

T.C
SAHA İSTANBUL & TÜBİTAK TÜSSİDE
SAHA AKADEMİ MBA YÖNETİCİ GELİŞTİRME PROGRAMI

**Savunma Sanayiinde Tedarik Zinciri Güvenliği:
Küresel Çip Krizi ve Kritik Malzeme Tedariki**



Danışman
Dr. Uğur TARÇIN
İstanbul - 2025

1. SAHA İstanbul Yönetim Kurulu kararıyla, 2024-2025 eğitim döneminden itibaren SAHA AKADEMİ MBA katılımcılarına “Araştırma Projesi” hazırlama yükümlülüğü getirilmiştir. Bu uygulama; katılımcıların sektörel bilgi, stratejik düşünme ve akademik üretkenlik yetkinliklerini geliştirmeyi hedeflerken, savunma sanayii ekosistemine bilimsel katkıyı artırmayı amaçlamaktadır. Bu girişim, Türk savunma sanayii ekosisteminde bilimsel katkıyı artırmaya yönelik önemli bir adımdır.

2. SAHA İstanbul-SAHA AKADEMİ tarafından yayımlanan bu çalışma, ilgili yazar tarafından özgün biçimde hazırlanmış ve beyan edilmiştir. Çalışmada yer alan görüşler yazara ait olup, SAHA İstanbul’un kurumsal görüşünü yansıtmamaktadır. İçerikte sunulan bilgi, yorum ve sonuçların doğruluğu sorumlu yazara aittir. SAHA AKADEMİ; benzerlik oran tespiti yapmıştır.

3. Bu çalışma, [Rıdvan AK] tarafından hazırlanmıştır. Araştırma Projesi danışman tarafından değerlendirilmiş ve sunumu [11 Mayıs 2025] tarihinde yeterli görülerek kabul edilmiştir.

Araştırma Projesi Sunum Jüri Üyeleri

Başkan	Dr. Uğur Tarçın (SAHA AKADEMİ Öğr.Görevlisi)	<i>e-imzalıdır</i>
Üye	Ayşe Çağın (SAHA AKADEMİ Yöneticisi)	<i>e-imzalıdır</i>
Üye	Muzaffer Ünsaldı (Kurumsal İletişim ve Marka Yöneticisi)	<i>e-imzalıdır</i>

(Formun aslı, imzalı olarak ilgili dosyada muhafaza edilmektedir.)

SAVUNMA SANAYİİNDE TEDARİK ZİNCİRİ GÜVENLİĞİ: KÜRESEL ÇİP KRİZİ VE KRİTİK MALZEME TEDARİKİ

Rıdvan AK

BAYKAR

ridvan.ak@baykartech.com

Özet

2021 yılında Süveyş Kanalı'nda meydana gelen ve küresel ticaretin yaklaşık %10'unu sekteye uğratan gemi kazası, küresel tedarik zincirlerinin ne denli kırılgan olduğunu somut biçimde ortaya koymuştur. Ancak bu olay, sadece fiziksel engellerin değil, aynı zamanda jeopolitik gelişmelerin, doğal afetlerin, pandemi gibi sağlık krizlerinin ve ticari yaptırımların da tedarik süreçlerini derinden etkileyebileceğini göstermiştir. 2020'li yıllarda her son ürün üreticisinin kendine özgü ve karmaşık tedarik zincirleri oluşmuş, bu zincirlerin sürdürülebilirliği stratejik öncelik haline gelmiştir. Savunma sanayiinde tedarik zinciri güvenliği, yalnızca ürün ve malzemelerin fiziki güvenliğini değil, aynı zamanda kritik teknolojilerin ve verilerin korunmasını da içerir. Küreselleşen tedarik ağları esneklik sağlasa da; Boeing'in üretim gecikmeleri, Apple'ın çip tedarik sorunları gibi örnekler, bu yapının ciddi riskler barındırdığını ortaya koymaktadır. Mikroçip krizinin savunma teknolojilerini sekteye uğratması ve nadir toprak elementlerindeki dışa bağımlılığın artması, bu kırılgan yapının stratejik boyutunu daha görünür hale getirmiştir. Savunma sanayiinin sürdürülebilirliği için yerli üretimin artırılması, stratejik iş birliklerinin geliştirilmesi ve inovasyona yatırım yapılması önemlidir. Tedarik zinciri güvenliği ise hem fiziksel hem dijital yönleriyle ele alınmalı, ulusal güvenliğin ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirilmelidir.

Giriş

Savunma sanayinde tedarik zinciri güvenliği, ürünlerin ve malzemelerin üretimden nihai tüketiciye kadar olan süreçte, özellikle kritik ve hassas ürünlerde, güvenliğini sağlamak için büyük önem taşır. Tedarik zinciri, son ürünün tesliminden ziyade iade süreci, yedek parça ve bakım onarım ihtiyaçlarını da kapsamaktadır. Tedarik zinciri güvenliği, sadece

fiziksel ürünlerin güvenliğini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda kritik teknolojilerin ve verilerin de güvenliğini sağlar. 30 yıl öncesine bakıldığında herhangi bir üreticinin tedarikçi ağı oldukça yerelken bugün kıtalar arasıdır. Bu ciddi bir esneklik ve alternatif getirir de aynı zamanda pek çok risk de barındırmaktadır. Örneğin, Boeing'in 787 Dreamliner için uçak gövdeleri Spirit AeroSystems'ten Wichita, Kansas'tan taşınabilir. Boeing, bu tür taşıma için özel olarak tasarlanmış tren vagonlarını kullanır ve uçak parçaları, genellikle demir yoluyla taşınarak taşıma süreçlerini hızlandırır. Ama bir tren kazasında nehire yuvarlanan uçak gövdeleri, Boeing üretiminin terminlerini geciktirmişti. Boeing bir Amerikalı üretici olsa da Japonya'daki grevlerden de üretimi etkilenebilmektedir.

Hayatta olduğu gibi her şeyin bir risk ve fayda analizi mevcut, tedarik zincirinde ise güvenliği sağlamak, sürdürülebilir olması, bir kalite standartı belirlenmesi pek çok kriter ile sağlanabilir. Bu kriterler ise dünya ülkeleriyle entegre ve aynı kaliteyi ifade edebilir olmalıdır. 21. yüzyılda devletlerin ulusal güvenlik stratejileri yalnızca askeri kabiliyetlerle sınırlı değildir. Savunma sanayii, teknolojik bağımsızlık ve stratejik özerklik açısından kritik bir sektördür. Ancak son yıllarda yaşanan küresel çip krizi ve nadir toprak elementleri gibi kritik ham maddelere erişimdeki zorluklar, savunma sanayii tedarik zincirlerinin ne kadar kırılgan olduğunu göstermiştir. Bu bağlamda, üretim süreçlerinde sürekliliği sağlamak, dışa bağımlılığı azaltmak ve stratejik stoklar oluşturmak, savunma sanayiinde güvenliğin temel unsurları haline gelmiştir.

Küresel Çip Krizi ve Savunma Sanayiine Etkileri

Mikroçipler ya da yarı iletkenler; radar sistemlerinden insansız hava araçlarına, iletişim uydularından füze sistemlerine kadar birçok savunma teknolojisinin temel bileşenidir. Bu nedenle çip üretiminde yaşanacak herhangi bir aksama, savunma sanayiinde ciddi üretim ve operasyonel gecikmelere yol açabilmektedir.

2020 yılında COVID-19 pandemisinin küresel üretim zincirlerini sekteye uğratması, çip arzında daralmaya neden oldu. Aynı dönemde tüketici elektroniği talebindeki ani artış ve ABD-Çin arasındaki teknoloji savaşı, tedarik krizini daha da derinleştirdi. Savunma

sanayiine yönelik çiplerin ise daha özel ve sertifikalı olması gerektiğinden, bu krizden daha uzun süreli etkilenmiştir.

Sivil sektördeki üreticiler çip arzı konusunda savunma sektörüyle rekabet içine girmiştir. Üretim kapasiteleri sınırlı olan üreticiler, yüksek hacimli sipariş veren tüketici elektroniği devlerini tercih etmiş, bu da savunma sanayiinin ikinci planda kalmasına neden olmuştur. Buna karşın çip tedarik ağında problem yaşayan firmalardan bir tanesi de Apple'di. Apple, Qualcomm'un fiyatlarının adil olmayacak kadar pahalı olduğunu öne sürünce Qualcomm çip tedariki sağlamayı reddetmiştir. Üretimi aksayan Apple, Qualcomm'un yerini doldurmak için alternatif çözümler arayışına girse de bu anlaşmazlık iki tarafa da milyonlarca dolarlık maliyet çıkarmıştır.

ABD merkezli Lockheed Martin tarafından geliştirilen F-35 savaş uçaklarında kullanılan çiplerin üretiminde yaşanan aksamalar, teslimat sürelerini geciktirmiştir. Bu durum, yalnızca ABD'yi değil programa ortak olan birçok ülkeyi de etkilemiştir. Bu tür sistemlerin üretim süreçlerinin aksaması, savunma kapasitesinde doğrudan zafiyet anlamına gelmektedir. Çip tedarik ağını belirsizleştiren etkenlerin başında ise 3 firmanın sektörün yüzde 70'ine hakim olması hatta o kadar ki Tayvan'daki depremi çip üretimi durduruyor ve bu kadar yerel bir olay dünyadaki pek çok üreticiyi etkileyebiliyor. Çip tedarikindeki belirsizlikler ciddi bir risk oluşturuyor olsa ki ABD Başkanı Biden 2022'de Chips and Science Act yasasını imzalayarak yerel üretimi teşvik etmeyi ve dünyadaki çip üreticilerinin ABD'ye yatırım yapmasını ve tedarik zincirini güvenli hale getirmeyi amaçladı. Bir yıl sonra ise AB ülkeleri de benzer bir yasa çıkardı (European Chips Act). Hedeflenen ise gayet benzerdi Avrupa'nın çip üretiminde rekabet gücünü artırmak ve bu alanda liderlik kazandırmaktı.

Her ne kadar Çip bir son ürün olarak otomobil de havacılık da ya da Savunma sanayi de bir dar boğaz olarak görülse de bir Çip üretim sürecinde de zorluklar baş göstermektedir. Savunma sistemlerinin üretiminde kullanılan nadir toprak elementleri (örneğin neodimyum, disprozium) manyetik parçalar, lazer sistemleri ve yönlendirme sistemleri gibi bileşenlerde kritik rol oynamaktadır. Bu elementlerin %60'tan fazlası Çin tarafından üretilmekte olup, bu durum büyük bir dışa bağımlılık yaratmaktadır. Alternatif kaynaklara erişimin kısıtlı olması, bu bağımlılığı daha da derinleştirmektedir. 2021 yılında Çin'in nadir

toprak elementlerinin ihracatına yönelik sınırlamalar getirmesi, Batılı ülkelerde alarm zillerinin çalmasına neden olmuştur. Çin'in bu hamlesi, kritik hammaddelerin bir dış politika aracı olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Bu tür jeopolitik riskler, stratejik malzeme tedarikine yönelik yeni politikaların geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Çip üreticileri, yüksek teknolojili ve sermaye yoğun süreçlerle çalışan büyük firmalardır. Ancak bu süreç, mühendislik, yatırım, tedarik zinciri yönetimi ve Ar-Ge gereksinimleri gibi birçok zorluğu içerir. Bu sebeplerle, çip üretimi dünyadaki en karmaşık ve zorlu endüstrilerden biridir. Hatta kimi firmaların sadece çip tasarımı yaptığı ve üretimi için sektörün önde gelen firmaların üretim hattını kullanır.

Bu kadar hassas bir kritik alan özelinde ya da herhangi bir alan da tedarik zinciri kurmadan bir çıktı sağlamak, bir teknoloji üretmek oldukça zor olurdu. Tedarik zinciri olmazsa olmaz diyebileceğimiz bir alan da güvenliğini sağlamak adına hizmetlerin sağlanması, sürdürülebilir kılmak ve riskleri analiz etmek bambaşka bir süreçtir. Bu güvenlik, tedarik zincirindeki her aşamayı kapsar ve tedarik edilen malzeme, ürün veya hizmetlerin güvenli bir şekilde zamanında ve yüksek kaliteyle temin edilmesini amaçlar. Değişen ve gelişen günümüz koşullarında sürekli güncellenmesi ve proaktif olunması gereken bir sıra alt başlıkta incelenebilir.

Bir zamanlar en büyük risk ürünlerin fiziksel olarak güvenliği sağlamak –sabotajlara, vandalizm karşı- iken ya da taşıma da depolama da güvenlik sağlamak olsa da bugünler de tedarik zinciri güvenliği, hem fiziksel hem de dijital risklerin etkilerini minimize etmek için kritik öneme sahiptir. Yasal ve düzenleyici uyumluluk da günümüzde tedarik zinciri güvenliğini ilişkilendirilebilecek bir alt başlıktır. Kimi ürünlerin ticareti, şirketler arası değil ülkeler arası anlaşmalar ile mümkün olması ya da ilgili bakanlıkların ihracat ve ithalat onayları gerektirmesi de belirsizlikleri artıran ve tedarik zinciri güvenliğini zayıflatabilecektir.

2021 Mart ayında Çin'den Hollanda'ya gitmek için yola çıkan bir gemi Süveyş Kanalı'nda devrilmiş ve 6 gün boyunca dünya ticaretinin yüzde 10'unun gerçekleştiği Süveyş Kanalı'nı tamamen kullanılmaz hale gelmiştir. Süveyş Kanalı'nı kullanmak için yola çıkan

onlarca gemi bu süre zarfında Ümit Burnu'ndan dolaşmayı reddedince küresel ticaret adeta deprem etkisi yaşamıştır.

2022 yıl da başlayan ve Rusya'nın özel askeri operasyonu diye ifade ettiği saldırıların ardından pek çok AB ülkesi yaptırımlar uyguladı ve kendi bünyesindeki firmalara Rus firmalarıyla ticareti tamamen sona erdirmesine baskı yaptı. Yaklaşık 3 yılın ardından hala pek çok AB firması ürünlerinin Rusya'ya gitmeyeceğinden emin olmak istiyor. ABD'de hazine bakanlığına bağlı bir birim olan OFAC (The Office of Foreign Assets Control) da yasal düzenlemelerin tedarik ağına etkisine başka bir örnek olarak karşımıza çıkıyor. OFAC'ın yaptırımları, ABD'nin ulusal güvenliğini korumak ve dış politika hedeflerini desteklemek amacıyla önemli bir araçtır. Tedarik zincirinin güvenliği korumakta başka bir yol ise riskleri belirlemek ve riskin yüksek olduğu tedarikçilere alternatif çözüm bulmaktır.

Tedarik Zinciri Güvenliği İçin Stratejiler

1. Yerleştirme ve Millileştirme

Günümüz de bir tedarik ağının ne kadar dallandığı ve budaklandığı belirtmiş ve tabiki de ürününü küreselleşmesi pek firmanın hedefi olsa da tedarik zinciri güvenliğini sağlamak adına, savunma sanayiinde kullanılan çiplerin ve kritik malzemelerin yerli üretimi teşvik edilmelidir. Türkiye örneğinde ASELSAN, TUSAŞ ve TÜBİTAK BİLGEM'in geliştirdiği yerli işlemciler bu yönde atılan önemli adımlardır. Bununla birlikte, milli çip üretim fabrikalarının kurulması ve yarı iletken Ar-Ge yatırımlarının artırılması öncelikli olmalıdır.

2. Stratejik Stoklama ve Alternatif Tedarikçiler

Kritik malzemeler için stratejik stokların oluşturulması ve tek kaynağa bağımlılığın azaltılması önemlidir. Tek kaynağa bağımlılık bir tedarik zinciri yönetimi açısından hiçbir zaman kabul edilebilir değildir. Çoklu tedarikçi stratejileri ve dost ülkelerle yapılan karşılıklı hammadde anlaşmaları bu kapsamda değerlidir. NATO ve AB içindeki ülkeler bu tür iş birliklerine örnek teşkil etmektedir. Kimi yüksek teknoloji ürünler de aynı kaliteyi sağlayacak benzer ürünler bulmak zor da olsa yine de aktif bir yaklaşımla risk analizi yapılmalıdır. Örneğin General Electric (GE) ve Rolls-Royce: Boeing uçaklarının

motorlarını tedarik eden iki ana tedarikçidir. Boeing 787 Dreamliner, iki farklı motor seçeneğiyle sunuluyor. General Electric GENx-1B ve Rolls-Royce Trent 1000. Havayolları, sipariş verirken bu iki motor arasından seçim yapabiliyor. Ama her zaman böyle değildi. Beoing dreamliner'a Rolls-Royce ile başlamıştı ama Boeing'in bu uçak modeli için alternatif oluşturması zaruri bir hal aldı. Esasında Rolls-Rocye Boeing 747 için de motor ürettiyordu ve Boeing geniş gövdeli uçaklar için Rolls-Royce'u güvenilir bulmuştu ama Pratikte ise Rolls-Royce'un Trent 1000 motorları, özellikle erken aşınma sorunları nedeniyle birçok havayolu için sıkıntı yarattı. Bu yüzden bazı operatörler General Electric'in GENx motorlarını daha güvenilir buldu ve siparişlerini ona yöneltti. Boeing de bu durumdan olumsuz etkilendi çünkü bazı 787'ler motor sorunları yüzünden uzun süre yerde beklemek zorunda kaldı.

3. Uluslararası İş Birliği ve Ortak Üretim

NATO, Avrupa Savunma Ajansı (EDA) gibi yapılar altında ortak Ar-Ge projeleri ve ortak üretim tesisleri kurulması, hem teknoloji paylaşımını hem de maliyet verimliliğini artırmaktadır. Türkiye'nin bu tür projelerde daha aktif rol alması, hem kapasite geliştirme hem de diplomatik pozisyon açısından avantaj sağlayacaktır.

Tedarik zincirinin bu kadar komplike olduğu bir dünya da Çin'deki ürün ile Hollanda'daki ürünün aynı isteri sağladığının kıyaslanabilir kılmalıdır. Standartlarla bu kıyaslanabilirliği sağlamak adına NATO içinde Türkiye'nin savunma sanayi entegrasyonu ve STANAG'lara (Standards NATO) uyumluluk süreci, önemli bir stratejik hedef ve kapsamlı bir dönüşüm sürecidir. STANAG, NATO üyesi ülkeler arasında savunma ve askeri iş birliği için belirlenen ortak standartlardır. Bu standartlar, askeri teçhizatın, lojistik süreçlerin, operasyonel prosedürlerin ve iletişim sistemlerinin uyumlu olmasını sağlar. STANAG'lar, NATO'nun ortak operasyonel etkinliğini artırmak için temel bir araçtır ve üye ülkelerin savunma sanayileri için de belirli teknik gereksinimler belirler.

Türkiye'nin NATO ile savunma sanayi entegrasyonu, ülkenin askeri altyapısının modernizasyonunu ve uluslararası iş birliklerini güçlendirmeyi amaçlar. Bu süreçte, özellikle STANAG'lara uyum, belirli bir standart ve prosedür bütünlüğünü sağlamak için kritik bir rol oynar. Türkiye, kendi savunma sanayiini yerli üretimle güçlendirirken NATO

standartlarına uyum sağlamak için büyük yatırımlar yapmaktadır. Savunma sanayi şirketleri, yerli ve milli projelerde NATO standartlarına uygun sistemler geliştirmekte ve bu sistemleri global pazarlara sunmaktadır. Bu bağlamda, Türkiye'nin savunma sanayindeki başarılı projeleri, genellikle NATO'nun belirlediği teknolojik standartlarla uyumludur. Ayrıca, NATO'nun gereksinimlerini karşılayan yeni savunma sanayi ürünlerinin üretimi teşvik edilmektedir.

4. Geri Dönüşüm ve Döngüsel Ekonomi Yaklaşımları

Savunma sanayiinde kullanılan bazı nadir elementler, eski sistemlerden geri kazanılabilir. Bu nedenle, ileri geri dönüşüm teknolojilerine yatırım yapmak, tedarik zinciri üzerindeki baskıyı azaltabilir. Aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik açısından da önem taşır.

Türkiye Örneği: Potansiyel ve Riskler

Türkiye, savunma sanayinde son yıllarda önemli ilerlemeler kaydetmiş olsa da, özellikle çip ve yarı iletken teknolojilerinde dışa bağımlılığını tam olarak aşamamıştır. Örneğin, yerli İHA ve SİHA sistemlerinin bazı bileşenleri hâlâ ithal edilmektedir.

Bursa merkezli Ermaksan, 2015 yılında Türkiye'nin ilk çip fabrikasını kurarak üretime başlamıştır. 2008'den beri süren çalışmalarla dedektör, aydınlatma ve çok katmanlı güneş pilleri gibi alanlarda kullanılabilecek çipler geliştirmiştir. Şirket, İTÜ, ODTÜ, Bilkent, Gazi ve Uludağ gibi üniversitelerle Ar-Ge çalışmaları yürütürken, üretim için 30 milyon euro yatırım yapmıştır ve önümüzdeki 5 yılda 50 milyon euro daha yatırım planlamaktadır. Bununla birlikte, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın "Milli Teknoloji Hamlesi" çerçevesinde yürüttüğü çip fabrikası projeleri bu alanda umut vadetmektedir. TÜBİTAK liderliğinde yürütülen çip tasarımı projeleri ve savunmaya özel işlemciler, Türkiye'nin bu alandaki stratejik bağımsızlık hedeflerini desteklemektedir.

Sonuç

Küresel çip krizi ve kritik hammadde tedarikindeki zorluklar, savunma sanayii tedarik zincirlerinin stratejik bir güvenlik meselesi haline geldiğini göstermektedir. Sadece ekonomik değil, aynı zamanda jeopolitik bir risk barındıran bu sorunlara karşı ulusal stratejilerin oluşturulması kaçınılmazdır. Öte yandan her olumsuzluk yeni bir kabiliyet

kazanımı anlamına gelmektedir. Savunma sanayi de eskiden ithal edilen pek çok ürün yerini yerli ürüne bırakmıştır. Kıbrıs Barış Harekâtından sonraki ambargolar Türkiye'yi zor bir duruma soksa da bir yıl sonra Aselsan kurulmuş ve yeni bir dönemin ve anlayışın başlangıcı olmuştur. Yerli üretim kapasitesinin artırılması, stratejik iş birlikleri kurulması ve inovasyona yatırım yapılması, savunma sanayiinin sürdürülebilirliğini sağlayacak temel yaklaşımlardır.



Kaynakça

1. Semiconductor Industry Association (SIA). (2021). 2021 State of the U.S. Semiconductor Industry Report. <https://www.semiconductors.org>
2. U.S. Government Accountability Office (GAO). (2022). F-35 Joint Strike Fighter: Cost, Schedule, and Performance. <https://www.gao.gov/products/gao-22-105983>
3. <https://www.npr.org/2024/04/03/1242564161/taiwan-earthquake-semiconductor-chips-tech>
4. United States Geological Survey (USGS). (2023). Mineral Commodity Summaries – Rare Earths. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-rare-earths.pdf>
5. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2022). Milli Teknoloji Hamlesi: 2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi. <https://www.sanayi.gov.tr>
6. European Defence Agency (EDA). (2021). Defence Data 2021 Report. <https://eda.europa.eu>
7. Ermaksan,(n.d.) <https://www.ermaksan.com.tr/tr-TR/medya/haberler/ermaksan-as-turkiyenin-ilk-cip-fabrikasini-kurdu>
8. AA,(2021) <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/suveys-kanalinda-deniz-trafigini-sekteye-ugratan-ever-given-gemisi-4-ay-sonra-rotterdama-varidi/2318022>

SAHA
AKADEMİ
SAVUNMA SANAYİNİN LİDERLİK OKULU