan yaklaşık üç hafta süreyle sualtında kalabilme kabiliyeti sağlamaktadır. Suüstünde 12, sualtında ise 20 knot sürata erişebilen Tip 214'ün HBT sistemi sayesinde seyir ve bataryaları şarj etmek için şnorkel yapmadan 4 knot hızla sualtında 18 gün, azami yakıt yüküyle satihda şnorkel yapıp dalmış durumda ise 6 knot hız ile 12.000 nm yol katedebildiği belirtilmektedir.



Şekil 14: Type 2014TN (Reis Sınıfı Denizaltı).

Denizaltı hava erişimi varken yüksek hızda seyirde dizel motorlarını kullanırken, düşük hızda sessiz seyir için HBT sisteminden yararlanmaktadır. HBT sisteminin ana bileşenleri; yakıt hücresi modülü, metal hidrit silindirleri, sıvı oksijen tankı ve kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Metal hidrit silindirlerinde depolanan hidrojen ile sıvı hâldeki oksijenin yakıt hücresi modülünde kimyasal reaksiyon sonucunda oluşan elektrik enerjisiyle denizaltı suüstüne çıkma ihtiyacı duymadan uzun süre görev icra edebilmektedir. Sessiz seyir sırasında dizel motorlara ihtiyaç olmaması ve azami 80 derece gibi oldukça düşük bir ısının ortaya çıkması ile sonuçlanan söz konusu kimyasal reaksiyon sonucunda, herhangi bir atık veya egzoz ısısı oluşmadığından denizaltıların akustik ve termal izleri önemli oranda düşmekte ve denizaltı suda tespit edilmesi neredeyse imkânsız bir "kara delik" haline gelmektedir.

Hibrit (dizel/elektrik ve HBT) tahrik sistemine sahip Tip 214 sınıfı denizaltılar bataryalarını her biri 120kW güç kapasiteli Polimer Elektrolit Membranlı (PEM) yakıt hücrelerini kullanarak veya dizel motorlarının desteğinde şnorkel veya satih seyriyle yeniden şarj edebilmektedirler. Dizel motorlara kıyasla imla (şarj) işlemi PEM yakıt hücreleri kullanıldığında çok daha sessiz bir şekilde gerçekleştirilebilmekte, böylelikle denizaltının tespit edilebilme ihtimali azaltılmaktadır.

Uzun bir görev sonrasında HBT sisteminde yer alan sıvı oksijen tankı ve hidrojen şişelerinin dolumu için Tip 214TN Reis sınıfı denizaltıların konuşlandırılacağı Gölçük Deniz Üssü bünyesinde bu ihtiyaca özel bir yakıt dolum tesisi kullanılacaktır. Açık kaynaklara göre metal hidrit tanklar limanda 10 saatte yüzde 80, 25 saatte ise yüzde 100 doldurulabilmektedir. Denizaltı gövdesi içindeki LOx tankı ve hidrojenin depolandığı metal hidrit şişelerinin doldurulması için özel kapakların yer aldığı ve dolumu yapacak sistemin bağlanmasıyla hidrojen şişelerinin tamamının manifoldlar sayesinde aynı anda doldurulabileceği belirtilmektedir<sup>[49]</sup>.

#### 7.7.2 STM'nin Denizaltı Faaliyetleri

STM klasik harp denizaltısına ilişkin olarak, konsept, tasarım, donanım üretimi ve tedariki süreçlerinde çalışmalar yürütmektedir. Ayrıca, kurumun üzerinde çalıştığı "Denizaltı Mükemmeliyet Merkezi" adlı projesinde araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yanı sıra batarya sistemleri üzerinde de çalışmaların da yapılması



**Şekil 15:** STM'nin Pakistan donanmasına ait Agosta-90B denizaltı modernizasyonu.

beklenmektedir. Böylece denizaltı tasarım ve üretiminde maliyetler azaltılırken, dışa bağımlılığın asgariye indirilmesi hedeflenmektedir.

STM gelecekte oluşturulacak denizaltı teknolojileri konusunda Deniz Kuvvetleri dışında hâlihazırda tek yetkin kuruluş olarak dikkat çekmektedir ve bünyesinde denizaltı dizayn ekibi barındıran yegâne sivil kuruluştur. STM'nin özellikle konsept dizayn alanında yetenekleri bulunmaktadır. STM Deniz Projeleri Direktörlüğü'nün verdiği bilgilere göre, denizaltı inşası dışında kurum, hem Türkiye'de hem yurtdışında denizaltı modernizasyonu işleri yapmaktadır.

Pakistan'ın hâlihazırda sahip olduğu beş denizaltısından en gelişmiş olan üç denizaltısını STM modernize etmektedir. Agosta 90B sınıfı denizaltıların modernizasyonuna yönelik proje kapsamında ana rolü üstlenen STM, Pakistan Silahlı Kuvvetlerinin güçlendirilmesine yönelik projelerdeki iş payını artırırken yeni projeler için de gelişmeler sürmektedir<sup>[50]</sup>.

STM ayrıca IDEF'17'de Alman firması ThyssenKrupp Marine Systems (TKMS) ile Endonezya Denizaltı Projesi kapsamında işbirliği anlaşması imzalamıştır. Anlaşmanın kapsamı 2.5 milyar avro değerindedir<sup>[51]</sup>.

Bunlara ek olarak, STM Yeni Tip Denizaltı projesinde önemli görevler üstlenerek, SSB tarafından yürütülen faaliyetlere de destek vermektedir. Yaklaşık 11 yıl sürecek olan Türkiye'nin bu çok önemli askeri projesinde STM'nin üstlendiği görevler arasında şunlar bulunmaktadır:

- Tasarım, mühendislik ve sistem entegrasyon faaliyetlerine katılmak,
- Denizaltı mukavim tekne üretim hattı tezgâhlarının yerli ve milli üretimi ve modernizasyonunu sağlamak,
- Gölçük Tersanesi'ne ihtiyaç doğrultusunda destek sağlamak,
- Gemi inşasında kullanılacak malzeme, cihaz/sistemlerin yerleştirme çalışmasına katkı sunmak,
- Projede yerli katkısı artırmak,
- Denizaltı mukavim olmayan tekne bloklarını ve bazı Denizaltı Kompozit Üstyapısı (GRP) ünitelerini yurtiçinde imal ettirmek bulunmaktadır<sup>[52]</sup>.

Klasik denizaltı için 150 tondan 3.000 tona kadar her türlü denizaltıyı dizayn edecek ve inşasına destek verecek yetkinlikte olan STM, Türk Deniz Kuvvetlerinin Ay ve Preveze sınıfı denizaltılarının modernizasyonunda görev almaktadır. Denizaltılar konusunda çalışmalarını istikrarlı şekilde ilerleten STM IDEF'19 fuarında TS 1700 adlı denizaltısının kavramsal tasarımını da sergilemiştir<sup>[53]</sup>.

TS1700 Denizaltısı, STM tarafından kavramsal tasarımı geliştirilmiş havadan bağımsız tahrikli uzun menzilli dizel-elektrik atak denizaltısıdır. Platform; 25 kişilik mürettebata ek olarak altı kişilik Özel Kuvvetler ekibi ile 90 gün boyunca 300 metreden derinlerde görev icra edebilirken, sekiz adet atışa hazır torpido kovani ile toplamda 16 adet ağır torpido ve güdümlü füze atış gücüne haiz olmaktadır<sup>[54]</sup>.

Diğer yandan SWATS500 denizaltısı STM tarafından kavramsal tasarımı sığ sular için geliştirilmiş dizel-elektrik atak denizaltısıdır. Platform; 18 kişilik mürettebata ek olarak 6-8 kişilik Özel Kuvvetler ekibi ile 30 gün boyunca 200 metreden derinlerde görev icra edebilirken, dört adet atışa hazır torpido kovani ile toplamda sekiz adet ağır torpido ve güdümlü füze atış gücüne haiz olmaktadır.

## 8. SONUÇ

Denizaltılar bir ülkenin donanmasının en güçlü ve vazgeçilmez parçasıdır. Denizaltılar operasyonları gizlilikle yürütme yeteneklerinin yanı sıra bilgi ve veri toplama faaliyetleri kapsamında bir donanmanın sessiz savaşçılarıdır. Denizaltı enerji sistemleri alanında yapılan araştırmalar geleceğin sualtı hâkimiyetinde teknolojisini bu yönde geliştirmiş güçlü donanmaların söz sahibi olmasına vesile olacaktır. Yeni enerji depolama yöntemlerinin araştırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının her geçen gün daha çok tercih edilmesi ve daha güvenli güç kaynaklarına yönelmesi denizaltıların da geleceğinde kalıcı değişiklikler yaratacaktır. Ancak denizaltılara uygulanacak her yeni teknolojinin titizlikle ve uzun süren testlerle değerlendirilmesi gerektiğinden bu araçların enerji sistemlerinin de sabırla araştırılması ve dünyadaki gelişmelerin takip edilmesi gerekmektedir.

Yüksek riskler barındıran nükleer enerji kaynaklarının ve tahrik sistemlerinin yerini zamanla daha güvenli ve çevre dostu HBT sistemlerine bırakması, lityum-iyon gibi yeni nesil batarya sistemlerinin daha ekonomik, hafif ve güçlü bir alternatif oluşturması ve yeni tahrik sistemlerinin uygulanmasıyla denizaltı dünyasında köklü değişiklikler yaşanması kaçınılmazdır. Ülkelerin araştırma ve geliştirme projelerinde rakiplerine oranla öne geçme hırsları bu teknolojilerin beklenenden daha önce uygulanması ve gelişmesine imkân vermektedir. Ancak en önemli çalışmalar enerji ve batarya sistemleri gibi ortak bilimsel alanlarda ortaya çıktığından, farklı sektörlerden de destek alınması ve küresel teknolojik gelişime katkı sunulması, hem askeri hemde sivil denizaltıların gelişimini güçlendirecektir. Askeri alanda ise doğru uygulanacak her teknoloji ülkeleri sualtı hâkimiyetine bir adım daha yaklaştıracaktır.



## KAYNAKÇA

- [1] Bhargava, Mukesh; (2018), "Emerging Technologies for Submarines of the Future", *NavalForces*, (Mayıs 2018), <http://www.spsnavalforces.com/story/?id=584&h=Emerging-Technologies-for-Submarines-of-the-Future>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [2] *Vizyoner Genç*, (2019), "Modern Denizaltılar ve Havadan Bağımsız Tahrik Sistemleri", (5 Nisan 2019), <https://vizyonergenc.com/icerik/modern-denizaltilar-ve-havadan-bagimsiz-tahrik-sistemleri>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [3] *Wikipedia*, "History of submarines", [https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_submarines](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_submarines).(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [4] Brain, Marshall; Freudenrich, Craig; "How Submarines Work", *howstuffworks*, <https://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/submarine3.htm>
- [5] Woodford, Chris; (2020), "Submarines", *Explainthatstuff*, (13 Ekim 2020), <https://www.explainthatstuff.com/submarines.html>. (Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [6] *Wikipedia*, "Air-independent propulsion", [https://en.wikipedia.org/wiki/Air-independent\\_propulsion](https://en.wikipedia.org/wiki/Air-independent_propulsion).(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [7] Kimla, Dominik; "Conventional (AIP) Submarine – a Weapon of Choice for the 21st Century", *Frost&Sullivan*, <https://www.iqpc.com/media/7250/3472.pdf>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [8] *Wikipedia*, "Nuclear submarine", [https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear\\_submarine](https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_submarine).(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [9] P. Dingemans, R.; "Alternative Power Sources for Submarines", *RH Marine*, <https://www.rhmarine.com/media/129298/alternative-power-sources-for-submarines-rh-marine.pdf>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [10] Anadolu Üniversitesi, "PEM Yakıt Hücresi Bileşenleri", *Slideshare*, <https://slideplayer.biz.tr/slide/3051684/11/images/5/PEM+-Yak%C4%B1t+H%C3%BCresinin+Bile%C5%9Fenleri.jpg>. (Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [11] Conte-Rios, Augusto; Pelegrin-Garcia, Juan-Diego; (2020), "A Revolution in Submarine Propulsion", *U.S. Naval Institute*, (Ekim 2020), <https://www.usni.org/magazines/proceedings/2020/october/revolution-submarine-propulsion>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [12] Spector, Julian; (2016), "From Solar to Second-Life Batteries: Why the Navy Leads the US Government in Clean Energy Deployment", (21 Ekim 2016), <https://www.greentechmedia.com/articles/read/navy-leads-federal-government-in-clean-energy-solar-storage>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [13] *THEWEEK*, (2020), "Why is Indian Navy eyeing lithium-ion batteries for its submarines?", (30 Ekim 2020), <https://www.theweek.in/news/india/2020/10/30/why-is-indian-navy-eyeing-lithium-ion-batteries-for-its-submarines.html>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)

- [14] *Defence View*, (2020), “Why is Indian Navy eyeing lithium-ion batteries for its submarines?”, (11 Kasım 2020), <https://defenceview.in/why-is-indian-navy-eyeing-lithium-ion-batteries-for-its-submarines/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [15] *SITECRAFT*, “Naval Group unveils latest lithium-ion batteries for submarines”, <https://www.sitecraft.net.au/naval-group-unveils-latest-lithium-ion-batteries-for-submarines/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [16] *Submarine Matters*, (2019), “Swarms of Chinese Mini-UUVs Threatening Aussie Submarines.(31 Ekim 2019), <http://gentleseas.blogspot.com/2019/10/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [17] Taylor-Smith, Kerry; (2020), “Lithium-ion Batteries and their Future in Underwater Applications”, *AZO Materials*, (24 Eylül 2020), <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=19664>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [18] *Battery University*, “BU-205: Types of Lithium-ion” [https://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/types\\_of\\_lithium\\_ion](https://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/types_of_lithium_ion).(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [19] *Fincantieri*, (2021), “Two new-generation submarines for the Italian navy”, (26 Şubat 2021), <https://www.fincantieri.com/en/media/press-releases/2021/fincantieri-2-new-generation-submarines-for-the-italian-navy/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [20] *EDR Online*, (2021), “OCCAR awards to Fincantieri the first phase of the U212 NFS submarines programme”, (2 Mart 2021), <https://www.edrmagazine.eu/occar-awards-to-fincantieri-the-first-phase-of-the-u212-nfs-submarines-programme>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [21] *SP’s NavalForces*, (2020), “Navantia and SAFT to develop leading-edge Lithium-Ion batteries for conventional submarines”, (11 Ağustos 2021), <http://www.spsnavalforces.com/news/?id=282&h=DCNS-present-at-Balt-Military-Expo-2016-from-20-to-22-June-at-Gdansk-Poland>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [22] *Wikipedia*, “Columbia-class submarine”, [https://en.wikipedia.org/wiki/Columbia-class\\_submarine](https://en.wikipedia.org/wiki/Columbia-class_submarine).(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [23] *Wikipedia*, “Integrated electric propulsion”, [https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated\\_electric\\_propulsion](https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_electric_propulsion).(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [24] *The National Academics of Sciences Engineering Medicine*, “Electric Power and Propulsion”, <https://www.nap.edu/read/5863/chapter/10#233>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [25] *SP’s NavalForces*, (2020), “Navantia’s “BEST” AIP (Bio-Ethanol Stealth Technology)”, (2 Mart 2020), <http://www.spsnavalforces.com/story/?id=672&h=Navantiaandrsquo;s-andldquo;BESTandrdquo;-AIP-Bio-Ethanol-Stealth-Technology>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [26] Trevithick, Joseph; (2020), “Navy’s Next Attack Submarine Will Be Wider And Based On The New Columbia Class Missile Boats”, *The Drive*, (4 Kasım 2020), <https://www.thedrive.com/the-war-zone/37441/navys-next-attack-submarine-will-be-wider-and-based-on-the-new-columbia-class-missile-boats>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [27] Mizokami, Kyle; (2020), “The Navy’s New Missile Subs Carry a Devastating Nuclear Payload”, *Popular Mechanics*, (11 Kasım 2020), <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a34634124/navy-new-columbia-class-nuclear-ballistic-missile-submarines/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [28] Osborn, Kris; (2019), “The Navy’s New Columbia-Class Nuclear Submarine Is Armed with a New Missile”, *World Defence*, (21 Mayıs 2019), <https://world-defense.com/threads/us-navys-new-columbia-class-nuclear-submarine-is-armed-with-a-new-missile.6002/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [29] *www.dmitryshulgin*, “Columbia Class”, <http://www.dmitryshulgin.com/columbia-class/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [30] Mizokami, Kyle; (2018), “Should the U.S. Navy Buy Non-Nuclear Submarines?”, *Popular Mechanics*, (7 Eylül 2018), <https://www.popularmechanics.com/military/navy-ships/a23028437/should-the-us-navy-buy-non-nuclear-submarines/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [31] I Sutton, H; “Borei-A”, *www.hisutton.com*, (18 Kasım 2020), <http://www.hisutton.com/Borei-A.html>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [32] I Sutton, H; (2021), “Belgorod-Class-Submarine”, *www.hisutton.com*, (28 Şubat 2021), <http://www.hisutton.com/Belgorod-Class-Submarine.html>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [33] I Sutton, H; (2020), “6 Types Of Submarines: The Russian Navy’s Extreme Modernization”, *Forbes*, (3 Haziran 2020), <https://www.forbes.com/sites/hisutton/2020/06/03/6-types-of-submarine-the-russian-navys-extreme-modernization/?sh=783ab9107a6e>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [34] I Sutton, H; (2020), “China And Russia In Mysterious New Submarine Project”, *Forbes*, (27 Ağustos 2020), <https://www.forbes.com/sites/hisutton/2020/08/27/china-and-russia-in-mysterious-new-submarine-project/?sh=700fdc9a1629>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [35] Chan, Minnie; (2020), “Chinese navy puts two new nuclear submarines into service”, *South China Morning Post*, (29 Nisan 2020), <https://www.scmp.com/news/china/military/article/3082195/chinese-navy-puts-two-new-nuclear-submarines-into-service>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [36] I Sutton, H; (2020), “Chinese Navy Steps Closer To New Generation Of Nuclear Submarines”, *Forbes*, (19 Haziran 2020), <https://www.forbes.com/sites/hisutton/2020/06/19/chinese-navy-gets-closer-to-new-generation-of-nuclear-submarines/?sh=42b4152a229e>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [37] Greenwood, Matthew; (2020), “Potential New Submarine Could Have Chinese Muscle and Russian Teeth”, *engineering.com*, (8 Eylül 2020), <https://www.engineering.com/story/potential-new-submarine-could-have-chinese-muscle-and-russian-teeth>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [38] *Globe Composite*, “Is China taking the lead in submarine propulsion?”, <https://www.globecomposite.com/blog/china-submarine-propulsion-technology>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [39] *Marine Link*, (2021), “France Launches Program to Build New Generation of Nuclear Submarines”, (19 Şubat 2021), <https://www.marinelink.com/news/france-launches-program-build-new-485431>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [40] *SLDinfo*, (2021), “The French Government Launches Next Gen SSBN Studies”, (23 Şubat 2021), <https://sldinfo.com/2021/02/the-french-government-launches-next-gen-ssbn-studies/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [41] I Sutton, H; (2020), “France’s Submarine Game Changer: The New Suffren-Class”, *Naval News*, (18 Ekim 2020), <https://www.navalnews.com/event-news/euronaval-2020/2020/10/frances-submarine-game-changer-the-new-suffren-class/#prettyPhoto>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [42] I Sutton, H; (2021), “France’s New Submarine Will Be Even Quieter Than The Ocean”, *Naval News*, (26 Şubat 2021), <https://www.navalnews.com/naval-news/2021/02/frances-new-submarine-will-be-even-quieter-than-the-ocean/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [43] Mackenzie, Christina; (2020), “Electric propulsion makes this French submarine concept extra sneaky”, *Popular Science*, (30 Kasım 2020), <https://www.popsci.com/story/technology/french-stealth-submarine-electric-concept/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [44] Yeo, Mike; (2020), “Japan commissions its first submarine running on lithium-ion batteries”, *Defense News*, (6 Mart 2020), <https://www.defensenews.com/global/asia-pacific/2020/03/06/japan-commissions-its-first-submarine-running-on-lithium-ion-batteries/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [45] *EG24 News*, (2020), “The Japanese Navy unveils a smart battery-powered submarine”, (10 Mart 2020), <https://www.eg24.news/2020/03/the-japanese-navy-unveils-a-smart-battery-powered-submarine/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)

- y-powered-submarine.html.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [46] *Navy Recognition*, (2020), “South Korea develops lithium-ion battery for new Jang Bogo-III Class diesel-electric powered attack submarine”, (Eylül 2020), <https://www.navyrecognition.com/index.php/news/defence-news/2020/september/9029-south-korea-develops-lithium-ion-battery-for-new-jang-bogo-iii-class-diesel-electric-powered-attack-submarine.html>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [47] Kıymet, Sezer; (2017), “Milli denizaltıda Piri Reis müjdesi! Yeni Tip Denizaltıların özellikleri”, *Yeni Şafak*, (23 Ekim 2017), <https://www.yenisafak.com/gundem/denizlerin-canavari-2804498>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [48] Şahin, Anıl; (2021), “Türk Deniz Kuvvetleri Komutanlığı’nda 2021’de Gerçekleşecek Gelişmeler”, *SavunmaSanayİST*, (17 Ocak 2021), <https://www.savunmasanayist.com/turk-deniz-kuvvetleri-2021/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [49] *Millisavunma.com*, (2018), “Yeni Tip Denizaltı Projesi”, (4 Eylül 2018), <http://www.millisavunma.com/yeni-tip-denizalti-projesi/>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [50] Yıldırım Göksel; (2020), “Savunma sanayisinde hedef Pakistan’da yeni projeler”, *Anadolu Ajansı*, (25 Şubat 2020), <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/savunma-sanayisinde-hedef-pakistan-da-yeni-projeler/1744331>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [51] *Deniz Haber*, (2017), “STM ve ThyssenKrupp Marine Systems Endonezya için ortak denizaltı üretecek”, (15 Mayıs 2017), <https://www.denizhaber.net/stm-ve-thyssenkrupp-marine-systems-endonezya-icin-ortak-denizalti-uretecek-haber-74238.htm>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [52] STM, “Yeni Tip Denizaltı Reis Sınıfı”, <https://www.stm.com.tr/tr/cozumlerimiz/deniz-projeleri/yeni-tip-denizalti-projesi>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [53] Kıvrak, Salih; (2020), “STM, Milli Denizaltı Projesi’ni 2023 yılında tamamlamayı hedefliyor”, *Defense Turk*, (1 Ekim 2020), <https://www.defenceturk.net/stm-milli-denizalti-projesini-2023-yilinda-tamamlamayi-hedefliyor>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)
- [54] STM, “Denizaltı TS1700”, <https://www.stm.com.tr/tr/cozumlerimiz/deniz-projeleri/denizalti-ts1700>.(Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021)



**thinktech**  
STM Teknolojik Düşünce Merkezi  
<http://thinktech.stm.com.tr>

