



**MALZEME BİLİMİNİN AÇTIĞI YENİ UFUKLAR II:
Türkiye’de Malzeme Bilimi ve
Uygulamalarının Durumu ve Geleceği**



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

Türkiye’de son yıllarda otomotiv, kimya, ana metaller ve savunma sanayiinde atılan adımlar ekonomiye büyük ivme kazandırmıştır. Geleneksel olarak bir tarım ve turizm ülkesi olan Türkiye’nin imalat sanayiinde atağa geçmesi sağlıklı bir ekonomik kalkınmaya işaret etmektedir. Tarım ve turizmi dışlamamakla birlikte, sanayi üretimi ve ihracata dayalı bir büyüme modeli tercih eden Türkiye’nin 2021 yılı ihracatı 225 milyar doların üzerine çıkmıştır^[1]. Bu miktar 1980 yılı ihracatından 77 kat, 1990 ihracatına göre 17 kat, 2000 yılı ihracatına kıyasla sekiz kat, 2010 yılına göre ise iki kat daha fazladır^[2]. Ancak bu ekonomik canlanma yüksek ithalatı da beraberinde getirmiştir. Enerjide, özellikle fosil yakıtlarda dışa bağımlı olan, sanayinin hammadde ve girdilerinin önemli bölümünü ithal etmek zorunda kalan Türkiye’nin dış ticaret dengesi sürekli açık vermektedir. 2010’lu yılların başında 100 milyar doların üzerine çıkan dış ticaret açığı, 2019 yılında 31 milyar dolara kadar indikten sonra 2021 yılında 43 milyar olarak gerçekleşmiştir.

Dış ticaret dengesinin sağlanması için üretimde ithal enerji, hammadde ve ara malı ithalatına olan bağımlılığın azaltılması gerektiği Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından hazırlanan belgelere de yansımış ve bu kapsamda tedbirler belirlenmiştir^[3]:

- Yurtiçinde üretilen ürünlerin standart ve kaliteleri ile teknoloji kapasitesinin yükseltilmesinin desteklenmesi,
- Yurtiçinde üretilen özellikle ara mallarında kullanıcılar arasında bilgi ve farkındalık düzeyinin artırılması,
- Kamu alımlarında yurtiçinde üretilen ve yerli girdileri kullanan nihai ürünlerin tercih edilmesi,

- Yerli doğal kaynakların etkin kullanımı,
- Atıkların ekonomiye kazandırılması ve enerji, ulaşım, işgücü gibi üretim maliyetlerinin düşürülmesi söz konusu tedbirler arasındadır.

Bu alanlarda alınacak tedbirler sadece Türkiye’nin dış ticaret açığının kapanmasını sağlamayacak, aynı zamanda Türkiye ekonomisinin 21’inci yüzyılın geri kalanında hâkim olacak yapıya ayak uydurmasını da sağlayacaktır. Nitekim COVID-19 pandemisi ve Ukrayna krizinin dünya ekonomileri üzerinde yarattığı olumsuzlukların aşılması için yeşil dönüşüm, dijitalleşme, yaratıcı, sürdürülebilir ve döngüsel ekonomiler yaratmaya yönelik stratejiler uygulanmaya başlanmış ve bu amaçla çeşitli programlar ortaya konmuştur. Söz konusu programların uygulanması 2050 yılına kadar bugüne kıyasla bambaşka bir küresel ekonomi ortamı yaratacaktır.

Yenilenebilir enerji, ileri teknoloji, dijitalleşme, sürdürülebilir ulaşım (elektrikli otomobil üretimi, demiryollarının elektrifikasyonu, şehir içi ulaşımında raylı sistemlerin payının artırılması vb.) gibi alanlarda önemli derecede ilerleme kaydeden Türkiye, geleceğin yeni küresel ekonomik sisteminde öncül bir konum elde etmek için avantajlara sahiptir. Ancak bu avantajların iyi kullanılması ve daha fazla fırsat yakalanması için atılması gereken bazı adımlar bulunmaktadır. Geleceğin ekonomisinin ihtiyaç duyacağı girdi ve malzemelerin yurtiçi kaynaklar kullanılarak geliştirilmesi bunlar arasında bulunmaktadır. Bilişim teknolojileri, daha verimli yenilenebilir enerji sistemleri, elektrik depolama sistemleri, elektrikli ve sürücüsüz araçlar, haberleşme teknolojileri, düşük karbon ayak izli imalat sanayii, akıllı fabrikalar, hassas tarım sistemleri,

tatlı su kaynaklarını koruma ve arıtma sistemleri, yeni nesil savunma, uzay ve havacılık platformları, yüksek oranda dönüştürülebilir tüketim ve yatırım malları gibi geleceğin kritik alanlarında yeni ve gelişmiş malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu açıdan bakıldığında, Türkiye’de malzeme alanındaki durum, atılan adımlar ve Araştırma Geliştirme (Ar-Ge) çalışmaları incelenmeyi hak etmektedir. Malzeme alanındaki gelişme ve genel eğilimlerin aktarılmaya çalışıldığı araştırma yazı dizimizin ikinci bölümünde, Türkiye’de malzeme üretiminin genel durumu ile Ar-Ge çalışmaları ele alınacaktır.

2. TÜRKİYE’DE MALZEME ALANINDA STRATEJİK HEDEFLER

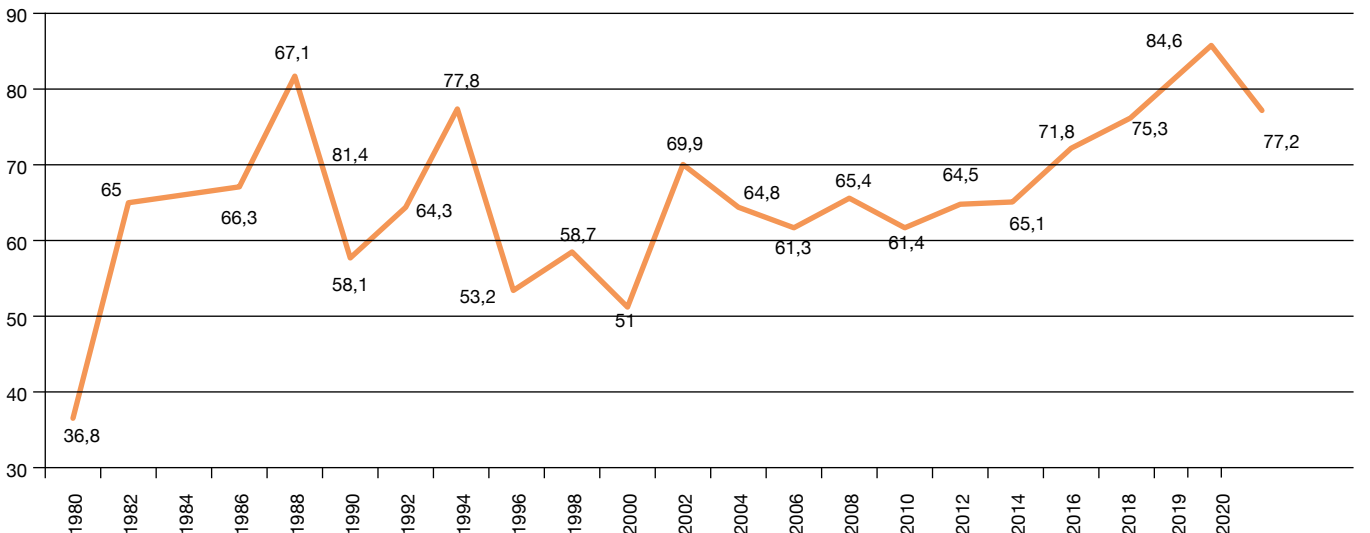
Türkiye, 11’inci Kalkınma Planı’nda (2019-2023) belirtildiği üzere “daha fazla değer üreten, daha adil paylaşan, daha güçlü ve müreffeh Türkiye” vizyonu ile hareket etmektedir. Bu vizyonun en önemli unsurlarından biri olan “İstikrarlı ve Güçlü Ekonomi” hedefine ulaşmak için belirlenen hedeflerden biri, “Rekabetçiliği ve verimliliği artırıcı politikalar temelinde ithalata daha az bağımlı bir üretim yapısıyla daha fazla ihracat yapılmasını sağlayacak, ihracat odaklı dönüşümün sağlam temellerinin ortaya konulmasıdır^[4].”

Ülkemiz ekonomisinin en önemli problemleri arasında uzun yıllardır vermekte olduğu cari açık başta gelmektedir. Bu nedenle de ihracatın artırılması her dönemde ekonomi politikalarının öncelikleri arasında yer almış ve ihracat rakamları ekonomi gündeminde önemli yer tutmuştur. Ancak cari açığın azaltılması için ihracatın artırılması tek başına yeterli olmamakta, ithalat rakamları da aynı düzeyde önem taşımaktadır. İhracatın ithalata bağımlılık oranı konusu, bu yüzden ekonomi ile ilgilenen herkesin dikkatini çekmektedir.

İthalata bağımlılığın azaltılması hedefi Türkiye’nin sanayi ve teknoloji politikalarına da yön vermektedir. Sanayide Yüksek Teknolojiye Geçiş Programı’nda^[6], ithalatta “yüksek ve ileri teknoloji ürünlerin yüzde 56,2 pay sahibi olduğu” ve “ithalatımızın yüzde 73,3’ünün aramalarından oluştuğuna” dikkat çekilmekte ve söz konusu girdilerin yurtiçinde üretiminin sağlanmasının ve katma değeri yüksek ileri teknoloji ürünlerinin geliştirilip ihraç edilmesinin önemine dikkat çekilmektedir.

Kamu kurum ve kuruluşlarının ithalata bağımlılığının azaltılması için başvurulacak yöntemler arasında malzeme sektörünü ilgilendiren pek çok tedbir bulunmaktadır. 11’inci Kalkınma Planı’nda^[4] şu hedefler göze çarpmaktadır:

- Ülkemizde Milli Teknoloji Hamlesinin gerçekleştirilmesine yönelik olarak yapay zekâ, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik, büyük veri, siber güvenlik, enerji depolama, ileri malzeme, robotik, mikro/nano/opto-elektronik, biyoteknoloji, kuantum, sensör teknolojileri ve katmanlı imalat teknolojilerine ilişkin gelişim yol haritalarının hazırlanması, gerekli altyapının tesis edilmesi, ihtiyaç duyulan nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesi ve toplumsal yönelimin bu alanlara odaklanması sağlanacaktır.
- Nükleer santrallerin kurulumunda ihtiyaç duyulacak çok yüksek ısıya dayanıklı kompozit malzemeleri yerli üretimden tedarik edebilen firmalar desteklenecektir.
- Ferrobör, Bor Nitür ve Bor Karbür üretecek tesislerin tamamlanarak faaliyete geçmesi sağlanacaktır. Rafine bor ürünleri üretim miktarı, Ar-Ge kapasitesi ve yetkinliği güçlendirilerek, geliştirilen ürünlerin satış ve pazarlama faaliyetlerinin artırılması sağlanacaktır.
- Kimya sektöründe; ara girdi ithalatı azaltılarak, yüksek katma değerli, insan ve çevre sağlığına duyarlı ürünlerin üretim ve ihracatı artırılabilecektir.



Şekil 1: Türkiye’de ihracatın ithalatı karşılama oranının 1980-2020 yılları arasındaki seyri^[5].

- Teknolojik ürünlerin bileşenlerinde kullanılan ileri malzemelere yönelik ihtiyaç öngörülerini belirlenecek, bu ileri malzemelerin yerli Ar-Ge ve üretimleri için destek sağlanacaktır.
- Metalik olmayan mineral ürünler sektörünün ihtiyaçları çerçevesinde gerekli bölgelerde ulaşım altyapısının geliştirilmesi, yerli ve yenilikçi ürünlerin kullanımının kamu düzenlemeleri ile önceliklendirilmesi sağlanacak, ithalatta karşılanan refrakter malzeme ve ileri seramik ürünlerine yönelik Ar-Ge ve yatırımlar desteklenecek, Ürün Geliştirme (Ür-Ge) ve yenilik bilincinin geliştirilmesi sağlanacaktır.
- Demir-çelik sektöründe ihracatın ve ihrac pazarlarının genişletilmesi, standart dışı kalitesiz ürün ithalatının engellenmesi, savunma sanayii, demiryolları, mega projeler ve nükleer santraller gibi stratejik alanlarda kullanılan çelik türlerinin kalite ve ebat bazında yurtiçi tedarik zincirinin geliştirilmesine ve girdi tedarikinin güvence altına alınmasına önem verilecektir.
- Alüminyum sektöründe havacılık, savunma ve otomotiv sanayii gibi sektörler için gerekli olan yüksek alaşım, ısı ile mukavemeti artırılmış, katma değeri yüksek ürünlerin yerli olarak üretilebilmesine yönelik Ar-Ge ve yatırım faaliyetleri özendirilecektir.
- İlaç ve tıbbi sarf malzeme kullanım değerlendirme komisyonları kurularak, aynı endikasyon için hekimler tarafından oluşturulan tedavi maliyetleri karşılaştırılarak gereksiz/yetersiz kullanımların önüne geçilmesi ve akılcı ilaç, akılcı tıbbi sarf malzemesi ve akılcı laboratuvar uygulamalarının kullanılması sağlanacaktır.
- Kentsel dönüşüm çalışmalarının yerli ve yenilikçi malzemelerin üretilmesini destekleyecek şekilde yapılması sağlanacaktır.
- Belirlenen stratejik malzemelerin geliştirilmesi için malzeme bilimini destekleyen büyük veri analitiği ve simülasyon yöntemlerinin kullanımı teşvik edilecektir.
- Bağımsızlık için yerli ve ithal dengesini sağlayacak tedbirler alınacak ve yatırım mekanizmaları oluşturulacaktır.
- Stratejik maden ve malzemelerin alternatiflerinin geliştirilmesi için üniversiteler ve mükemmeliyet merkezleri görevlendirilecek, sanayi ile işbirliği yapmaları teşvik edilecektir. Uzun laboratuvar araştırması ve testi gerektiren bu süreç için farklılaştırılmış araştırma ve girişimci destekleri geliştirilerek planlama yapılacaktır.
- Ülkemizde maden çıkarma faaliyeti gösteren şirketlerin metalik madenleri nihai ürüne dönüştürecek sınıai faaliyetlerde bulunması yönünde mekanizmalar Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile birlikte güçlendirilecektir.

Bu iki ana strateji belgesi ışığında 2022 yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı'nda şu hedefler yer almıştır^[8]:

- **Tedbir 351.5.** Öncelikli sektörlerde ihtiyaç duyulan kritik bileşenlerin, cihazların ve malzemelerin ihtiyaç makamı kamu kurumlarının eş finansmanı ile geliştirilmesi sağlanacaktır.
- **Tedbir 360.5.** Teknolojik ürünlerin bileşenlerinde kullanılan ileri malzemelere yönelik ihtiyaç öngörülerini belirlenecek, bu ileri malzemelerin yerli Ar-Ge ve üretimleri için destek sağlanacaktır.

Söz konusu temel stratejik belgeler ve programlarda malzeme alanında atılacak adımlar için temel hedeflerin şunlar olduğu anlaşılmaktadır:

2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi'nde ise, "öncelikli sektörler için stratejik malzemelerin geliştirilmesi" hedefine ulaşılması için şu alt hedefler sıralanmıştır^[7]:

- Tam bağımsızlık için gerekli olan temel malzeme teknolojilerinde araştırmalar ve yatırımlar öncelikle tamamlanacaktır.
- Türkiye'nin odak sektörleri olarak belirlenen kimya ve ilaç, motorlu kara taşıtları, deniz taşıtları, raylı sistemler, makine, yarı iletkenler, elektrik-elektronik, savunma, havacılık ve uzay sektörlerinin ihtiyacı olan stratejik malzemeler ve bu malzemelerin özellikleri belirlenecektir.
- Enerji üretimi, depolama ve transferi için gerekenler başta olmak üzere, stratejik maden ve malzemelerin sektörel yol haritası çalışmaları tamamlanacak, belirlenen malzemeler için iç ve dış tedarikçiler dikkate alınarak orta ve uzun vadeli kaynak planlaması yapılacaktır.
- Savunma sanayii için alüminyum, nitelikli çelik ve zırh çeliği gibi stratejik malzemelerin planlaması yapılacaktır.

- Türk sanayiinin temel girdilerini mümkün olduğunca daha çok yerel kaynaklardan sağlamak,
- Savunma ve sağlık gibi stratejik sektörlerde kendi kendine yeterliliği sağlamak,
- İleri teknolojinin gelişmesi için gerekli olan ileri malzemelerin tedarikini yurtiçinde sağlamak,
- İleri malzeme kullanımı ile Türk ihracat ürünlerinin rekabet gücünü ve kârlılığını artırmak,
- Malzeme alanına giren sektörlerde katma değeri ve istihdamı artırmak.

Türkiye'nin 2023-2025 dönemi Orta Vadeli Programı (OVP)^[9] bu temel hedeflerin yanına "Yeşil Dönüşümü" sağlama hedefini de eklemektedir. İklim değişikliği, Avrupa'nın Yeşil Mutabakat kapsamında attığı adımlar ve sürdürülebilir kalkınmanın önemi vurgulanan OVP'de malzeme alanını ilgilendiren şu tedbirler ve eylemler sıralanmıştır:

- Yeşil dönüşüm altyapısının oluşturulması için başta tarım, sanayi, ulaştırma ve enerji sektörlerinde olmak üzere yeşil teknoloji Ar-Ge projeleri desteklenmeye

devam edilecek, yeşil hidrojen ve enerji depolama gibi emisyon azaltılmasına katkı sağlayan teknolojilerin yatırım ekosistemi geliştirilecektir.

- Başta ihracat yapan KOBİ'ler olmak üzere firmaların yeşil dönüşüme uyumlarını kolaylaştırmak üzere destek mekanizmaları geliştirilecek ve üretilen ürün ve hizmetlerin değer zincirindeki çevresel ve sosyal risklerin ölçülmesi, analizi ve yönetimi konusundaki kapasite geliştirilecektir. AB'nin Sınırdaki Karbon Düzenlemesi Mekanizmasına (SKDM) 8'inci geçiş dönemi iyi değerlendirilerek SKDM'den hızlı etkilenecek sektörler için en düşük maliyetle emisyon azaltımına yönelik politikalar hayata geçirilecektir.
- Verimliliği artıran ve atık yönetimine katkıda bulunan dögüsel ekonomiye geçiş için bütüncül bir Ulusal Dögüsel Ekonomi Eylem Planı hazırlanacaktır.
- Doğadaki kaynak kullanımının azaltılması ve geri dönüştürülmüş hammaddelerin ekonomiye kazandırılması amacıyla, üretim ve tüketim faaliyetlerinden sonra ortaya çıkan atıklar dögüsel ekonomi ilkelere uygun süreçler yoluyla tekrar üretim sürecine dâhil edilecek, geri kazanılmış ikincil ürüne ait standartlar belirlenecek, teşvik ve yönlendirme sistemi geliştirilecektir.

Söz konusu hedefler, üretiminde sera gazı emisyonu düşük, kullanımı ile sera gazı emisyonlarını azaltabilecek, ekosisteme en az zararı verebilecek, geri dönüştürülebilir ve sürdürülebilir malzemelerin geliştirilmesini veya kullanımının yaygınlaştırılmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla Türkiye'nin önünde malzeme alanında, değişim ve atılımlarla dolu olması gereken yoğun bir ajanda bulunduğu anlaşılmaktadır.

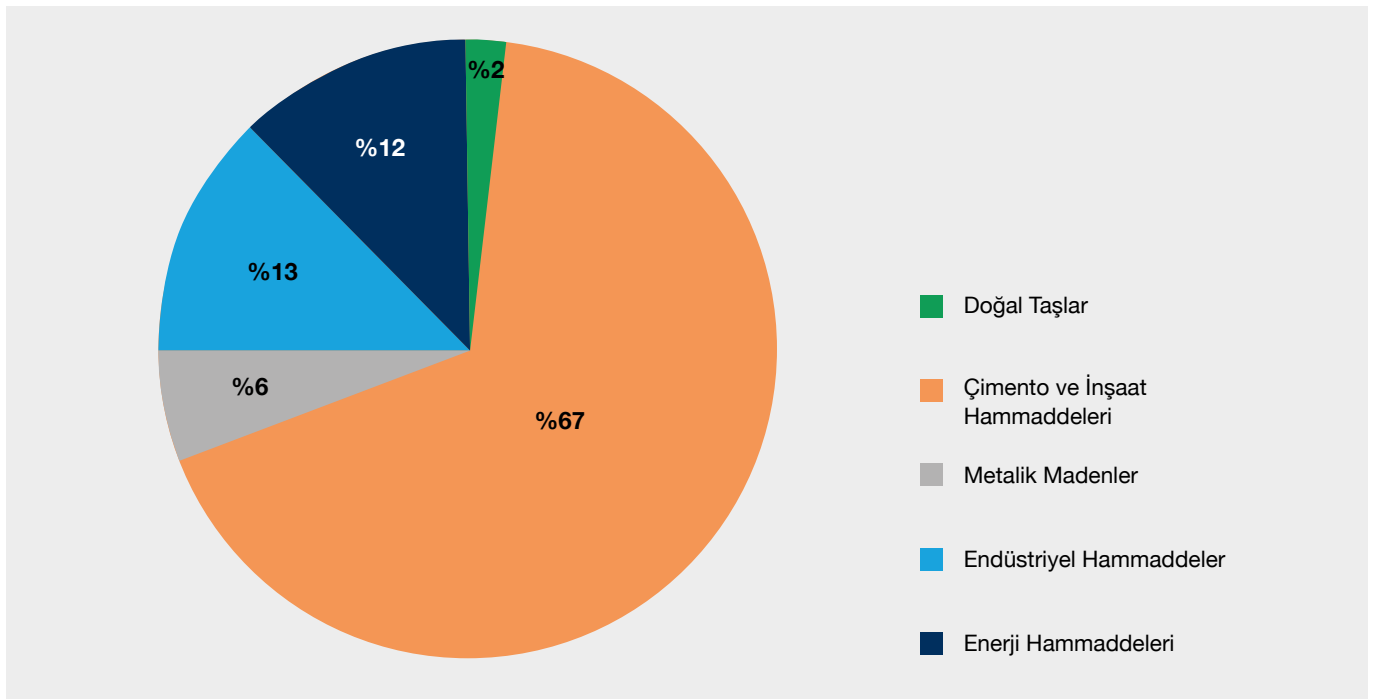
3. TÜRKİYE'DE MALZEME SEKTÖRÜNÜ GENEL GÖRÜNÜMÜ

Malzeme Biliminin Açtığı Yeni Ufuklar konulu yazı dizimizin birinci bölümünde^[10] aktarıldığı üzere, malzemeler farklı kategorilerde değerlendirilmekle birlikte genellikle, metaller, seramikler-camlar, polimerler, kompozitler, yarıiletkenler ve gelişmiş (ileri) malzemeler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu bölümde, söz konusu sınıflandırmadan yola çıkarak, Türkiye'de malzeme sektörünün alt bileşenlerinin mevcut durumu ve yakın geleceğine ilişkin öngörüler ele alınacaktır.

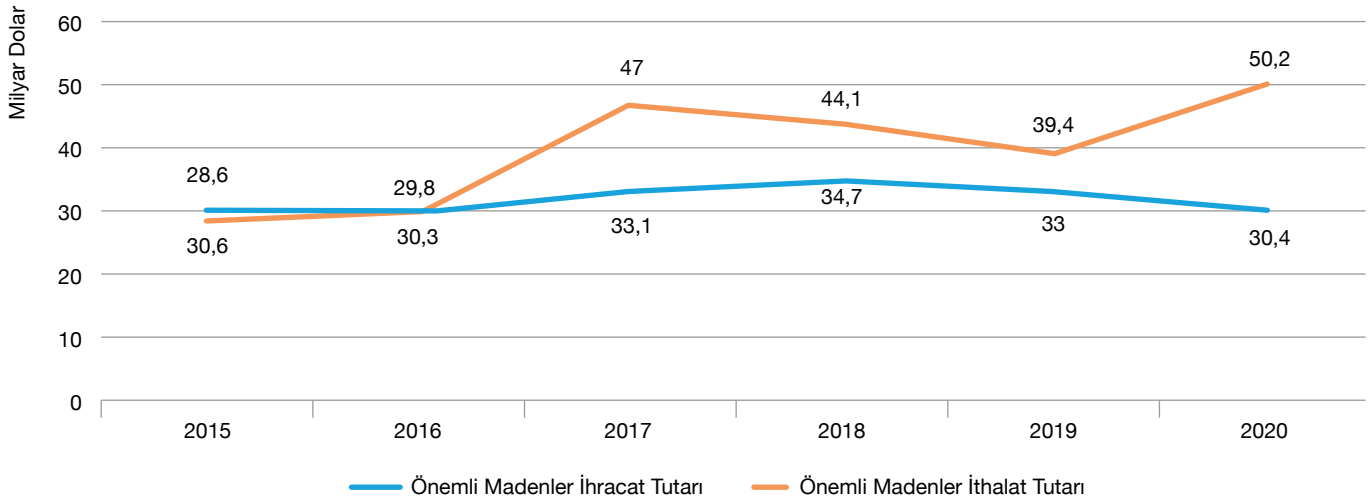
3.1 Metal Malzeme Endüstrisinin Durumu

Türkiye maden çeşitliliği açısından dünyada zengin sayılabilecek ülkeler arasındadır. Uluslararası kuruluşların belirlediği 90 çeşit tabii kaynaktan 70'i Türkiye'de bulunabilmekte ve bunlardan 60'ının ticareti yapılabilir. Ülkemiz maden çeşitliliği açısından 168 ülke arasında sekizinci sıradadır^[11].

Türkiye'nin maden kaynaklarının geniş bir coğrafyaya yayılmış küçük cevherlerden oluşması ve önemli bir kesimi doğal taş, alçı taşı ve feldspat gibi inşaat ve endüstriyel hammaddede olması madencilik maliyetlerini ve gelirlerini etkilemektedir (Şekil 2). Üretim düşük miktarlarda yapılmakta ve genellikle tüvenan (işlenmemiş cevher) veya konsantre olarak ihraç edilmektedir. Rafine edilmiş, ara veya uç maden ihracatı oranı ise düşüktür. Bu nedenle, özellikle altın, alüminyum, bakır, bor, çinko, demir-çelik, doğal taş, feldspat, gümüş, kobalt, kömür, krom, ferro-krom, kurşun, litium, molibden, nadir toprak elementleri, nikel, trona ve tuz gibi ülkemiz için önemli madenler göz önüne alındığında, Türkiye 2020 yılı sonu itibarıyla 20 milyar doları bulan



Şekil 2: Türkiye'de maden üretiminin dağılımı (2020)^[11].



Şekil 3: Türkiye’de önemli madenlerin ithalat ve ihracatın seyri (2015-2020)^[11].

önemli miktarda dış açık vermektedir (Şekil 3). Türkiye’de üretilen madenlerin fiyatlarının düşük olması veya değerli metallerin işlenmeden, tüvenan veya konsantre şeklinde ihraç edilmesi de dış ticaret açığını büyütmektedir. Türkiye’nin tabii kaynakların üretiminde miktar bakımından dünyada 22’inci, değer açısından ise 28’inci sıraya gerilemesi^[11] de bunun göstergelerinden biridir.

Türkiye’de madencilikte genel durum dezavantajlı görünmekle birlikte, madencilik hammadde sağladığı metal malzeme imalatı sektörü açısından çok farklı bir manzara mevcuttur. Demir-çelik ve demir dışı malzeme sektöründe faaliyet gösteren 3.000’e yakın girişim, gerektiğinde yurtdışından hurda, hammadde ve ara mamul ithal ederek önemli ölçüde katma değer yaratmakta, 130 binden fazla kişiye istihdam sağlarken ekonomiye de büyük katkıda bulunmaktadır^[12].

Ana metal sanayii, Türkiye’de imalat sanayii üretiminin ve ihracatının lokomotif sektörleri arasında bulunmaktadır (Tablo 1). Türkiye’de metal ürünler endüstrisinin büyüklüğünün 79,5 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir^[14]. Bu endüstrinin, 2030 yılına kadar nominal olarak yıllık

ortalama yüzde 10’un üzerinde büyümesi ve yaklaşık 230 milyar dolar büyüklüğe ulaşması beklenmektedir^[14].

Özellikle 2015 itibarıyla sektörün üretim ve ihracatında hızlı bir ivme yakalanmıştır. Türkiye’de metal endüstrisi en dinamik sektörlerden biridir ve ihracatta büyük paya sahiptir. 2021 yılı sonu itibarıyla, 225 milyar dolarlık toplam ihracatın yüzde 15,4’ü çelik, demir ve demir dışı metaller endüstrileri tarafından gerçekleştirilmiştir (Tablo 1).

Üstelik bu önemli katkı, yetersiz doğal kaynakların yanı sıra yüksek enerji ve diğer girdi maliyetleri, dünyada giderek yükselen korumacılık duvarları, haksız rekabet uygulamaları, COVID-19 pandemisi ve diğer olağanüstü koşullara rağmen sağlanmaktadır. Demir-çelik sektörünün başını çektiği ve temel olarak çelik boru, döküm, alüminyum, bakır, galvaniz sektörü aktörlerinin de yer aldığı anametal sektörü, Türkiye’nin doğal kaynaklarının yetmediği yerde hurda ve ara mal ithal ederek Türkiye’yi dünyada ana üreticilerden biri hâline getirmeyi başardığı gibi, makine, otomotiv, elektronik, kimya, savunma, havacılık, madencilik ve ulaşım gibi kritik sektörlerle de temel girdi ve hammadde sağlamaktadır.

İhracat Değer (Milyar USD)					
Sıra	Sektörler	Ocak-Aralık 2020	Ocak-Aralık 2021	Değişim (%)	Pay (%)
1	Otomotiv Endüstrisi	25,5	29,3	14,9	13
2	Kimyevi Maddeler ve Mamuller	18,3	25,3	38,9	11,2
3	Çelik	12,6	22,3	77,4	9,9
4	Hazır Giyim ve Konfeksiyon	17,1	20,2	18,3	9
5	Elektrik-Elektronik	11	14,2	28,3	6,3
6	Demir ve D. Dışı Metaller	8,2	12,4	49,7	5,5
7	Tekstil ve Hammaddeleri	7,3	10,1	39,3	4,5

Tablo 1: Türkiye’de 2021 yılında en çok ihracat yapan imalat sektörleri^[13].

Metal	Tahmini Rezerv (ton)	Yurtiçi Cevher/Birincil Üretim (Ton/yıl)	Yurtiçi Tüketim (ton/yıl)	Cevher/Birincil Metal İhracatı (ton/yıl)	Cevher/Külçe/Hurda İthalatı (ton/yıl)	Birincil Metal İthalatı (ton/yıl)
Demir cevheri	124.686.080 ⁽¹⁾	16.051.307 ⁽²⁾	V.B.	V.B.	11.260.000 ⁽³⁾	V.B.
Demir-Çelik	V.B.	40.400.000 ⁽⁴⁾	33.400.000 ⁽⁴⁾	19.900.000 ⁽⁴⁾		15.400.000 ⁽⁴⁾
Demir ürünleri	V.B.	2.308.026 ⁽⁵⁾	V.B.	V.B.	1.000.000 ⁽⁶⁾	
Boksit	68.910.000 ⁽¹⁾	2.764.872 ⁽²⁾	2.764.872 ⁽²⁾	İthal Edilmiyor ⁽⁷⁾	V.B.	V.B.
Alüminyum	V.B.	168.000 ⁽⁸⁾	2.400.000 ⁽⁸⁾	1.270.408 ⁽⁹⁾	1.910.109 ⁽⁹⁾	290.469 ⁽⁹⁾
Manganez	4.500.000 ⁽¹⁰⁾	86.654 ⁽²⁾	85.654 ⁽²⁾	46.271 ⁽¹¹⁾	1.801 ⁽¹¹⁾	V.B.
Krom	26.637.873 ⁽¹⁾	1.456.395 ⁽²⁰⁾	500.000 ⁽¹³⁾	1.600.000 ⁽¹²⁾	155.244 ⁽²⁰⁾	V.B.
Bakır	3.066.810 ⁽¹⁾	110.000 ⁽¹⁴⁾	50.000 ⁽¹⁶⁾	313.660 ⁽²⁾	35.504 ⁽²⁾	419.719 ⁽¹⁵⁾
Çinko	1.962.235 ⁽¹⁾	442.421 ⁽²⁾	60.000 ⁽¹⁸⁾	855.681 ^{(2)/3.616⁽¹⁷⁾}	14.172 ⁽²⁾	331.947 ⁽¹⁷⁾
Titan	112.852.500 ⁽¹⁹⁾	6.706 ⁽¹⁹⁾	V.B.	208 ⁽²⁾	V.B.	56.074 ⁽²⁾
Kurşun	995.079 ⁽¹⁾	330.109 ⁽²⁾	35.000 ⁽²⁰⁾	156.051 ⁽²⁾	V.B.	589 ⁽²⁾
Nikel	1.185.000 ⁽¹⁾	1.030.670 ⁽²⁾	3.800 ⁽²¹⁾	261.846 ⁽²⁾	V.B.	46 ⁽²⁾
Zirkonyum (sülfat)	V.Y. ⁽²²⁾	1.950 ⁽²²⁾	V.B.	352 ⁽²⁾	70.000.000 ⁽²⁾	36.246 ⁽²⁾
Magnezyum (Dolomit)	15.800.000.000 ⁽²³⁾	16.627.978 ^{(2)/1.500⁽²⁴⁾}	V.B.	82.634 ⁽²⁾	V.B.	2.947 ⁽²⁾
Stronsiyum (sülfat/tuz)	1.431.158 ⁽²⁵⁾	4.869 ⁽²⁾	V.B.	54.157 ⁽²⁾	Düşük Miktarda ⁽²⁾	V.B.
Uranyum	19.736 ⁽²⁶⁾	42 ⁽²⁷⁾	V.B.	V.B.	V.B.	V.B.
Çıva	4.235 ⁽²⁸⁾	213 ⁽²⁸⁾	V.B.	V.B.	V.B.	V.B.
Kalay	Mevcut Değil ⁽²⁹⁾	Mevcut Değil ⁽²⁹⁾	V.B.	6 ⁽²⁾	V.B.	Düşük Miktarda ⁽²⁾
Molibden	362.657 ⁽³⁰⁾	2.670 ⁽²⁾⁽³¹⁾	V.B.	Düşük Miktarda ⁽²⁾	V.B.	105 ⁽²⁾
Nadir toprak elementleri	1.632.800 ⁽³²⁾	Düşük Miktarda ⁽³²⁾	V.B.	47,2 ⁽³³⁾	V.B.	87,5 ⁽³³⁾
Vanadyum	Düşük Miktarda ⁽³⁴⁾	V.B.	V.B.	13 ⁽³⁵⁾	V.B.	732 ⁽³⁴⁾
Lityum	Düşük Miktarda ⁽³⁵⁾	600 ⁽³⁶⁾	1200 ⁽³⁶⁾	V.B.	V.B.	1200 ⁽³⁷⁾
Tungsten	64.148 ⁽³⁸⁾	Yapılmamaktadır ⁽³⁹⁾	75 ⁽³⁹⁾	V.B.	V.B.	75 ⁽³⁹⁾
Gümüş	3.827 ⁽⁴⁰⁾	162 ⁽²⁾	600 ⁽²⁾	0,2 ⁽²⁾	V.B.	440 ⁽⁴¹⁾
Altın	1.446 ⁽⁴²⁾	39 ⁽⁴³⁾	V.B.	V.B.	56 ⁽⁴⁴⁾	V.B.
İndiyum	920 ⁽⁴⁵⁾	%57,6 ⁽⁴⁵⁾		V.B.	V.B.	

Endüstriyel Metaller

Teknolojide kullanılan değerli metaller

Tablo 2: Türkiye'de maden rezervleri, üretim ve maden ithalatına ilişkin bazı veriler (2021).

V.B. Veri Bulunmuyor.

Not: Tablodaki kaynakça bilgisi analizin sonundaki Ek 1'de sunulmuştur.

Ülkemizde krom, kurşun, magnezyum (dolomit) ve nikel dışında endüstriyel metaller hem rezerv hem de çevre üretimi açısından ihtiyacı karşılamamaktadır; değerli metallerin ise büyük bölümünün rezervi dahi bulunmamaktadır (Tablo 2). Söz konusu metallerin üretim faaliyetini yürüten firmalar girdi açığını ithalatla kapatmaya çalışmaktadır.

3.1.1 Demir-Çelik Endüstrisi

Türkiye’de metal endüstrisinin lokomotifi çelik sektörüdür. 2021 yılı sonu itibarıyla toplam kapasitesi yıllık 53 milyon tonun üzerinde olan^[15] 40 adet demir-çelik üreticisi bulunmaktadır. Bunlar farklı üretim yöntemleri kullanılmaktadır: 26’sı hurda çeliğe dayalı elektrikli ark ocaklı (EAO), 11’i kömüre dayalı indüksiyon ocaklı ve üçü bazik oksijen fırınıdır^[16]. Toplam ham çelik üretimimizin yüzde 75’e yakını elektrikli ark ocaklı tesisler, geri kalanı ise entegre tesisler tarafından gerçekleştirilmektedir^[15]. Dünya genelinde bakıldığında ise dağılımın Türkiye’nin hemen hemen tam tersi olduğu görülmektedir^[15]. Ülkemizde ağırlıklı olarak elektrikli ark ocağı tesisi yatırımı yapılmasının nedeni, temel entegre tesislere kıyasla yatırım maliyetinin daha düşük olmasıdır^[17]. EAO tesislerinde bir ton çelik üretimi için gerekli hammadde (hurda) ve enerji ihtiyacı da görece indüksiyon ocaklarına kıyasla daha düşüktür^[18].

Demir-çelik sektöründe, ağırlıklı olarak ithal girdi kullanılmaktadır. EAO kuruluşlarda hammadde olarak kullanılan hurdanın yüzde 70 civarındaki bölümü ithal edilmektedir.

Sektördeki en fazla dış ticaret açığına 5-6 milyar dolarla hurda ithalatı neden olmaktadır. Bu ithalatın büyük bir kısmı ABD, Rusya, Ukrayna ve AB ülkelerinden yapılmaktadır. Entegre tesislerde ise, hammadde olarak kullanılan taş kömürünün hemen hemen tamamı ve demir cevherinin de aynı hurda gibi önemli bir bölümü ithal edilmektedir^[17]. Dezavantajlı gibi görünen bu durum gelecek yıllarda Türkiye’ye büyük avantaj sağlayabilir, çünkü hurda ile EAO üretiminde, kömür kullanılmadığı için küresel ısınmaya yol açan sera gazı salımı diğer yöntemlere göre düşüktür. Bu da Türk çelik üreticilerini, özellikle Türkiye’nin en büyük çelik müşterisi olan ve AB ile çelik ticaretinde diğer ülkelere kıyasla avantajlı konuma getirecektir^[19]. Zira Avrupa Yeşil Mutabakatı, çelik üretiminde daha az enerji kullanımını zorunlu kılmaktadır.

Türk çelik sektörünün yıllık 53 milyon tonun^[18] üzerinde bulunan kapasitesinin kullanım oranı oldukça yüksektir. Kapasite kullanım oranı 2010 yılından bu yana yüzde 65’in, 2017’den bu yana ise yüzde 70’in üzerinde seyretmektedir^[17]. Türkiye’nin çelik üretimi ise 2021’de yüzde 12,7 oranında artarak 40,4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir^[20]. Söz konusu üretim artışı dünya ortalamasının üzerindedir. 2021 yılında küresel çelik üretimi, 2020 yılına kıyasla yüzde 3,7 artışla 1,95 milyar tona yükselmiştir^[21].

Türkiye 2021 yılında dünyanın yedinci büyük çelik ihracatçısı, Rusya hariç Avrupa’nın en büyük çelik üreticisi^[21] ve Avrupa Birliği’nin en çok çelik ithal ettiği ülkedir^[22].

Türkiye, 2021 yılında AB’ye 7,4 milyon ton çelik ihraç

Sıra	Ülke	2021	2020	% (2021/2020)
1	Çin	1.032,8	1.064,7	-3,0
2	Hindistan	118,1	100,3	17,8
3	Japonya	96,3	83,2	15,8
4	ABD	86,0	72,7	18,3
5	Rusya	76,0	71,6	18,3
6	Güney Kore	70,6	67,1	5,2
7	Türkiye	40,4	35,8	12,7
8	Almanya	40,1	35,7	12,3
9	Brezilya	36,0	31,4	14,7
10	İran	28,5	29,0	-1,8

Tablo 3: 2021 yılında en çok çelik üretimi yapan ülkeler ve üretim değişimleri^[23].

etmiştir ve bu rakam, Türkiye’nin toplam ihracatının yüzde 31’ini oluşturmaktadır. Türkiye’nin AB’ye yakın konumu ve ikili anlaşmalar Türk çelik sektörünün en büyük avantajlarından biridir. 1996’da AB ve Türkiye arasında imzalanan Avrupa Kömür ve Çelik Topluluğu (AKÇT) anlaşması uyarınca çelik ticaretindeki gümrük vergileri karşılıklı olarak kaldırılmıştır. Anlaşma, demir ve çelik ürünlerimizin AB üyesi ülkelere gümrük vergisi olmadan ticaretinin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca, AKÇT anlaşması hükümleri uyarınca devlet, çelik endüstrisine destek verememektedir^[20].

1980 yılından itibaren yürürlüğe giren ithal ikamesi sistemi sayesinde Türkiye, özellikle İran, Irak ve Kuzey Afrika ülkeleri gibi komşu ülkelere gerçekleştirdiği çelik ihracatını artırmıştır. Sonraki 20 yılda da Türkiye’nin üretim ve ihracatında büyük bir artış yaşanmıştır^[20]. Türkiye, 2021 yılı itibarıyla başta İsrail ve Mısır olmak üzere Ortadoğu ülkelerine dört milyon tondan fazla çelik ihraç etmekte ve bu toplam çelik ihracatının yüzde 10’unu oluşturmaktadır.

Ülkemiz aynı zamanda nitelikli çelik başta olmak üzere dünyanın en büyük çelik ithalatçılarından biridir. 2015 yılında 18,6 milyon ton çelik ithal eden Türkiye, pandemi tedbirlerinin uluslararası ticarete ağır darbe vurduğu 2020 yılında 12,4 milyon çelik ithal etmiş, 2021 yılında dünya ekonomisinin toparlanmasıyla 16,2 milyon ton çelik ürünü ithal eder hâle gelmiştir. Türkiye 2021 yılında, ABD, Çin, Almanya ve İtalya’nın ardından dünyanın en büyük beşinci çelik ithalatçısı konumuna gelmiştir. İthal edilen ürünlerin büyük kısmı, yerli üretimin ihtiyacı karşılamadığı yassı çelik ürünler olmuştur (Tablo 4).

Çelik Mamul Üretimine Tüketimi Karşılama Oranı (%)						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Uzun Çelik	148	143	159	187	166	166
Yassı Çelik	66	73	91	89	87	83

Tablo 4: Türkiye’nin çelik üretiminin ihtiyacı karşılama oranının değişimi (2016-2021)^[23].

3.1.2 Metal Döküm Endüstrisi

Türkiye, metal döküm alanında da dünyanın önde gelen üretici ve ihracatçıları arasında bulunmaktadır. 2021 yılında yaklaşık üç milyon ton üretime ulaşan Türk metal döküm endüstrisi, dünyada dokuzuncu, Avrupa'da ise ikinci sırada bulunmaktadır^[24]. Otomotivden yapı ve altyapıya, savunma ve havacılıktan mutfak eşyalarına onlarca sektör için, bir gramdan hafif veya 300 tondan ağır olabilecek geniş bir yelpazede parça üreten sektör stratejik öneme sahiptir.

Demir-çelik dışında başta alüminyum ve bakır olmak üzere ana metallerin üretim ve ihracatında da son yıllarda büyük artış yaşanmaktadır. Dünyada yeşil dönüşüm ve altyapı yenileme programlarının yaygınlaşmasıyla gelecek yıllarda alüminyum ve bakıra talebin yükselen bir ivme ile artması beklenmektedir.

3.1.3 Alüminyum Endüstrisi

Türkiye alüminyumun üretildiği boksit minerali açısından görece zengin bir konumdadır.

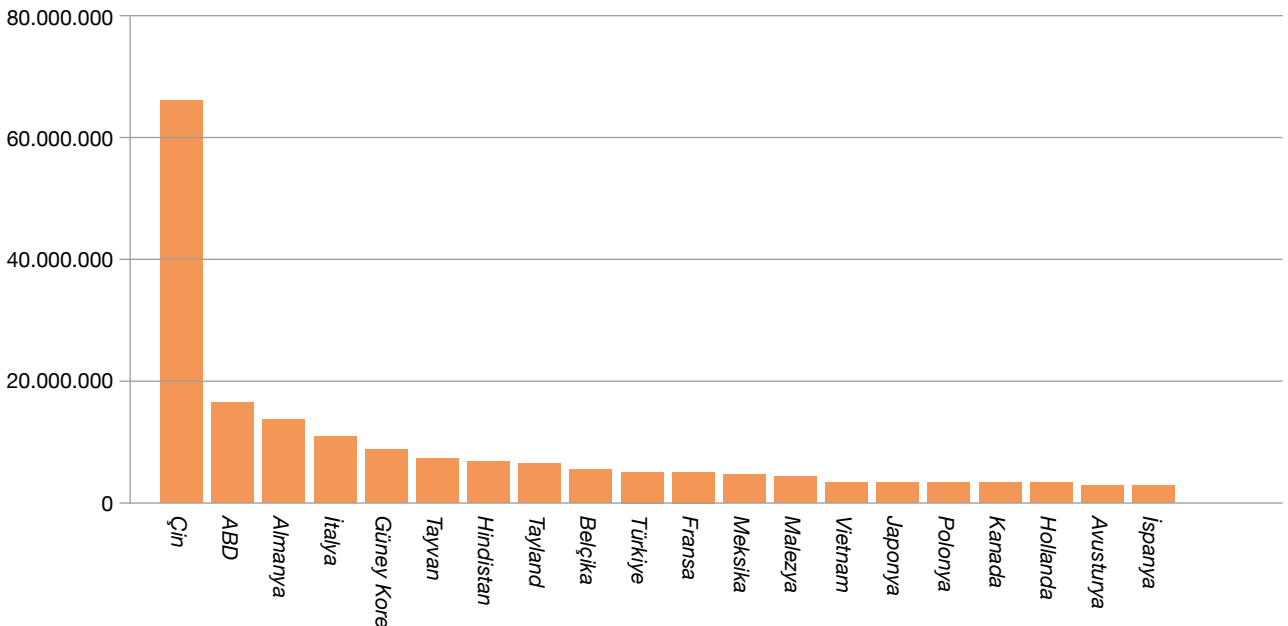
Türkiye'de çoğu Toros Dağları'nda olmak üzere 422 milyon ton boksit rezervi bulunmakta ve 63 milyon tonu işletilebilir rezerv durumundadır. En zengin boksit yataklarımızın yer aldığı Seydişehir (Konya) ve Akseki (Antalya) yöresinde işletilebilir rezerv yaklaşık 31 milyon tondur^[25]. Buna karşılık Türkiye'nin en büyük alüminyum üreticisi Eti Alüminyum'un yıllık üretim kapasitesi 82.000 tondur^[26] ve ülkemizin ihtiyacını karşılamaktan uzaktır. Türkiye'nin alüminyum sektörü birincil alüminyum külçe ihtiyacını büyük ölçüde ithalatla karşılamaktadır. Buna karşılık alüminyum sektöründe faaliyet gösteren 2.000'e yakın firma^[15] yükselen bir ihracat performansı göstermektedir. Türkiye'nin alüminyum ihracatı 2021 yılında bir önceki yıla kıyasla yüzde 42,7 artarak 1,28 milyon tona ulaşırken, değer açısından ise yine bir önceki yıla göre yüzde 69 artışla 5,1 milyar doları aşmıştır^[27].

3.1.4 Bakır Endüstrisi

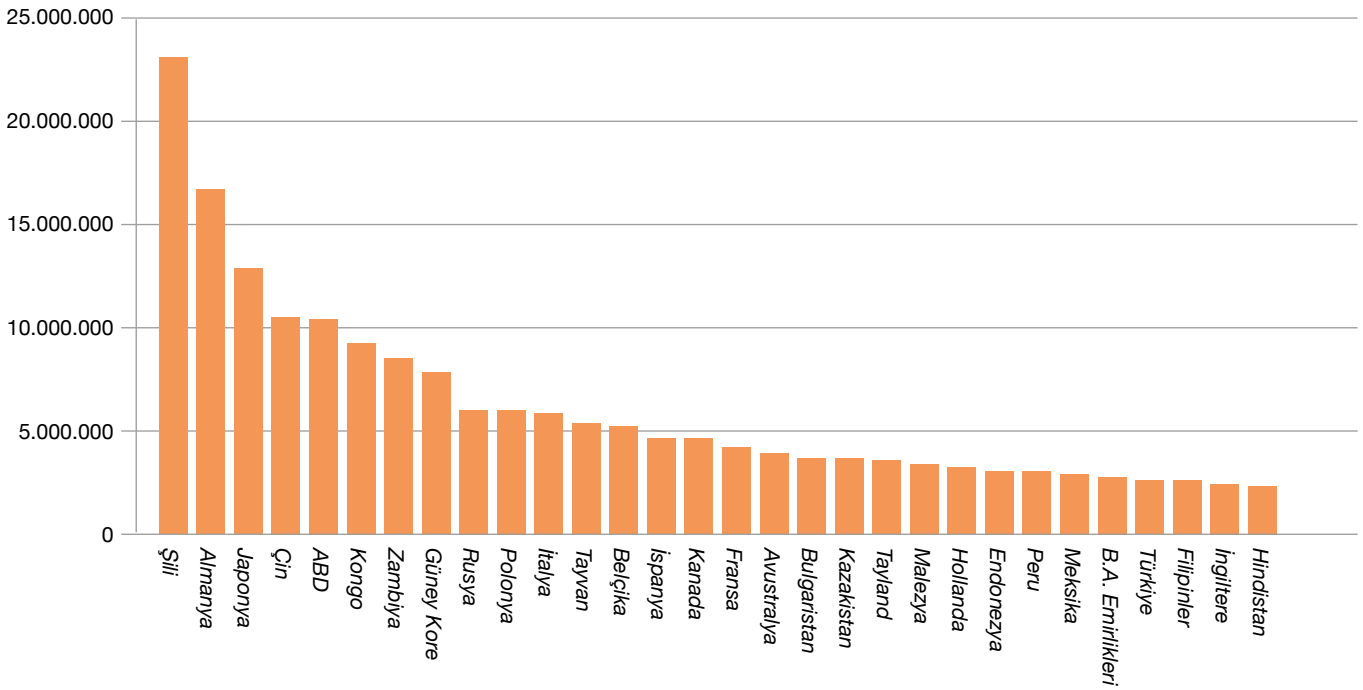
Tarihsel olarak bakır madenciliği ve bakır eşyanın ilk üretildiği coğrafyalardan biri olan Türkiye, bugün bakırda net ithalatçı konumundadır. Oysa Türkiye'de, toplam tahmini rezervi üç milyon tonu (Tablo 2) bulan Artvin Murgul'da, Kastamonu Küre'de, Elazığ Ergani ve Maden'de ve Rize Çayeli'nde bakır madenleri bulunmaktadır. Dolayısıyla Türkiye, bakır açısından zengin sayılabilecek bir ülkedir. Öte yandan ülkemizde bakır üretimi oldukça düşük seviyededir. Bakır madeni Elazığ ilinde Maden ve Ergani'de, Artvin ilinde Murgul'da ve Samsun'daki bakır işletmelerinde işlenmektedir. Ancak söz konusu işletmelerin yıllık 110.000 -150.000 ton civarındaki üretimi yıllık yarım milyon tonluk ihtiyacın beşte biri ile üçte biri kadarını karşılayabilmektedir. Açık ise ithalatla kapatılmaktadır. Türkiye 2021 yılında yaklaşık 5,7 milyar dolarlık bakır ve bakır eşya ithal etmiştir ve değer açısından dünyanın en büyük 10'uncu ithalatçısı olmuştur^[30]. Ama Türkiye aynı zamanda bir bakır ihracatçısıdır ve 2021 yılında 2,6 milyar dolar tutarında bakır ve bakır eşya ihracatı yapmıştır ve dünyanın en çok ihracat yapan 28'inci ülkesi olmuştur^[31]. 2020'li yıllarda artan taleple birlikte bakır fiyatlarının çok yüksek seviyeye çıkacağı öngörülürü dikkate alınır, Türkiye'nin bakır üretimini artıracak yatırımları bir an önce yapması, hem ihtiyaçlarını karşılayacak hem de dış ticaret açığını kapatmasını sağlayacaktır^[32].

3.1.5 Krom ve Nikel Üretimi

Üretim tesisi açığı krom madeni için de söz konusudur. Tahmini rezervi 27 milyon tona yakın olan ve yılda iki milyon tona yakın cevher üretimi yapılan Türkiye^[33], krom madeni açısından zengin bir ülkedir. Ancak Türkiye'de dinamik bir krom-ferrokrom-paslanmaz çelik zinciri kurulamamıştır. Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de krom en çok güçlendirilmiş bir çelik türü olan ve savunmadan havacılığa kadar pek çok alanda kullanılan ferrokrom



Şekil 4: 2021 yılında en çok bakır ve bakır eşya ihraç eden ülkeler (bin dolar)^[28].



Şekil 5: 2021 yılında en çok bakır ve bakır eşya ithal eden ülkeler (bin dolar)^[29].

üretiminde değerlendirilmektedir. Paslanmaz çelik, ferrokromun nikel ile alaşımlandırılmasıyla üretilmektedir. Türkiye’de kromun yüzde 90’ı ferrokrom üretiminde, ferrokromun yüzde 90’ı ise paslanmaz çelik veya ısıya dayanıklı çelik üretiminde kullanılmaktadır^[34]. Türkiye’deki ferrokrom tesislerinin toplam krom tüketimi yıllık 500 bin ton civarındadır^[35].

Türkiye’nin katma değeri yüksek bir ürün olan paslanmaz çelikte ise kapasitesi yetersiz durumdadır. Türkiye, paslanmaz çelik ürünlerinin tamamına yakınına yurt dışından ithal ederken, dünyada çelik ihtiyacının önemli bir kısmı ABD, Japonya, Çin, Almanya ve Hindistan gibi ham çelik üretiminde rekabet hâlinde olduğumuz ülkelerden sağlanmaktadır^[36]. Ferrokrom ve paslanmaz çelik üretimi düşük kalınca üretilen krom cevherinin dörtte üçü ihraç edilmektedir. Krom cevherinin fiyatı ile krom içeren katma değerli malzemelerin fiyatları arasındaki fark 20 katı bulabilmektedir. Dolayısıyla Türkiye kromda, hem ithalatı azaltıp hem de yurtiçi ihtiyaçları karşılarken yüksek katma değerli ihracat yapma fırsatını kaçırmaktadır.

Yine paslanmaz çelik üretiminde büyük önem taşıyan nikel madeni konusunda da benzeri bir durum söz konusudur. Nikel, paslanmaz çeliğin yanı sıra ileri teknolojiler, havacılık, yenilenebilir enerji tesisleri, elektrikli araç bataryaları ve savunma sanayii gibi kritik sektörlerde önemli bir malzemedir. Buna karşılık ülkemizin nikel cevheri ve konsantresi üretiminin önemli bölümü ihraç edilmektedir. 2016 yılında Manisa’da faaliyete geçen Gördes Meta Nikel İşletmesi^[37], ileri teknolojisi ve yıllık 20.000 ton nikel metali üretim kapasitesi ile bu alanda bir dönüm noktası olacak niteliktedir. Benzeri tesislerin çoğalmasıyla, yenilenebilir enerji, elektrikli araçlar, elektronik, savunma ve havacılık alanlarında atılımı olan Türkiye’nin ihtiyaçlarının karşılanması yanı sıra dünyada giderek artan talebe de yanıt verebilir.

3.1.6 Kıymetli Metaller ve Nadir Toprak Elementleri

Dünyada son 10 yılda hızlanan dijital dönüşüm sürecinin yanı sıra fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye geçiş nikel, kobalt, lityum, nadir toprak elementleri ve bakır gibi metallerin giderek daha yaygın ve fazla kullanılmasına neden olmaktadır. Bu nedenle madencilik ve metal malzeme imalatçısı firmalar geleceği şekillendirecek hammaddelerin üretimi noktasında kritik bir rol üstlenir hâle gelmiştir. Dünyada bu kritik malzemelerin üretimi ve ticareti konusunda sert bir rekabet sürmektedir^[38]. Türkiye’de söz konusu metallerin rezervleri nikel ve kobalt dışında sınırlı miktardadır (Tablo 2).

Türkiye, fosil yakıt tüketiminden yenilenebilir enerji kaynaklarına ve yeni enerji teknolojilerine geçiş yaparak, enerji ithalat bağımlılığını azaltmayı, enerji arz güvenliğini artırmayı, enerji ithalatından kaynaklı dış ticaret açığını azaltarak ekonomisini güçlendirmeyi ve çevre kirliliğini önleyerek küresel ısınma ile mücadelede uluslararası sorumluluğunu yerine getirmeyi hedeflemektedir^[39]. Ancak enerji dönüşümü arz güvenliği açısından yeni riskleri de beraberinde getirmektedir. Zira yenilenebilir enerji altyapısının gelişmesiyle ve modern teknolojilerin yaygınlaşmasıyla kritik minerallere olan bağımlılık da artmaktadır^[40]. Türkiye açısından, bu minerallerin güvenli, uygun fiyatlarda ve kesintisiz bir şekilde tedarik edilebilmesi, Türkiye’nin enerji güvenliğinin ve teknoloji bağımsızlığının önceliklerinden biri hâline gelmektedir.

Türkiye’de son dönemde kritik metallerin elde edilmesine yönelik araştırmaların ve uygulamaların arttığı görülmektedir. Örneğin küresel rezervinin yaklaşık dörtte üçü Türkiye’de bulunan bor mineralinin işleme süreçlerinden lityum üretimine ilişkin araştırmalar başarıyla sonuçlanmıştır. Bor madeninin rafine edilmesi sırasında açığa çıkan sıvı depolanarak içerisindeki lityum karbonat geri kazanılabilmektedir. Tamamen yerli Ar-Ge ile geliştirilen

bu yöntemin uygulandığı Eskişehir’de kurulan yıllık 10 ton üretim kapasiteli bir tesis 2020 yılı sonunda faaliyete geçmiştir^[41]. Tesisin kapasitesinin yeni yatırımlarla 600 tona çıkarılması hedeflenmektedir.

Ülkemizde nadir toprak elementlerinin elde edilmesine yönelik arama, üretim ve zenginleştirme çalışmaları da yapılmaktadır. Türkiye’de Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından yapılan aramalar sonucunda Eskişehir-Beylikova, Malatya-Kuluncak, Sivas ve Burdur’da nadir toprak elementleri yatakları tespit edilmiştir. Temmuz 2022’de Eskişehir-Beylikova’daki nadir toprak elementleri rezervinin 694 milyon ton olduğu, bölgede en kısa sürede yıllık 10 bin ton kapasiteli bir tesis kurularak 17 nadir toprak elementinin 10’unun oksitlerinin üretileceği, ayrıca 72 bin ton barit, 70 bin ton florit, 250 ton toryumun üretileceği açıklanmıştır. Ayrıca Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Nadir Toprak Elementleri Araştırma Grubu tarafından başlatılan çalışmayla laboratuvar ölçeğinde yüzde 99’un üzerinde saflık derecesinde uranyum, toryum, lantanyum, paraseodmiyum, neodimyum, seryum ve ağır nadir toprak oksitleri kazanılmıştır^[42].

Nadir toprak elementlerine yönelik diğer bir önemli gelişme ise Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının bünyesinde Nadir Toprak Elementleri Araştırma Enstitüsünün (NATEN) kurulmasıdır^[43]. Ülkemizin nadir toprak elementleri ve diğer elementler konusunda kısa, orta ve uzun dönem politika ve stratejik kararları için gerekli bilgileri oluşturmak, ürün ve teknolojilerin geliştirilmesi, üretilmesi amacıyla temel ve uygulamalı araştırma yapmak, NATEN’in görevleri arasındadır.

3.2 Cam ve Seramik Endüstrisi

Seramik ve cam üreticiliği Anadolu’da çok eski çağlardan beri yapılmaktadır ve günümüzde imalat sektörünün en önemli bileşenleri arasındadır. Ülkemizde seramik ve cam üretiminde kullanılan mineraller bol miktarda bulunmakta ve madencilik faaliyetlerinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Şekil 2). Çimento ve inşaat hammaddelerinde kum ve dolomit, endüstriyel hammaddelerden kuvars ile soda cam yapımında; inşaat malzemelerinden kil, endüstriyel malzemelerden feldspat ile kuvars seramik yapımında kullanılmaktadır.

3.2.1 Cam Endüstrisi

Cam imalatı enerji yoğun ve sermaye yatırımı gerektiren bir sanayidir. Temelleri 1935’te atılan modern Türk cam sanayii, düzcam, cam ev eşyası, cam ambalaj ve cam elyaf alanlarında ileri teknolojilerle üretim yapmaktadır.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından hazırlanan “2021 Cam Sektörü Raporu”nda Türk cam sanayinin son 10 yılda üretim miktarının yüzde 100 artarak dört milyon tona ulaştığı belirtilmektedir. Kapasitenin yarıya yakını düzcam üretimine, yüzde 40’ı cam ambalaj üretimine, kalanı ise cam eşya ve cam elyafı üretimine ayrılmıştır (Tablo 5).

İlişkili olduğu otomotiv, mobilya ve beyaz eşya gibi sektörlerdeki gelişmelere bağlı olarak Türkiye’de düzcam faaliyet alanında büyük gelişmeler görülmektedir^[44].

Girişim Sayısı (2019)	1.380
Çalışan Sayısı (2019)	32.957
Üretim (2018)	4.000.000 ton
Düzcam	1.900.000 ton
Cam Ambalaj	1.600.000 ton
Cam Ev Eşyası	300.00 ton
Cam Elyaf	100.000 ton
Üretim değeri (2019)	18,5 milyar TL
Ciro (2019)	19,3 milyar TL
Net Katma Değer Miktarı (2018)	6.727.534.177
İç pazarda ihtiyacı karşılama oranı	%90
İhracat (2020)	1.052.000.000 \$
İthalat (2020)	842.000.000 \$

Tablo 5: Türkiye’de cam imalat sektöründen temel veriler^[44].

Türk cam sanayii sadece Türkiye’de değil, 12 ülkede 54 tesiste üretim yapmaktadır^[45]. Sektörde sekiz ana üretici bulunmaktadır. Cam üretim kapasitesinin yüzde 72’lik kısmı Şişecam Grubu’na aittir^[46]. Türkiye’de cam elyafı üretimi Şişecam ve Temmuz 2022’de Kayseri’deki fabrikasını açan Beşler Tekstil^[47] tarafından karşılanmaktadır.

Cam imalat sektörü, ana üreticiler dışında ülke ekonomisinde gerek ana cam üreticileri gerekse ikincil işlem yapan işlemeciler veya atölyeler gibi cama değer katan 12.000’in üzerinde firmayla önemli bir iş hacmine sahiptir^[46].

Dünyada düzcam ve cam elyafı üretiminin, yeşil dönüşüm ve enerji tasarrufu eğilimleri nedeniyle talebin artmasına paralel olarak hızla artması beklenmektedir. Dünyada cam sektörüne yönelik Ar-Ge çalışmalarının önemli bir bölümü, enerji yoğun olan bu sektörün enerji verimliliğinin artırılmasına yöneliktir. Ürün geliştirmeye yönelik Ür-Ge’de ise ürünlerin hafifletilmesi, tasarım ve üretim optimizasyonu gibi konulara odaklanılmaktadır. Türkiye’de son yıllarda küresel ortamda rekabet gücünün geliştirilmesi için Ar-Ge çalışmalarına verilen önem artmıştır. Türkiye’nin ilk özel sektör cam Ar-Ge merkezini Şişecam açmıştır. Ayrıca iki özel şirket bünyesinde tasarım merkezleri bulunmaktadır^[44].

3.2.2 Seramik Endüstrisi

Seramik sektörü; seramik kaplama malzemeleri, seramik sağlık gereçleri, seramik sofralar ve mutfak eşyaları, porselen sofralar ve mutfak eşyaları, teknik seramikler, refrakter harç ve tuğlalar ile seramik hammaddeleri alt sektörlerinden oluşan, genel olarak inşaat sektörüne önemli oranda girdi sağlayan bir sanayi dalıdır.

Türk seramik sektörü, yaklaşık iki milyar dolarlık işlem hacmi ve bir milyar dolarının üzerindeki ihracatı ile Türkiye’nin önemli endüstrileri arasında yer almaktadır. 2021 yılında sanayi üretimi açısından seramik sağlık gereçleri sektörü yüzde 49,1, seramik kaplama malzemeleri üretimi yüzde 32,3, tuğla ve kiremit üretimi yüzde 30,6 artış

Girişim Sayısı (2019)	1.358
Refrakter üreticileri	210
Karo üreticileri	43
Ev ve süs eşyası	979
Sağlık ürünleri	76
İzolator	17
Diğer	33
Çalışan Sayısı (2019)	40.328
Üretim Değeri (2019)	~15.000.000.000 TL
Refrakter üreticileri	1.848.000.000 TL
Karo üreticileri	8.181.000 TL
Ev ve süs eşyası	1.994.000.000 TL
Sağlık ürünleri	3.182.000.000 TL
Ciro (2019)	13.600.000.000 TL
Net Katma Değer Miktarı (2019)	~4.700.000.000 TL
İç pazarda ihtiyacı karşılama oranı	~%80
İhracat (2020)	1.237.600.000 \$
İthalat (2020)	331.800.000\$

Tablo 6: Türk seramik sektörünün bazı temel göstergeleri^[48].

göstermiş ve toplam üretim değeri 15 milyar TL civarına ulaşmıştır^[49]. 1.400'e yakın firmanın faaliyet gösterdiği seramik sektörü Türkiye ekonomisinde 40 bin doğrudan, 330 bin dolaylı istihdam sağlamaktadır^[48].

Seramik sektörü, ihracatta yerli kaynakları en çok kullanan ve ithal ürünlere bağımlılığı en az olan sektörlerden biridir. Son 15 yıllık dönemde seramik ürünleri ihracatı iki kattan fazla artış göstermiştir^[50]. Seramik sektörü COVID-19 pandemisinin yaşandığı 2020 yılında yaklaşık 1,3 milyar dolarla tarihinin en yüksek ihracat değerine ulaşmıştır. Türk seramik kaplama üreticisi firmalar

113 ülkeye, sağlık gereci üreten firmalar ise 95 ülkeye ürünlerini ihraç etmektedir^[48]. Sektörün lokomotif ürün grubu seramik karo, bir başka deyişle seramik kaplama malzemeleridir.

2020 yılı verilerine göre Türkiye, 370 milyon m²'lik üretimi ile seramik kaplama malzemeleri (SKM) üretiminde Avrupa'nın ikinci ve dünyanın yedinci büyük üreticisi ve aynı zamanda Avrupa'nın üçüncü ve dünyanın beşinci büyük seramik karo ihracatçısı konumundadır (Tablo 6).

Türkiye, dünyanın önde gelen seramik sağlık gereci üreten ülkelerinden biridir ve ihracat değeri açısından Avrupa'da bir numaradadır. Dünya sağlık seramikleri üretiminin yaklaşık yüzde 10'u Türkiye'de üretilmektedir^[48].

Türkiye'de, toplam yıllık üretim kapasitesi 550 bin tonu bulan 20 civarında refrakter ürün imalatı yapan firma bulunmaktadır. Tüketimin yaklaşık yüzde 75'ini karşılayan yerli üretimin bir miktarı da ihraç edilmektedir. Türkiye'nin 2019 yılı refrakter malzemeleri ihracatı 92,9 milyon dolar, ithalatı ise 158,4 milyon dolar seviyesinde gerçekleşmiştir.

Teknik seramik sektöründe yedi firma faaliyet göstermektedir. Söz konusu firmaların ürettiği teknik seramiklerin, yaklaşık yüzde 80'i porselen izolator ve yüzde 15'i elektroporselen ürünlerdir. Sektörün izolator üretim kapasitesi yılda 19.200 ton, elektroporselen ve diğer teknik seramik üretim kapasitesi ise yıllık 4.400 tondur. Diğer seramik ürünlerinin aksine teknik seramiklerde ithalat miktarı ihracattan oldukça fazladır ve 2019 yılında yaklaşık 35 milyon dolarlık dış ticaret açığı ortaya çıkmıştır^[48].

Türk seramik sektörünün, dünyada artan rekabet ortamında araştırma, teknoloji geliştirme ve inovasyon ihtiyacı da artmaktadır. Bu ihtiyaçlar paralelinde bazı seramik üreticileri, Anadolu Üniversitesi ve TÜBİTAK işbirliği ile 1998 yılında Eskişehir'de Seramik Araştırma Merkezi A.Ş. (SAM A.Ş.) kurulmuştur^[48]. Seramik kaplama

	Üretim, 2019 Milyon m ²	Üretim, 2020 Milyon m ²	2020 Dünya Üretimi % Değeri
Çin	8.225	8.474	52,7
Hindistan	1.266	1.320	8,2
Brezilya	909	840	5,2
Vietnam	560	534	3,3
İspanya	510	488	3
İran	398	449	2,8
Türkiye	296	370	2,3
İtalya	401	344	2,1
Endonezya	347	304	1,9
Mısır	300	285	1,8
TOPLAM	13.212	13.408	83,3
DÜNYA TOPLAMI	15.827	16.093	100

Tablo 7: Dünyanın en büyük seramik üreticisi ülkeleri (2020)^[48].

malzemeleri, sağlık gereçleri, refrakter malzemeler, sofa eşyası, seramik hammaddeleri ve ileri seramik malzemeler SAM A.Ş.'nin faaliyet alanını oluşturmaktadır. Bu alanlarda öncelikli olarak Ar-Ge hizmetleri verilmekte, ancak sektördeki bazı eksiklikleri tamamlamak amacıyla, proje sözleşmeleri kapsamında verilen Ar-Ge hizmetleri paralelinde test/analiz, eğitim ve teknik-teknolojik destek hizmetleri gibi hizmetler de sürdürülmektedir.

Türkiye seramik sektörü her geçen yıl büyümesini sürdürerek performansını artırmaktadır. Üreticiler gelişmiş üretim teknolojileri ve kalite yönetimi uygulamaları ile küresel çapta rekabet edebilir seviyeye gelmektedir. Ancak marka gücünün sınırlı olması, hammadde ve enerji fiyatlarındaki artışlar sektörün rekabetçiliğini olumsuz yönde etkileyen önemli faktörlerdir. Sektörün rekabet gücünün artırılması için uluslararası standartlara uygun ürünlerin üretilmesi ve uygun fiyattan piyasaya sunulması önem arz etmektedir. Bununla birlikte, üretimde enerji maliyetlerini azaltacak, markalaşmayı teşvik edecek, üretimde Ar-Ge odaklı üretim yöntemlerini geliştirecek politikaların hayata geçirilmesi önem arz etmektedir.

3.3 Türkiye'de Polimerler ve Kimyasal Malzemeler Endüstrisinin Durumu

Türkiye'de polimer malzemeler, kamu ve özel sektör kuruluşları tarafından kimya sektörü şemsiyesi altında ele alınmaktadır. Kimya sektörü petrol, doğalgaz, hava, su, mineraller ve metaller gibi hammaddeleri 70 binin

üzerinde farklı ürüne dönüştürerek hemen her sektöre girdi sağlayan, ülkelerin sanayilerinin gelişimi için kilit öneme sahip bir sektördür. Kimya sektörü üretiminin yaklaşık yüzde 77'si kimya ve diğer sektörlerde hammadde olarak kullanılmakta, ancak yüzde 23'lük bir kısmı tüketicilere satılabilecek nihai ürünlerden oluşmaktadır.

3.3.1 Kimya Endüstrisi

Kimya sektörü Türkiye'nin öncelikle geliştirmeyi hedeflediği sanayilerden biridir. Kimya sektörü, daha önceki planlarda olduğu gibi, Cumhurbaşkanlığı 2022 yıllık programında öncelikli sektörler arasında sayılmıştır^[8]. Ticaret Bakanlığının 2019'da yayınladığı İhracat Ana Planı'nda ihracatta payı artırılacak hedef sektörler arasında yer almıştır^[8]. Söz konusu planda kimya sektörünün dünya ihracatındaki payının yüzde 1'in altında olduğu, ilk aşamada hedefin bunun yüzde 1 üzerine çıkarılması olduğu belirtilmiştir. Türk kimya sektörü bu hedefe 2021 yılı sonunda ulaşmıştır. Küresel kimyasal ürünler ihracatı 1 trilyon 741 milyar dolar^[51] olarak gerçekleşirken, Türk kimya sektörü 25,4 milyar dolarlık ihracatla^[52] dünya ihracatındaki payını yüzde 1,45'e çıkarmıştır.

Ancak çok sayıda yabancı sermayeli şirketin de faaliyeti gösterdiği Türkiye kimya sektörü ithalata bağımlı bir sektördür. Kullanılan hammaddenin yüzde 70'i ithal edilmekte, yüzde 30'u ise yerli üretimle karşılanmaktadır. Hatta ithalat oranı plastik ve kauçuk sektöründe yüzde 90'ın üzerine çıkmaktadır^[54]. Bunun sonucu

Zayıf Yönler - Tehditler	Sorun Alanları
Hammadde ve ara malı kullanımında yurtdışına bağımlılık	
Girdi maliyetlerinin yüksekliği Kümelenenin olmayışı ve üretimin dağınık oluşu	Yatırım ve üretime yeterli önem verilmemesi Büyük ölçekli yatırımların olmaması
İşletmelerin küçük ve orta ölçekli yapıya sahip olması	
Global ölçekli firmaların çok az oluşu	
Katma değeri düşük üretim yapısının bulunması	
Yerli hammaddelerin işlenerek değerlendirilmesinin yetersiz olması	Düşük katma değerli üretim yapısı
Tasarım, geliştirme ve Ar-Ge'ye önem verilmemesi	
İleri teknolojiye sahip ara ürünlerde dışa bağımlılık	
Çevremizdeki ülkelerin yabancı yatırımcı çekmeleri ve kapasite artırımları	Rekabet ortamının istenilen düzeyde olmaması sebebiyle yatırım ve üretim yapmak konusunda yaşanan sıkıntılar
Kayıt dışı ekonomi ile mücadelede başarısızlık	
Üniversite ve sanayi işbirliğinin az oluşu	
Tasarım, geliştirme ve Ar-Ge'ye önem verilmemesi	Sektörün kalifiye eleman bulamaması

Tablo 8: Türkiye'de kimya sektörünün zayıf yönleri ve sorunları^[53].

	2018	2019	2020	2021
Kimyasalların ve Kimyasal Ürünlerin İmalatı	28.721.784	27.691.258	26.640.436	39.184.307
Temel Eczacılık Ürünlerinin ve Eczacılaşa Ait Malzemelerin İmalatı	4.726.510	5.262.478	5.331.354	7.174.593
Kauçuk ve Plastik Ürünlerinin İmalatı	4.774.051	4.736.715	4.897.493	5.814.010
KİMYA SANAYİİ TOPLAMI	38.222.345	37.690.451	36.869.283	52.172.910

Tablo 9: Kimya sektörü ithalatı (Bin dolar)^[55].

	2018	2019	2020	2021
Kimyasalların ve Kimyasal Ürünlerin İmalatı	8.161.084	9.420.531	9.699.677	13.514.201
Temel Eczacılık Ürünlerinin ve Eczacılaşa Ait Malzemelerin İmalatı	1.176.892	1.439.833	1.832.737	1.898.827
Kauçuk ve Plastik Ürünlerinin İmalatı	7.534.142	7.981.718	8.047.190	10.373.909
KİMYA SANAYİİ TOPLAMI	16.872.118	18.842.082	19.579.604	25.786.937
KİMYA SANAYİİNİN DIŞ TİCARET AÇIĞI	21.350.227	18.848.369	17.289.679	26.385.973

Tablo 10: Kimya sektörü ihracatı (Bin dolar)^[55].

olarak, Türkiye'nin kimya ürünleri ithalatı 2021 yılında İstanbul Kimyevi Maddeler ve Mamulleri İhracatçıları Birliğine göre 97,32 milyar dolara^[52], TÜİK'e göre ise yaklaşık 52 milyar dolara (Tablo 10) çıkmıştır. Kimya sektörünün kapsamına ilişkin değerlendirmeden kaynaklanan bu büyük veri farkı, sektörün uzun yıllardır kronik olarak yüksek dış ticaret açığı verdiği gerçeğini değiştirmemektedir (Tablo 9 ve Tablo 10).

Türk kimya endüstrisi, ağırlıklı olarak petrokimya, sabun, deterjan, gübre, ilaç, boya-vernük, sentetik elyaf ve soda üretmektedir. Toplam 2.600 çeşit kimyasal hammadde ve tüketim ürününün üretimini gerçekleştirildiği ifade edilmektedir^[54]. Söz konusu ürünlerin yüzde 83'ü mikro ölçekli firmalar tarafından üretilmektedir. Sektörde 2020 yılı sonu itibarıyla 26 bine yakın firma faaliyet göstermektedir^[57]. Sektörün KOBİ ağırlıklı olmasının nedeni, büyük kimya tesislerinin yatırım maliyetinin çok yüksek olmasıdır. Kimya sektörü ayrıca enerji yoğun bir sektördür ve Türkiye enerjide büyük ölçüde dışa bağımlı olduğu için enerji maliyetleri yüksektir^[58]. Ülkemiz kimyasalların üretim makineleri, üretim hatları ve ilgili hizmetlerde (yazılım, yedek parça bakım vb.) de dışa bağımlıdır. Sektörün küçük firmalardan oluşması ve dağınık bir kompozisyon sergilemesi sektörün dezavantajlarını artırmaktadır. Sektörün KOBİ ağırlıklı yapısı, Ar-Ge ve inovasyonun da önündeki en büyük engeldir. Ar-Ge'ye ayrılan bütçeler düşük kalmakta, bu da kimya katma değeri yüksek ürünlerin ağırlıklı hale gelmesini ve uluslararası pazarlarda rekabet gücünün artırılmasını da engellemektedir. Bu durum 11'inci Kalkınma Planı Kimya Sanayii Çalışma Raporu'na da yansımıştır (Tablo 8).

3.3.2 Petrokimya Endüstrisi

Kimya sanayiinin amiral gemisi petrokimya sektörüdür. Türkiye'deki en büyük petrokimya şirketi eskiden bir kamu kuruluşu olan ve 2007 yılında özelleştirilen Petkim'dir. Petkim, İzmir Aliağa'daki fabrikası ile neredeyse tam kapasite çalışarak tek başına Türkiye'nin kimyasal üretiminin dörtte birini^[59] gerçekleştirmektedir. Petkim ağırlıklı olarak termoplastik ürünleri (AYPE, PVC, YYPE ve PP), elyaf hammaddeleri (ACN, PTA ve MEG) ve diğer petrokimyasal ürünler (Etilen, Benzen, PA, Gaz Klor, VCM) dahil olmak üzere 50'den fazla petrokimya ürünü üretmektedir^[60]. Yatırım teşviki alan bir dizi kuruluşun 2025 yılına kadar kuracağı petrokimya tesisleriyle Türkiye'nin mevcut cari açığını azaltması ve polipropilende (PP) ithalat bağımlılığını yüzde 25-40 arasında düşürmesi beklenmektedir^[61].

3.3.3 Kauçuk ve Plastik Endüstrisi

Türkiye'de kimya sanayii, "Kimyasalların ve Kimyasal Ürünlerin İmalatı", "Temel Eczacılık Ürünlerinin ve Eczacılaşa Ait Malzemelerin İmalatı" ve "Kauçuk ve Plastik Ürünlerinin İmalatı" olmak üzere üç alt dal altında incelenmektedir^[57]. Bu üç alt ana daldan sadece kauçuk ve plastik ürünleri imalatı, dış ticaret fazlası vermekte, diğerleri önemli miktarda dış ticaret açığı yaratmaktadır. Kauçuk ve plastik ürünleri imalatında ise en yüksek dış ticaret fazlasını plastik ürün imalatı sektörü sağlamaktadır^[57]. Plastik sektörü, Türkiye ekonomisinin en önemli aktörlerinden biridir. Günümüzde 10 milyon tona yaklaşan toplam üretimi, 33 milyar dolar civarındaki cirosu, 9,7 milyar dolara yaklaşan direkt ihracatı ve son 10 senede GSMH büyüme oranını aşan yıllık büyüme ile plastik sektörünün ülke ekonomisine sağladığı

	2021/2	2021	2022/2	2022/Tahmini	%Artış 2022/2021 (2 Ay)	%Artış Tahmini 2022/2021
Üretim	6.200	40.332	7.325	43.951	18,1	9,0
İthalat	484	3.373	586	3.516	21,1	4,2
İhracat	973	7.141	1.157	6.942	18,9	-2,8
Yurtiçi Tüketim	5.711	36.564	6.754	40.525	18,3	10,8
Dış Ticaret Fazlası	489	3.768	571	3.426	16,8	9,1

Tablo 11: Plastik mamul arz ve talep dengesi (2021 / 2022 Yılları 2 Aylık Kıyaslaması ve 2022 Beklentisi -milyon \$)^[64].

katkı giderek artmaktadır^[62]. Sektör, ulaştığı üretim kapasitesiyle Avrupa’da ikinciliğe, dünyada ise altıncılığa yükselmiştir^[63].

2022 yılında kimya sanayiinin daha iyi bir ihracat performansı gösterdiği, Ocak-Temmuz döneminde 20 milyar dolara yakın ihracat yaptığı ve yılsonuna kadar 33 milyar dolarlık ihracat rakamını aşabileceği belirtilmektedir^[65]. Türkiye’de kimya sanayiinin hammadde, enerji ve lojistikteki yüksek maliyetlere rağmen büyük ivme yakaladığı görülmektedir. Bu ivmenin sürdürülmesi için sektörün temel kimyasal hammadde tedarikinin makul biçimde yurtiçinden sağlanması, Ar-Ge çalışmalarının yoğunlaştırılması ve dijital dönüşüm gerçekleştirilerek inovasyon odaklı hâle getirilmesi gerekmektedir. Bu yönde hem kamu sektöründe hem de özel sektörde önemli bir canlanma görülmektedir. Kamunun desteğiyle 100’den fazla şirket Ar-Ge ve tasarım merkezi kurmuştur^[57]. Bazı kimya şirketlerinin katkısıyla bir dijital kütüphane ve sertifikasyon merkezine sahip bir “Kimya Teknoloji Merkezi” 2022 yılı sonuna kadar hizmete sunulacaktır^[66].

3.4 Kompozit Malzemeler Sektörünün Durumu

Gelişmiş otomotiv, inşaat, tekstil ve savunma sanayiine sahip olan Türkiye, kompozit malzeme alanında önemli bir yetkinliğe sahiptir.

Türkiye kompozit sektörü orta ve büyük ölçekli 180, kısmen kompozit işi yapan 700-800 şirket ve yaklaşık 12.500 çalışanı ile katma değeri yüksek ürünler üreten bir sektör konumundadır^[67]. Türk kompozit malzeme pazarı 2020 yılı sonu itibarıyla 1,35 milyar avro ve 250 bin

ton hacme sahiptir^[67]. Kompozit aynı zamanda stratejik önemde bir sektördür. Patlama ve balistik korumalı miğferler, kabinler, duvarlar; çelik yelek; zırhlı araç gibi savunma sanayiinin ihtiyaçlarına cevap veren birçok üründe kompozit malzeme kullanılmaktadır. Örneğin, milli tank Altay’ın ROKETSAN tarafından geliştirilen zırhında kompozit ana malzeme olarak kullanılmıştır. Türk-Zırhı (T-Zırh), bor karbür, seramik ve kompozit malzeme kullanılarak geliştirilmiştir^[68]. Türkiye, savunma ve havacılık sanayii için geliştirdiği kompozit çözümlerle uluslararası alanda saygınlık kazanmaktadır. Nitekim TUSAŞ ve Boeing, havacılık standartlarına uygun termoplastik parça üretim kabiliyeti geliştirilmesi amacıyla işbirliği anlaşması imzalamıştır^[69]. Yüksek Verimli Ekonomik ve Hızlı Termoplastik Projesi kapsamında, yüksek kalitede üretimi gerçekleştirilecek olan termoplastik kompozit parçaların, konvansiyonel kompozitlere nazaran ürün döngüsü ve proses alanlarındaki maliyeti yüzde 30 düşürmesi öngörülmektedir.

Savunma dışı endüstrilerde ise hacimsel olarak değerlendirildiğinde, ülkemizde kompozit ürünlerin en çok taşımacılık-otomotiv (yüzde 29), boru-tank-altyapı (yüzde 25) ve yapı-inşaat (yüzde 23) sektörlerinde ağırlıklı olarak kullanıldığı görülmektedir (Tablo 12). İleri teknoloji ürünlerin ülkemizde üretiminin hızlanmasıyla birlikte, özellikle rüzgâr enerjisi, uzay ve havacılık ile elektrik ve elektronik sektörlerinde daha fazla miktar ve oranda kompozit malzeme kullanımının gerçekleşmesi beklenmektedir.

Sektörler	Dünya	Avrupa	Türkiye
Taşımacılık-otomotiv	28	30	29
Yapı-inşaat	19	20	23
Elektrik-elektronik	16	14	5
Cam elyaf Takviyeli Polyester (CTP) Boru-tank-altyapı	15	13,5	25
Tüketici malları	8	3	3
Rüzgar enerjisi	7	12	7
Denizcilik	3	5	2
Savunma ve havacılık	0,5	0,5	-
Diğer	3,5	2	4

Tablo 12: Sektörlerin kompozit kullanım oranları (%)^{[53], [67]}.



3.4.1 Polyester Reçine Üretimi

Türkiye’de en çok üretilen kompozit malzemeler, polyester reçine, cam elyafı, karbon elyafı, teknik tekstil ve CTP borudur^[53]. Geniş bir uygulama alanı bulunan polyester reçine, korozyona dayanıklı, güçlendirici bir polimer kompozittir. Polyester reçine, daha çok inşaat mühendisliği uygulamalarında ve cam elyaf takviyeli plastik (FRP) profillerin üretiminde kullanılmaktadır. Reçinelerden ise doymamış polyester reçinesi ve vinil ester reçine ülkemizde üretilirken, epoksi reçineler ile termoplastik reçineler ithal edilmektedir. Reçine üretiminde ülkemizde herhangi bir kapasite sorunu bulunmamaktadır. Reçine üretimi yapan firmaların kurulu kapasitesi 310.000 tondur. Yıllık üretimlerinin toplamı ise 2019’da 150.000 ton olarak gerçekleşmiştir. Firmalar toplam üretimlerinin yüzde 80’lik bölümünü yurtiçine, yüzde 20’lik bölümünü de yurtdışına satmaktadırlar^[67].

3.4.2 Cam Elyafı Üretimi

Kompozit endüstrisinde takviye malzeme olarak kullanılan cam elyafında Türkiye’nin tek üreticisi konumundaki Şişecam Elyaf Sanayi A.Ş.’nin yaklaşık 70.000 ton üretim kapasitesi bulunmaktadır. Şirket, 2021 yılında 59.500 ton üretim yapmıştır^[70]. Şirketin 2020 yılı rakamlarına göre, üretilen cam elyafın yaklaşık yüzde 70’i piyasaya verilmekte, kalanı ihraç edilmektedir^[71]. Şirket keçe, çok uçlu, tek uçlu ve kırpma cam elyaf üretmektedir. Bir diğer önemli cam elyaf türü olan cam kumaşlar ise tümüyle ithal edilmektedir. Şirketin verdiği bilgiye göre, şirketin faaliyet alanı dışındaki cam kumaş, 2020 yılında Türkiye’nin toplam cam elyafı pazarının yüzde 62’sini oluşturmaktadır^[71].

3.4.3 Karbon Elyafı Üretimi

Türkiye, hafif ve güçlü bir malzeme olarak özellikle ulaşım araçlarında geleceği şekillendirecek malzemeler arasında sayılan karbon elyafı alanında da dünyanın önemli oyuncularını arasında olmaya adaydır.

Türkiye’de karbon elyaf üreten tek firma olan DowAksa’nın yılda 6.000 ton karbon fiber üretme kapasitesi bulunmaktadır. Nisan 2022’de temeli atılan yeni yatırımla birlikte söz konusu kapasitenin yılda 13.000 tonun üzerine çıkması beklenmektedir^[72]. Bu da Türkiye’nin 2022 yılı itibarıyla yaklaşık 125 bin ton olan küresel karbon elyaf üretiminde^[73] yaklaşık yüzde 10’luk bir paya sahip olabileceği anlamına gelmektedir. DowAksa aynı zamanda rüzgâr türbini kanatları için poliüretan bazlı pultrüze profiller, otomotiv seri üretimi için reçine bazlı EMC, savunma ve havacılık sanayiinde kullanılan yıldırımdan korunma çözümleri ve yapıştırıcı filmler ve prepreg kumaşlar (UD, Woven, NCF) da üretmektedir^[74].

3.4.4 Cam Elyaf Takviyeli Polyester (CTP) Boru Üretimi

Temel olarak polyester reçine, cam elyaf ve silika kum hammaddeleri kullanılarak imal edilen CTP boruları, ülkemiz kompozit sektörünün itici güçlerinden biridir. Genelde üç katmandan oluşan ve bir katı cam elyafı içeren borular, altyapılarda ısı ve basınca dayanıklılığı nedeniyle giderek daha fazla tercih edilmektedir. Türkiye, bölgesinin CTP boru üssü konumundadır. CTP boru üretimi yapan 11 firmanın kurulu kapasitesi diğer CTP boru üretimi yapan ülkelerle kıyaslandığında oldukça yüksek bir düzeydedir^[67]. CTP boru ithalatı ihmal edilebilir boyutlardayken ihracat, toplam kompozit malzeme ihracatımızın yaklaşık dörtte birini oluşturmaktadır^[75].

Ayrıca, PPRC (Polipropilen Random Co-Polimer) ısıtma boruları, mühendislik plastikleri, pultrüzyon, sıcak pres kalıplama pestili (SMC/BMC) ve termoplastik enjeksiyon proseslerinin önümüzdeki dönemde pazar paylarını artırmaları beklenmektedir. Kompozit sektörü, yüksek katma değerli ürün üretimi ve ihracatında ülkemiz için önemli bir fırsat alanıdır.

Türkiye’de kompozit malzemelerde yakalanan ivme, bu konudaki politikaların bir sonucudur. Ülkemizin temel vizyon ve strateji belgelerinde kompozit malzeme ve ürünlerin geliştirilmesine özel önem verilmektedir. Vizyon 2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisinde Türkiye’nin odak sektörleri olarak belirlenen kimya ve ilaç, motorlu kara taşıtları, deniz taşıtları, raylı sistemler, makine, yarı iletkenler, elektrik-elektronik, savunma, havacılık ve uzay sektörlerinin ihtiyacı olan stratejik malzemelerin geliştirilmesi öncelik olarak belirlenmiştir^[7].

Benzer şekilde, Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Stratejisinde^[76] kompozitler, odaklanılması önerilen teknoloji alanları arasında yer almaktadır. Kamunun bu vizyonu, kompozit malzemeler alanında bilimsel ve teknolojik çalışmalarla desteklenmektedir. Sabancı Üniversitesi ile KordSA işbirliği ürünü Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezi bunlardan biridir^[77]. Merkez, dünyada sadece birkaç ülkede bulunan, hava ve uzay araçları için büyük karbon elyaf yapılar üretilmesini sağlayan tam otomatik fiber serme makinesine ve bir ileri kompozit teknolojileri laboratuvarına sahiptir.

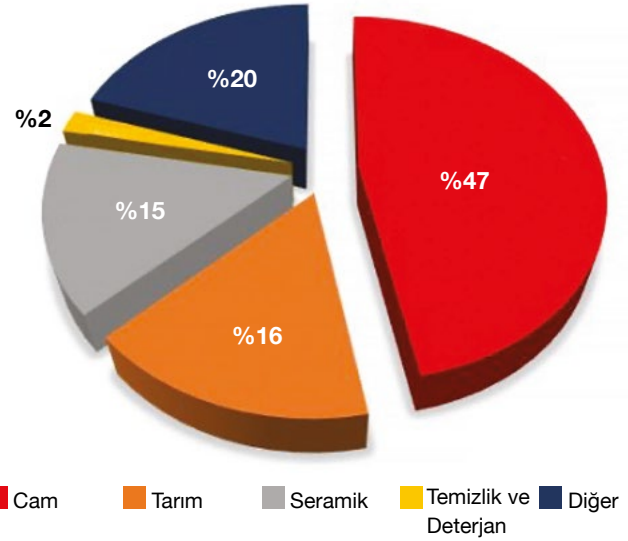
3.5 İleri (Gelişmiş)Malzemeler

Teknik seramikler, camseramikler, optikler, ileri kompozitler, teknik tekstil malzemeleri, yarıiletkenler, biyomalzemeler, nanomalzemeler ve akıllı malzemeleri kapsayan ileri/gelişmiş/teknik malzemeler Türkiye’de öncelikli gelişim alanları kapsamındadır^[8]. Türkiye’de ileri malzemeler alanındaki çalışmalar dünya genelinde olduğu gibi henüz olgunluktan uzaktır. Ancak bu alandaki girişimler gelecek için ümit vadetmektedir.

3.5.1 Teknik Seramikler

Önceki bölümlerde aktarıldığı üzere, Türkiye’de teknik seramik üretimi kısıtlıdır ve ürün çeşitliliği bulunmamaktadır. Teknik seramik alanının çeşitliliğini artıracak girişimlerin öncüsü de savunma sanayii olmuştur. Türk savunma sanayii şirketi Nurol Teknoloji, bor karbür, alümina karbür ve silisyum karbür kullanarak son derece güçlü teknik seramikler üretmektedir. Söz konusu seramikler zırhlı araçlarda ve askeri personelin koruyucu ekipmanlarında kullanılmaktadır. Nurol Teknoloji, gelişmiş seramik teknolojisinin yanı sıra, kompozit teknolojisi ve seramik-kompozit-metal malzemelerin birleştirilmesine yönelik teknolojileri de ileri seviyede kullanmaktadır.

Bor karbür, elmas ve kübik bor nitrürden sonra Mohs skalasına göre dünyada bilinen en sert üçüncü malzemedir ama üretilebilirliği açısından ise en sert olanıdır^[78]. Bu sebeple, aşındırıcı ve refraktör olarak, metalleri ve süper alaşımları kesme, bileme ve cilalamada kullanılmaktadır. Üretimi güç olan malzemenin ton fiyatı 20.000-40.000 dolar arasında değişmektedir. Türkiye’de bor karbür



Şekil 6: Bor mineralinin kullanım alanlarının dağılımı^[83].

üretim kapasitesini artıracak ikinci bir fabrika Balıkesir’in Bandırma ilçesinde inşa edilmektedir. 1.350 ton kapasiteli fabrika ekonomiye büyük katkı sağlayacaktır^[79].

3.5.2 Bor ve Bor Bileşikleri Ürünleri Üretimi

Bor karbür, dünyanın en geniş bor rezervlerine sahip olan ve dünya bor piyasasının yüzde 73,6’sına^[80] hâkim olan Türkiye’nin, bu mineralin kullanım alanlarının artırılmasına yönelik sistemli çalışmalarının bir eseridir. Türkiye’de 1865 yılından beri bor konusunda araştırmalar TENMAK BOREN^[81] çatısı altında sürmektedir. BOREN, borlu kaplamalar, borlu ileri teknoloji seramikleri, borlu alaşımlar, borlu kompozit malzemeler, borlu cam ve cam ürünleri, borlu inorganik kimyasallar, bor ve sağlık, organoborlar, borlu yapı malzemeleri ve hidrojen teknolojileri alanlarında araştırmalar yapmaktadır^[82].

Bor minerali en çok cam, tarım, seramik ve temizlik alanında güçlendirici katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır (Şekil 6). Hafifliği, gerilmeye olan direnci ve kimyasal etkilere dayanıklılığı sebebiyle; plastiklerde, sanayi elyafı üretiminde, lastik ve kâğıt endüstrisinde, tarımda, nükleer enerji santrallerinde, roket yakıtlarında da bor bileşikler kullanılmaktadır. Camın ısıyla genişmesini önemli ölçüde indirmediği, camı asit ve çizilmeye karşı koruduğu, titreşim, yüksek ısı ve ısı şoklarına karşı dayanıklılığı sağladığı için ısıya dayanıklı cam gereçleri üretiminde de borun önemli yeri vardır. Elektronik ve uzay araştırmalarında kullanılacak üstün nitelikli camlarda da bor işlev görmektedir. Bor bileşikleri tungsten karbürü göre daha yüksek kesme oranına, sürekli ağır iş görme kabiliyetine sahiptir ve soğutuculara ihtiyaç duymaz.

Bor ve hidratları birim ağırlık başına yanma sıcaklığına sahip en yüksek elementtir.

Bor, elektronik alanında çığır açıcı değişikliklere yol açabilir. Süperiletken olduğu keşfedilen magnezyum diborür (MgB₂) bazlı yeni nesil süperiletkenlerin çok yakın gelecekte, üretim maliyetleri yüksek helyum ile soğutulan süperiletkenlerin yerini alabileceği belirtilmektedir^[84]. Dizüstü bilgisayarlar, cep telefonları, avuç içi

Ürün	Kullanım Alanları
Amorf ve Kristal Bor	Askeri piroteknik, nükleer silahlar ve nükleer güç reaktörlerinde muhafaza, metallerde alaşım elemanı ve deoksidan, bakır ve alaşımlarında gaz giderici, alüminyum dökümlerinde tane rafinasyonu, yan iletkenlerde vb.
Bor Esterleri	Polimerizasyon reaksiyonları için katalist, polimer stabilizatörleri, yangın geciktiriciler
Bor Flamentleri	Havacılık ve spor malzemeleri için kompozitler
Bor Halidleri	İlaç sanayii, katalistler, elektronik parçalar, bor flamentleri ve fiber optikler
Bor Karbid	Kesme ekipman bileyicileri, endüstriyel yataklar, çok yüksek sıcaklıklarda korozyon ve oksitlenme direnci gerektiren ekipmanlar
Bor Karbür	Askeri araçlarda zırh plakaları, uzay mekiklerinde dış yüzey koruyucu, aşındırıcılar, tesviye aksamları, yüzey parlaticılar, yüksek aşınma direnci ve esnemezlik gerektiren diğer alanlar
Borazon	Yüksek hızlı kesiciler
Borik Asit	Antiseptikler, göz damlaları, bor alaşımları, nükleer, yangın geciktirici, naylon, fotoğrafçılık, tekstil, dericilik, gübre, nikel kaplama, kimyasal katalist, cam, cam elyafı, emaye, sır vb.
Fluoborik Asit	Kaplama solüsyonları, fluoborat tuzlar, sodyum bor hidrürler
Kalsiyum Bor Cevheri (Kolemanit)	Tekstil kalite cam elyafı, bor alaşımları, cüruf yapıcı, nükleer atık muhafazası
Özel Sodyum Boratlar	Fotoğrafçılık kimyasalları, yapıştırıcılar, tekstil, "Finishing" bileşikleri, deterjan ve temizlik malzemeleri, yangın geciktiricileri, gübreler ve zirai araçlar
Sodyum Bor Cevheri (Üleksit ve Proberfit)	Yalıtım cam elyafı, borosiklat cam
Sodyum Bor Hidrürler	Özel kimyasalları saflaştırma, kağıt hamurunu beyazlaştırma, metal yüzeylerin temizlenmesi
Sodyum Metaborat	Yapıştırıcı, deterjan, zirai ilaçlama, fotoğrafçılık, tekstil
Sodyum Pentaborat	Yangın geciktirici, gübre
Sodyum Perborat	Deterjan ve beyazlatıcı, tekstil
Sodyum Tetraborat (Boraks)	Lehim ve kaynak işlemlerinde, metal yüzeylerin temizlenmesi, seramikler, sırlama, yüksek mukavemetli camlar vb.
Susuz Boraks	Gübre, cam, cam elyafı, metalurjik cüruf yapıcı, emaye, sır, yangın geciktirici
Trimetil Borat	Kaplama solüsyonları, fluoborat tuzlar, sodyum bor hidrürler

Tablo 13: Bor ürünlerinin kullanım alanları^[85].

bilgisayarları ve diğer mobil iletişim araçlarında kullanılan akım levhalarının vazgeçilmez hammaddelerinden biri de bordur.

MgB₂, Mag-Lev trenleri, Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI) cihazları, rüzgâr türbinleri, süperiletken mıknatıslar, güç aktarım sistemleri, elektrikli motorlar ve arızalı akım kesme ünitelerinin de ana bileşenidir. Magnezyum diborür kilogram fiyatları ortalama 6.000 dolar/kg civarındadır^[86]. Türkiye’de BOREN desteğinde yürütülen proje kapsamında PAVEZYUM Kimya Sanayi Tic. A.Ş. tarafından MgB₂ süperiletken tozu başarıyla üretilmiştir. Siparişe bağlı olarak üretim yapılmaktadır^[86].

Bor ürünleri konusunda onlarca patent sahibi olan BOREN, özel sektör işbirliği ile bor ürünlerinin ticarileşmesini de sağlamaktadır. Güçlü ve hafif kaplama malzemesi ve motor yağlarında katkı maddesi olarak üretilen bor nitür^[86];

- Taşıtların hava yastıklarının ateşleyici temel bileşeni,
- Askeri piroteknikler,

- Katı roket yakıtlarında enerjitik malzeme,
- Süperiletken MgB₂ üretiminde temel bileşen olarak kullanılmaktadır.

3.5.3 Borofen ve Grafen Üretimi

Bor, “mucize malzemeler” olarak da anılan iki boyutlu polimerlerin^[87] üretiminde de kullanılmaktadır. Dünyada ilk kez 2015 yılında geliştirilen ve Türkiye’de Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (SUNUM) tarafından üretilen borofen^[88], grafen gibi ek katmanlı hegzagonal yapıda dizilmiş, ancak karbon değil bor atomlarından oluşan iki boyutlu malzemedir. Hafif, esnek, yüksek mukavemetli, verimli bir şekilde enerji depolayabilen, süper iletken ve düşük hacimli bir malzeme olan borofen, bataryalar, esnek elektronikler, süperkapasitörler, biyomedikal araçlar, elektronik ve optik devreler, biyosensörler, sıcaklık yönetim sistemleri, yeni nesil giyilebilir araçlar, kuantum bilgisayarlar, nanokompozit malzemeler ve uzay uygulamalarında kullanıma potansiyeline sahiptir.



Türkiye’de grafenin endüstriyel üretimi de yapılmaktadır. Nanografi Nanoteknoloji A.Ş.’nin 2021’de faaliyete geçen yıllık 100 ton kapasiteli grafen seri üretim tesisi, Türkiye’nin ileri teknoloji malzemeleri alanında önemli bir ihtiyacını karşılamaktadır^[89].

3.5.4 Optik Malzemeler

Optik malzeme alanında ülkemizin ileri savunma sanayii kuruluşlarından ASELSAN, 2016’da faaliyete geçen ASELSAN Sivas Hassas Optik A.Ş. ile, malzeme tasarımı, geliştirilmesi, prototip oluşturulması ve seri üretim tasarımı dahil olmak üzere pek çok alanda özel sektöre öncü olmakta ve destek vermektedir^[90]. Kendi Ar-Ge merkezine ve tasarım ofisine sahip olan şirket, 40 bin gündüz görüş dürbünü, 25 bin gece görüş dürbünü, 30 bin refleks nişangâh ve 2.000 keskin nişancı dürbünü ve 2.500’ün üzerinde çok hassas sürekli odaklı termal kamera objektifi üretmiştir. Optik litografi, lazer optik ve “band pass” filtre gibi birçok kritik teknoloji burada geliştirilmiştir. 300’ü aşkın hassas optik ürün millileştirmiştir ve geliştirilen ürünlerin bir kısmı ihraç edilmektedir. Şirket uzay teleskopu merceği üretmeyi de hedeflemektedir^[91].

3.5.5 Yarıiletken Üretimi

Türkiye’de yarıiletken üretimi yapan az sayıda şirket vardır. ASELSAN ve Bilkent Üniversitesi ortaklığı ile

2017’de faaliyete geçen AB MikroNano şirketi^[92] ve benzerleri küçük çapta üretim yapmaktadır. Savunma sanayininin ihtiyaç duyduğu yarıiletken sensör üretimi için Nero Endüstri’nin Ankara’da kuracağı fabrikanın ekonomiyeye 20 milyar TL katkısı olacağı belirtilmektedir^[93]. TÜBİTAK’a bağlı Yarıiletken Teknolojileri Araştırma Laboratuvarı (YİTAL)^[94] ve Tümdevre Tasarım ve Eğitim Laboratuvarı (TÜTEL) kamu kuruluşlarının pasaport çipi gibi ihtiyaçlarını karşılayacak üretim gerçekleştirirken, özel sektöre de bilimsel ve teknik destek sağlamaktadır. Yüksek ilk yatırım maliyeti nedeniyle yarı iletken yatırımları sadece Türkiye’de değil dünyada da sınırlı kalmıştır. Gelişmiş bir yarıiletken fabrikasının kurulması için dört ila altı milyar dolar arasında bir yatırım tutarı gerekmektedir.

3.5.6 Nanomalzeme Üretimi

Türkiye’de tarımdan ilaç sanayiine, savunma sanayinden kimya endüstrisine kadar çok geniş bir alanda kullanılan nanomalzemelerin, yerli olanaklarla üretimi henüz başlangıç safhasındadır. Nanomalzeme üretimi için gereken cihazların yurtdışından ithal ediliyor oluşu ve maliyetlerinin yüksekliği, sektörün gelişmesinin önündeki en önemli engel olarak durmaktadır^[95].

Ancak söz konusu cihazlar Türkiye’de geliştirilmeye başlanmıştır. Türk savunma sanayiine çözümler üreten Miltaş şirketinin kurduğu Miltaş Nano şirketi,

elektromanyetik alan eğirme sistemleri geliştirip piyasaya sunmuştur^[96]. Yıldız Teknoparkta kurulan SEMoskope firması, nanoteknoloji faaliyetleri için kilit önem taşıyan taramalı elektron mikroskobu geliştirip ihraç etmeye de başlamıştır^[97]. Yine Yıldız Teknoparkta kurulan Inovenso Teknoloji, nanomalzeme geliştirme ve yüksek katma değerli makine ihracatı alanında faaliyet göstermektedir. Inovenso, sağlık, tıp, kozmetik, savunma sanayii, tekstil, gıda, tarım ve enerji gibi sektörlerde hizmet sunmaktadır. Inovenso hem nanofiber (pamuk lifinden 1.000 kat daha ince nanolif) üretimi yapmakta hem de nanolif içeren ürün geliştirme faaliyetlerini gerçekleştirmektedir^[98].

Kamu-üniversite-özel sektör işbirliği ile yapılan yatırımlar, nanomalzemelerin üretimi ve çeşidinin artırılması açısından ümit verici sonuçlar vermeye başlamıştır. Bu alandaki gelişmelerde Türk savunma sanayii yine öncü konumdadır. Örneğin Türk Havacılık ve Uzay Sanayi (TUSAŞ), geliştirdiği hava ve uzay platformlarında ihtiyaç duyulan nanomalzemeleri geliştirme çalışmalarını sürdürmektedir. TUSAŞ aynı zamanda termoset ve termoplastik kompozit malzemeler, çok fonksiyonlu yeni nesil malzemeler, ileri metalik malzemeler, boya ve kaplamalar gibi alanlarda çalışmalar yürütmektedir^[99]. Önceki bölümlerde değinildiği üzere ASELSAN, nanoteknoloji gelişiminde kilit önem taşıyan optik cihazların geliştirilmesine doğrudan katkı sağlarken, Bilkent Üniversitesi ile birlikte nanoteknoloji uygulayarak çip üretimi gerçekleştirmektedir.

Yine Bilkent Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM) çok sayıda nanoteknoloji uygulamasına imza atmaktadır. Bunlar arasında 15 dakikada tanı koyan “nano-laboratuvar” da bulunmaktadır^[100]. Türkiye’de nanoteknoloji alanında lisansüstü eğitim veren 32 üniversite bulunmakta ve bunların bazılarının nanoteknoloji araştırma merkezleri de bulunmaktadır^[110]. Üniversite-özel sektör işbirliği ile kurulan nanoteknoloji firmalarının da sayısı artmaktadır. Örneğin Eskişehir’de bir grup akademisyenin kurduğu Entekno şirketi, kozmetik, seramik ve elektrik sektörü için nanomalzemeler geliştirmektedir^[111]. Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi araştırmacıları ve Inovent A.Ş. ortaklığı ile 2013’te kurulan Nanografen firması ise grafeni ekonomik, iyi kalitede ve yüksek miktarlarda üreterek enerji, havacılık, otomotiv, yapı-inşaat gibi birçok alanda kullanılabilecek grafen katkılı prototip ürünler hazırlamaktadır^[112].

3.5.7 Biyolojik Malzeme Üretimi

Türkiye’de biyolojik malzeme çalışmaları sağlık ve çevre odaklı olarak sürmektedir. Biyolojik malzemeler, ülkemizin dış ticaret açığı verdiği sektörlerden biri olan sağlıkta, yerli inovasyonun geliştirilmesine yönelik kanun, kalkınma planı ve strateji belgelerinde sağlık sektöründe araştırmaların destekleneceği vurgulanan alanlar arasında yer almaktadır. Bu stratejiye uygun olarak üniversitelere biyolojik malzeme araştırma teşvikleri verilmektedir. Pek çok üniversitede biyolojik malzeme üretimine ilişkin bölüm, laboratuvar ve enstitüler kurulmuştur. İstanbul Teknik

Üniversitesi bünyesinde tıbbi cihaz, biyomalzeme ve biyobenzer ürünlerinin analizi için kurulan Biyomalzeme Araştırma ve Karakterizasyon Laboratuvarı^[113] bunlardan biridir. Bazı üniversiteler, biyoyumlu protezler^[114], diş dolgu malzemeleri^[115], katmanlı imalat ile doku üretimi gibi alanlarda laboratuvar çalışmaları yürütmektedir. Orta Doğu Teknik Üniversitesi bünyesinde Biyomalzeme ve Doku Mühendisliği Uygulama ve Araştırma Merkezi (BİOMATEN) kurulmuştur^[116]. Ancak bu alanda henüz ticari girişim sayısı sınırlıdır. Doku mühendisliği ve yapay organ üretim teknolojilerine biyomalzeme geliştirmek amacıyla kurulan start-up girişimi Zetamatrix^[117] ile Erciyes Üniversitesi Teknoparkında kurulan NanoBiotech sınırlı örneklerden bazılarıdır^[118]. NanoBiotech, tamamen bitkisel nanopartiküller ile çevreye ve insan sağlığına zararsız antimikrobiyal çözümler üretilmesi üzerine çalışmaktadır.

Üniversiteler ayrıca, biyolojik arıtma tesislerinin ihtiyacı olan aneorobik bakterilerin üretimi çalışmaları da yürütmektedir^[119]. Türkiye’de, tamamen çözünebilir tarımsal üretime dayalı biyoplastik üretimi de başlamıştır. Bunlardan biri olan Sunar NP, termoplastik nişasta ve biyo-polimer üretmektedir. Söz konusu malzemelerle çözünebilir market poşetleri, tarımsal sera malzemeleri ve hazır yemek sektörü sarf malzemeleri (plastik çatal kaşık vb.) üretmektedir^[120]. Ancak biyoplastik üretimi henüz ihtiyacı karşılamaktan uzaktır.

3.5.8 Akıllı Malzemeler

Akıllı malzemeler, ısı, sıcaklık, mekanik ve manyetik etkilerle değişim gösterebilen veya bu etkilere tepki verebilen malzemelerdir. Türkiye’de akademik olarak çeşitli akıllı malzeme türleri üzerinde araştırmalar bulunmakla birlikte, bunların endüstriyel üretimleri henüz başlamamıştır.

Türkiye’de akıllı malzeme araştırmaları, piezoelektrik ürünler ve akıllı ürünler üzerine yoğunlaşmaktadır. Türkiye’nin dünyada üretim ve ihracat açısından 16’ncı sırada^[121] bulunduğu teknik tekstil alanında inovasyonun ileriye taşınması amacıyla, Bursa Ticaret Odası öncülüğünde “Kompozit Malzeme ve Teknik Tekstil Prototip Üretim ve Uygulama Merkezinin kurulması için harekete geçilmiştir. Bursa’da kompozit malzemeler ve teknik tekstil sektörlerinde faaliyet gösteren KOBİ’lerin prototipleme, tasarım ve modelleme yeteneklerinin artırılmasını amaçlayan proje, ayrıca iki sektör için tam entegre bir küme oluşturmayı hedeflemektedir. Merkezin amaçlarından biri de Türkiye’de piezoelektrik kumaşlar, akıllı kumaşlar^[122], ^[123], ^[124] ve giyilebilir elektronik malzemelerin geliştirilmesidir^[125]. Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü ise özellikle yeni nesil otomobillerde, sivil ve askeri hava taşıtları ve tıbbi görüntüleme cihazlarında kullanımı giderek artan piezoelektrik üretimine başlamıştır^[126].

İstanbul’daki Türk-Alman Üniversitesi bünyesinde ise Uluslararası Yüzey Araştırmaları ve İnovasyon Merkezi (UYAM) faaliyete geçmiştir. Merkezin amaçlarından biri akıllı yüzey malzemelerini geliştirmektir. Borçelik ile işbirliği yapan merkezin amaçlarından biri de kendi kendini onaran çelik yüzeyler geliştirmektir^[127].

4. SONUÇ

Türkiye, hem konjonktürel durumu hem de sürdürülebilir kalkınma hedefleri nedeniyle “malzeme devrimi” yaşaması gereken bir ülke konumundadır. Ülkemiz ekonomisinin kronik dış ticaret açığının kapanması; milli teknoloji hamlesini başarıya ulaştırarak teknoloji ithal eden ve tüketen bir ülke konumundan çıkıp dünyanın lider ekonomilerinden biri hâline gelmesi; bilişim teknolojileri, savunma ve sağlık gibi kritik sektörlerde kendi kendine yeterli hâle gelebilmesi ve yeşil dönüşümü gerçekleştirebilmesi için ileri malzeme teknolojilerinde atılım yapması gerekmektedir. Küresel iklim değişikliği ve en büyük dış ticaret ortağımız AB’nin Yeşil Mutabakat kapsamında uygulamaya koymaya hazırlandığı sert tedbirler Türkiye’yi malzeme alanında tek bir istikamete yöneltmektedir: Sürdürülebilir, dönüştürülebilir, karbon nötr ileri malzemeler... Türkiye’nin karbon ayak izi yüksek ve ekolojide

zararlı daha fazla plastik, demir-çelik, kompozit veya çimentoya değil geri dönüştürülebilir tekstil ürünlerine ve ambalaj malzemelerine; kendini onaran akıllı yüzey malzemeleri ve betona; atıkları doğal yolla yok eden veya daha fazla atığa yol açmayan biyolojik malzemelere; enerji depolamasında, enerji tüketimini azaltmada, tuzlu su arıtmada, tarımsal verimi artırmada, sanayi ürünlerini sürdürülebilir kılmada kullanılacak nanomalzemelere ihtiyacı vardır.

Ülkemizde ileri malzeme geliştirmek için gerekli stratejik çerçeve, kurumsal yapı, bilimsel ve akademik kuruluşlar, insan kaynakları, yeterli sermaye, ekipman üreticileri ve doğal kaynaklar bulunmaktadır. İleri malzeme alanının dünya genelinde olgun hâle gelmekten uzak olduğu dikkate alınır, Türkiye’nin bu alanda atacağı ivedi adımlar olumlu sonuçlar vermekte gecikmeyecektir.

KAYNAKÇA

- [1] TÜİK, “Veri: Kapsam, Dönem ve Zamanlama”, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/DownloadIstatistikselTablo?p=b6FKwlnukuA9k1QamAcmg4z0lxVyVcc6UsnbHi30Zzoqx0Xy-npQXX8s8qf60G3ZM>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [2] Batmaz, Türker; (2021), “TÜRKİYE’NİN ÜRETİM VE DIŞ TİCARET YAPISINDAKİ GELİŞİMİN SEYRİ (2010-2019)”, *Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi*, <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2051709>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [3] T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, “İT-HALATA OLAN BAĞIMLILIĞIN AZALTILMASI PROGRAMI EYLEM PLANI”, https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/10/02Ithalata_Olan_Bagimlilikin_Azaltilmasi_Programi.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [4] T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, (2019), “On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023)”, https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/On_Birinci_Kalkinma_Planı-2019-2023.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [5] Orkunoğlu Şahin, Işıl Fulya; (2022), “Türkiye’nin 1980-2021 Dönemi Dış Ticaret Gelişiminin İrdelenmesi”, *Gümrük Ticaret Dergisi*, (Mart 2022), <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2272217>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [6] T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, “Sanayide Yüksek Teknolojiye Geçiş Programı Türkiye Sanayi Zirveleri”, <http://www.karabuktso.org.tr/dosyalar/Sanayide%20Y%C3%BCksek%20Teknolojiye%20Ge%C3%A7i%C5%9F%20Program%C4%B1.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [7] T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2019), “2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi”, (18 Eylül 2019), <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/SanayiStratejiBelgesi2023.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [8] T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, (2021), “2022 Yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı”, (25 Ekim 2021), https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/2022_Yili_Cumhurbaşkanlığı_Yıllık_Programi.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [9] T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, “Orta Vadeli Program (2023-2025)”, <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/09/Orta-Vadeli-Program-2023-2025.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [10] STM ThinkTech, (2022), “MALZEME BİLİMİNİN AÇTIĞI YENİ UFUKLAR I: Dünyada Malzeme Bilimi ve Uygulamalarının Durumu İle Geleceği”, (9 Kasım 2022), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/malzeme-biliminin-actigi-yeni-ufuklar-i-dunyada-malzeme-bilimi-ve-uygulamalarinin-durumu-ile-gelecegi>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [11] TOBB, (2021), “Türkiye Madencilik Sektörü Gelişim Raporu (2020)”, <https://mobil.tobb.org.tr/MansetResimleri/27085-22.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [12] Yıldız, Osman; “Metal Sektörü Durum Analizi”, *Karabük Üniversitesi*, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ipcc/duyurular/metal-sektoru-durum-anal-z--dr.-osman-yildiz-20190307132158.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [13] *Turkish Metals*, (2022), “DEMİR VE DEMİR DIŞI METALLER SEKTÖRÜ İHRACAT NOTLARI”, (Haziran 2022), https://turkishmetals.org/storage/files/ihracat_files/1659344818.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [14] *Kolay İhracat*, “Demir-Çelik ve Metal”, <https://www.kolayihracat.gov.tr/sectorler/demir-celik-ve-demir-disi-metaller>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [15] TOBB, (2021), “TÜRKİYE DEMİR VE DEMİR DIŞI METALLER MECLİSİ RAPORU 2020”, <https://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/2021/demir21.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [16] *Çelik İhracatçıları Birliği*, “Dünya Türk Çeliği İle Şekilleniyor”, https://www.cib.org.tr/files/Doc/files/KATALOG2022_TR.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [17] *KPMG*, (2021), “KPMG Perspektifinden Demir Çelik Sektörüne Bakış”, <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2021/07/kpmg-perspektifinden-demir-celik-sektoru-ne-bakis-2021.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)

- [18] T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, “Demir Çelik Sektör Raporu (2021)”, <https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/sektor-raporlari/mu1406011405>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [19] *escarus*, (2022), “DÜŞÜK KARBONLU KALKINMA VE ÇELİK SEKTÖRÜ-1: KARBONSUZLAŞMADA GENEL GÖRÜNÜM”, 5 Eylül 2022), <https://www.escarus.com/dusuk-karbonlu-kalkinma-ve-celik-sektoru-1-karbonsuzlasmada-genel-gorunum>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [20] *Çelik İhracatçıları Birliği*, “TÜRKİYE İHRACATI SEKTÖRLER - 2021”, <https://www.cib.org.tr/tr/istatistikler.html#:~:text=T%C3%BCrkiye'nin%20%C3%A7elik%20%C3%BCretimi%202001,b%C3%BCy%C3%BCk%20%C3%BCreticisi%20konumunda%20yer%20alm%C4%B1%C5%9Ft%C4%B1r>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [21] *worldsteel ASSOCIATION*, (2022), “December 2021 crude steel production and 2021 global crude steel production totals”, (25 Ocak 2022), <https://worldsteel.org/media-centre/press-releases/2022/december-2021-crude-steel-production-and-2021-global-totals/>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [22] *The European Steel Association*, (2021), “European Steel in Figures”, <https://www.eurofer.eu/assets/publications/brochures-booklets-and-factsheets/european-steel-in-figures-2021/European-Steel-in-Figures-2021.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [23] *SteelData*, (2021), “2021’DE DÜNYA ÇELİK ÜRETİMİ % 3.7 ARTIŞLA 1.95 MİLYAR TON OLDU”, (31 Aralık 2021), <https://www.steel-data.com/post/155/2021-de-dunya-celik-uretimi-37-artisla>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [24] *Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği*, (2022), “TÜRKİYE METAL DÖKÜM SANAYİSİ 2021 YILINDA 3 MİLYON TONA ULAŞTI”, (16 Ağustos 2022), <https://www.tudoksad.org.tr/turkiye-metal-dokum-sanayisi-2021-yilinda-3-milyon-ulas-ti>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [25] Eroğlu, Gonca; Şahiner, Mesut; (2018), “DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ALÜMİNYUM”, *MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ*, (Aralık 2018), <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/img/10Aluminyum.pdf>
- [26] *Eti Alüminyum*, “Hakkımızda”, <https://www.etialuminyum.com/hakkimizda/>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [27] *ALU&Art*, (2021), “Türkiye Alüminyum Sektörü Dış Ticaret Özet Verileri Ocak - Aralık 2021 Dönemi Raporu”, <https://bit.ly/3EKlhHA>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [28] *Trade Map*, “List of importers for the selected product in 2021”, <https://bit.ly/3Fpfzet>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [29] *Trade Map*, “List of exporters for the selected product in 2021”, <https://bit.ly/3V2qEHT>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [30] *Trade Map*, “List of importers for the selected product in 2021 Product: 74 Copper and articles thereof”, <https://bit.ly/3UXAIY8>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [31] *Trade Map*, “List of importers for the selected product in 2021 Product : 74 Copper and articles thereof”, <https://bit.ly/3uPQJji>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [32] Eken, Mustafa; (2021), “BAKIR SEKTÖR RAPORU”, *Demirbirlik*, (Ağustos 2021), https://demirbirlik.org/Eklen-ti/122,bakir-raporpdf.pdf?0&_tag1=562101DE67F04F-512DCB059DA54A3B403F20405D. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [33] Karahan, Duran Serdar; (2019), “DÜNYA’DA VE TÜRKİYE’DE DEMİR, KROM VE BAZ METALLER”, *MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ*, (Aralık 2019), <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/img/DEM%C4%B0R-KROM.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [34] Tahtakıran, Erol; “KROMİT, FERROKROM VE PASLANMAZ ÇELİK SEKTÖRLERİNE GENEL BİR BAKIŞ”, *Maden.org*, https://www.maden.org.tr/resimler/ekler/ea1202aed1e0ce3_ek.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [35] *Yeraltı Haber*, (2022), “M. Selçuk Çevik: “Sanayinin Zirhi: KROMDER”, (14 Temmuz 2022), <https://www.yeraltihaber.com/haber/m-selcuk-cevik-sanayinin-zirhi-kromder-2776>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [36] *KPMG*, (2022), “Çelik Sektörel Bakış”, (Ağustos 2022), <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2022/08/ce-lik-sektorel-bakis.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [37] *Meta Nikel Kobalt A.Ş.*, “GÖRDES META NİKEL İŞLETMESİ”, <http://www.metanikel.com.tr/gordes-nikel-isletmesi>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [38] *STM ThinkTech*, (2020), “Nadir Toprak Elementleri”, (16 Eylül 2020), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/nadir-toprak-elementleri>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [39] T.C. KALKINMA BAKANLIĞI, (2018), “ON BİRİNCİ KALKINMA PLANI (2019-2023) ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ VE VERİMLİLİĞİ ÖZEL İHTİSAS KOMİSYONU RAPORU”, https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/EnerjiArz-Guvenligi_ve_VerimliliğiOzellhtisaskomisyonuRaporu.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [40] T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, “Nadir Toprak Elementleri Raporu”, <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/NadirToprakElementleriSektorRaporu.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [41] NTV, (2020), “Türkiye’nin ilk lityum üretim tesisi resmen açıldı”, (26 Aralık 2020), https://www.ntv.com.tr/galeri/teknoloji/turkiyede-lityum-uretimi-basladi,WtyYLn9Q0ega-akn9ai3qA/3_b1eSChJESHAX06sUSABQ. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [42] *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, (2020), “MTA’DAN TÜRKİYE’YE BİR İLK: ‘NADİR TOPRAK ELEMENTLERİNİN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ’”, (29 Haziran 2020), <https://www.mta.gov.tr/v3.0/mta/ilan/633>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [43] *TENMAK NATEN*, “Hakkımızda”, <https://naten.tenmak.gov.tr/tr/kurumsal/hakkimizda.html>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [44] T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, “Cam Sektörü Raporu (2021)”, <https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/sektor-raporlari/mu2812011402>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [45] *Şişecam*, “Cam Sektör Raporu Dünya ve Türkiye 2020”, <https://docs.sisecam.com.tr/camsektorraporu/html5forpc.html?page=12&bbv=0&pcode=->. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [46] T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, “Cam Sektörü Raporu (2020)”, <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/CamSektorRaporu2020.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [47] Kayseri Gerçek Haber, (2022), “BEŞLER TEKSTİL CAM ELYAFI ÜRETİM TESİSİ TÖRENLE AÇILDI”, (24 Temmuz

- 2022), https://kayserigercekhaber.com/haber/besler_tekstil_cam_elyafi_uretim_tesisleri_torende_acildi-20303.html. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [48] T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, “Seramik Sektörü Raporu (2021)”, <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/SeramikSektorRaporu2021.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [49] İMSAD, (2022), “Türkiye İMSAD Yapı Sektörü Raporu 2021”, (Temmuz 2022), https://www.imsad.org/dflip/Uploads/Files/Yapi_Sektoru_Raporu_2021.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [50] BASHIMOV, Güçgeldi; (2020), “TÜRKİYE SERAMİK SEKTÖRÜNÜN REKABETÇİLİK DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ”, *Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, (Haziran 2020), <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1354965>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [51] Statista, “Value of chemical exports worldwide from 1990 to 2021”, <https://www.statista.com/statistics/302037/value-of-global-chemical-exports/>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [52] Turchem, (2022), “2021-2022 Kimya Sektörü Değerlendirmesi”, (6 Nisan 2022), <https://www.turkchem.net/2021-2022-kimya-sektoru-degerlendirmesi.html#:~:text=Y%C4%B1%20i%C3%A7inde%20kimya%20sekt%C3%B6r%C3%BCm%C3%BCz%2C%20May%C4%B1s,122%2C7%20milyar%20dolar%20oldu.> (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [53] T.C. Kalkınma Bakanlığı, (2018), “On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) Kimya Sanayii Çalışma Grubu Raporu”, <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/KimyaSanayiiCalismaGurubuRaporu.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [54] BTSO Ekonomi, “Türk sanayisinin lokomotifi; Kimya Sektörü”, <https://btsoekonomi.com/haber-detay/turk-sanayisinin-lokomotifi-kimya-sektoru>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [55] TÜİK, “Uluslararası standart sanayi sınıflamasına (ISIC, Rev.4) göre ithalat, 2013-2022 (genel ticaret sistemi)”, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/DownloadIstatistikselTablo?p=Efh2bXy69eqmVUY9glg28pt1r5iGnXUubasqNCE/QcZEBkiky1TibfFZjw9la>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [56] TÜİK, “Uluslararası standart sanayi sınıflamasına (ISIC, Rev.4) göre ihracat, 2013-2022 (genel ticaret sistemi)”, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/DownloadIstatistikselTablo?p=qqe/u8as-CxD9t0U7TF0Vm2/udZvBn99sVSYTXIQpYzp7NFfaBig-5soQwVMdnFH9>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [57] T.C. Kalkınma Bakanlığı, “Kimya Sektörü Raporu (2021)”, <https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/sektor-raporlari/mu0110011408>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [58] PwC, “4. Bölge Desteklerinden Faydalanabilecek Orta-Yüksek Teknolojili Yatırım Konuları”, <https://www.pwc.com.tr/4-bolge-desteklerinden-faydalanabilecek-orta-yuksekteknolojili-yatirim-konulari>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [59] Petkim, “Türkiye Petrokimya Sanayi ve PETKİM”, <https://bit.ly/3TLAIVi>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [60] Petkim, “Petkim “mükemmellik” yolculuğuna devam etmektedir.”, <https://www.petkim.com.tr/Sayfa/1/8/KURUMSAL-KURUM-PROFILI.aspx>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [61] ChemOrbis, (2018), “Türkiye’de, 2020-2023 itibarıyla bir dizi yeni kapasite bekleniyor”, (13 Nisan 2018), <https://www.chemorbis.com/tr/plastik-haberleri/Turkiye-de-2020-2023-itibariyla-bir-dizi-yeni-kapasite-bekleniyor/2018/04/13/719560&isflashhaber=true#reportH>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [62] Serin, Ceren; (2022), “2021-2022 Plastik Sektörü Değerlendirmesi”, *Machingo*, (25 Haziran 2022), <https://www.machingo.com/2021-2022-plastik-sektoru-degerlendirmesi/>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [63] PAGEV, “TÜRKİYE’NİN İLK PLASTİK MÜKEMMELİYET MERKEZİ’NİN TEMELİ ATILDI”, <https://pagev.org/turkiye-nin-ilk-plastik-mukemmeliyet-merkezi-nin-temeli-atildi-5c86595d843d5>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [64] PAGEV, (2022), “PLASTİK SEKTÖRÜ 2022 YILI ŞUBAT AYI DEĞERLENDİRME BİLGİ NOTU”, <https://pagev.org/upload/files/PLAST%C4%B0K%20SEKT%C3%96R%C3%9C%202022%20YILI%20%20C5%9EUBAT%20AYI%20DE%20C4%9EERLEND%C4%B0RME%20B%C4%B0LG%C4%B0%20NOTU.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [65] Özdemir, Sadi; (2022), “İhracatta ‘kimyasal patlama’ var 33 milyar dolar kolay aşılır mı?”, *Dünya Gazetesi*, (9 Ağustos 2022), <https://www.dunya.com/kose-yazisi/ihracatta-kimyasal-patlama-var-33-milyar-dolar-kolay-asilir-mi/665832>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [66] Chemlife, (2022), “KİMYA TEKNOLOJİ MERKEZİ İLE HER YIL 12,3 MİLYON DOLARLIK KAYIP ÖNLENECEK”, (14 Mayıs 2022), <https://www.chemlife.com.tr/kimya-teknoloji-merkezi-ile-her-yil-123-milyon-dolarlik-kayip-onlenecek>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [67] Kompozit, (2021), “‘KOMPOZİT SEKTÖRÜNÜN HAMMADDE VE TEDARİK ZİNCİRİNDEKİ SORUNLARI’ KONULU ÜYE TOPLANTISI SONUÇ RAPORU”, (1 Mayıs 2021), https://www.kompozit.org.tr/wp-content/uploads/2021/06/Hammadde_Raporu_1_Mayis_2021.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [68] T24, (2012), “Türkiye’nin ilk yerli zirhi: T-Zırh”, (8 Ekim 2012), <https://t24.com.tr/haber/turkiyenin-ilk-yerli-zirhi-t-zirh,214743>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [69] Çalkaya, Mustafa; (2020), “TUSAŞ ve Boeing’den termoplastik kompozit üretiminde iş birliği”, *Anadolu Ajansı*, (12 Kasım 2020), <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/tusas-ve-boeingden-termoplastik-kompozit-uretiminde-is-birligi/2041119>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [70] Şişecam, “2021 Faaliyet Raporu”, https://www.sisecam.com.tr/sites/catalogs/tr/Investor%20Relations/Presentations%20and%20Bulletins/Annual%20Reports/sisecam_2021_faliyet_raporu.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [71] Şişecam, “Şişecam Elyaf Sanayii A.Ş. 1 Ocak – 31 Aralık 2020 Yılı Faaliyet Raporu”, <https://www.sisecam.com.tr/sites/catalogs/tr/Investor%20Relations/Presentations%20and%20Bulletins/Birle%C5%9Fme/2021/%C5%9Ei-%C5%9Fecam%20Elyaf%20Sanayii%20A.%C5%9E.%202020%20Faaliyet%20Raporu.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [72] Yapı Kredi Yatırım, “AKSA AKRİLİK”, (8 Temmuz 2021), <https://www.ykyatirim.com.tr/media/eyp5kfk/yky-aksa-akrilik-08072021.pdf>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)

- [73] Mordor Intelligence, “CARBON FIBER MARKET - GROWTH, TRENDS, COVID-19 IMPACT, AND FORECASTS (2022 - 2027)” <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/carbon-fiber-market>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [74] Dowaksa, <https://www.dowaksa.com/tr/hakimizda.html>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [75] KOCAOĞLU, İpek; (2021), “Kompozit Malzemeler Sektörü ve Türkiye'nin Durumu”, *Kalkınma Güncesi*, (24 Mart 2021), <https://kalkinmaguncesi.izka.org.tr/index.php/2021/03/24/kompozit-malzemeler-sektoru-ve-turkiyenin-durumu/>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [76] TÜBİTAK, (2004), “Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi”, (Kasım 2004), https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/Vizyon2023_Strateji_Belgesi.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [77] Sabancı Üniversitesi, (2021), “KOMPOZİT TEKNOLOJİLERİ MÜKEMMELİYET MERKEZİ DEVLETİN ZİRVESİNİ AĞIRLADI”, (2 Ocak 2021), <https://suimc.sabanciuniv.edu/tr/news/kompozit-teknolojileri-mukemmeliyet-merkezi-devletin-zirvesini-agirladi>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [78] Bakan, Sinan; (2020), “DİNAMİK / TERMOKİMYASAL YÖNTEMLE BOR KARBÜR (B4C) SERAMİK TOZU ÜRETİMİ”, SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, (Ocak 2020), <https://acikerisim.sakarya.edu.tr/bitstream/handle/20.500.12619/97081/T09260.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [79] TRT Haber, (2022), “Bor karbür üretim tesisi çalışmaları sürüyor”, (13 Ocak 2022), <https://www.trthaber.com/haber/guncel/bor-karbur-uretim-tesisi-calismalari-suru-yor-644934.html>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [80] Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, (2021), “BOR SEKTÖR RAPORU”, (Mayıs 2021), https://www.etimaden.gov.tr/storage/2021/Bor_Sektor_Raporu_2020.pdf. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [81] Tenmak Boren, “Hakkında”, <https://boren.tenmak.gov.tr/tr/kurumsal/hakkinda.html>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [82] Tenmak Boren, <https://boren.tenmak.gov.tr/>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [83] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Bor”, <https://enerji.gov.tr/bilgimerkezi-tabii-kaynaklar-bor>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [84] Ege, Börteçin; “Magnezyum Diborür Bazlı Yeni Nesil Bir Süperiletken”, TÜBİTAK, <https://services.tubitak.gov.tr/ederji/yazi.pdf?jsessionid=w3FQNz6Pm4DbG72Mn1AMEoAT?dergiKodu=4&cilt=47&sayi=837&sayfa=6&yaziid=35916>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [85] Maden.org, “BOR RAPORU”, https://www.maden.org.tr/resimler/ekler/6358599b7afb250_ek.pdf?tipi=5&turu=R&sube=0. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [86] Tenmak Boren, “Ticarileşen Ürünler”, <https://boren.tenmak.gov.tr/tr/projeler/proje-ciktıları/ticarilesen-urunler.html>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [87] STM ThinkTech, (2022), “İki Boyutlu Polimerler”, (11 Mayıs 2022), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/iki-boyutlu-polimerler>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [88] Sabancı Üniversitesi, (2021), “Dünyada çok az sayıda ülkenin ürettiği Borofen, artık SUNUM’da da üretiliyor”, (29 Aralık 2021), <https://gazetesu.sabanciuniv.edu/toplum-ve-bilim/> dünyada-cok-az-sayida-ulkenin-urettigi-borofen-artik-sunumda-da-uretiliyor. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [89] Gökkoyun, Sevgi Ceren; (2022), “Türkiye'nin ilk grafen seri üretim tesisinin ürünleri 80 ülkeye ulaşıyor”, *Anadolu Ajansı*, (19 Ocak 2022), <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkiyenin-ilk-grafen-seri-uretim-tesisinin-urunleri-80-ulkeye-ulasiyor/2479079>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [90] Defense Here, (2020), “ASELSAN'ın optik ve optomekanik teknolojileri”, (4 Aralık 2020), <https://www.defensehere.com/tr/aselsan-in-optik-ve-optomekanik-teknolojileri>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [91] T.C. Sivas Valiliği, (2021), “Avrupa'nın En Büyük Üç Optik Üreticisinden Biri Olmayı Hedefleyen Sivas ASELSAN, 5. Yılı Kutladı”, (10 Temmuz 2021), <http://www.sivas.gov.tr/avrupanın-en-buyuk-uc-optik-ureticisinden-biri-olmayi-hedefleyen-sivas-aselsan-5-yilini-kutladi>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [92] Yıldırım, Göksel; (2017), “Avrupa'nın En Büyük Üç Optik Üreticisinden Biri Olmayı Hedefleyen Sivas ASELSAN, 5. Yılı Kutladı”, *Anadolu Ajansı*, (21 Mart 2017), <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turkiyenin-ilk-ticari-cipleri-aselsana-uretilecek/776058>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [93] Gökkoyun, Sevgi Ceren; (2020), “Yarı iletken sensörlerde dışa bağımlılık bitecek”, *Anadolu Ajansı*, (21 Nisan 2020), <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/yari-iletken-sensörlerde-disa-bagimlilik-bitecek/1812958>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [94] TÜBİTAK BİLGEM, “YİTAL / Yarı iletken Teknolojileri Araştırma Laboratuvarı”, <https://bilgem.tubitak.gov.tr/tr/urunler/yital-yari-iletken-teknolojileri-arastirma-laboratuvari>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [95] Turchem, (2022), “Nanoteknoloji ve Gelecek”, (15 Nisan 2022), <https://www.turkchem.net/nanoteknoloji-ve-gelecek.html>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [96] Nano Miltas, “NOVEL ELECTROMAGNETIC SPINNING TECHNOLOGY”, <https://nanomiltas.com/technology-fullscreen-slider-nanomiltas/>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [97] İnovatif Kimya Dergisi, (2017), “Yerli Firma Taramalı Elektron Mikroskobu Geliştirdi”, (18 Eylül 2017), <https://inovatifkimyadergisi.com/yerli-firma-taramali-elektron-mikroskopu-gelistirdi>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [98] Yanık, Tolga; (2019), “İnovento, cihaz üretiminin yüzde 95'ini dünyaya ihraç ediyor”, *Anadolu Ajansı*, (30 Aralık 2019), <https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/hizmet/inovento-cihaz-uretiminin-yuzde-95-ini-dunyaya-ihrac-edi-yor/655102>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [99] TUSAŞ, “YENİ NESİL MALZEMELERDE TÜRK HAVACILIK VE UZAY SANAYİİ İMZASI”, <https://www.tusas.com/medya-merkezi/haberler/yeni-nesil-malzemelerde-turk-havacilik-ve-uzay-sanayii-izmasi>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [100] Kasap Selma; (2022), “Akıllı ciplerle 15 dakikada hastalık tanısı koyan ‘nano-laboratuvarlar’ kuruluyor”, *Anadolu Ajansı*, (17 Mart 2022), <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/akilli-ciplerle-15-dakikada-hastalik-tanisi-koyan-nano-laboratuvarlar-kuruluyor/2537928>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [110] Uludağ Tekstil İhracatçıları Birliği, (2020), “Nanoteknoloji ve Nanotekstiller Raporu”, (Mart 2020), <https://uib.org.tr/tr/kbfile/nanoteknoloji-ve-nanotekstiller-raporu>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)

- [111] *Entekno*, <https://enteknomaterials.com/>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [112] *Nanografen*, “About”, <http://www.nanografen.com.tr/about.html>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [113] *Biyomalzeme Araştırma ve Karakterizasyon Laboratuvarı*, <https://www.biomaterials.itu.edu.tr/>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [114] Duygu Durgun, Özgür; (2019), “Boğaziçi Üniversitesi’nden biyo-uyumlu nöroprotezler için AB ile ortak araştırma”, *Boğaziçi Üniversitesi*, (2 Eylül 2019), <https://haberler.boun.edu.tr/tr/haber/bogazici-universitesi-nden-biyo-uyumlu-noroprotezler-icin-ab-ile-ortak-arastirma>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [115] *dentiss*, (2019), “Yüzde 100 Yerli Dental Kompozit için İmzalar Atıldı”, (22 Kasım 2019), <https://www.dentiss.com/yuzde-100-yerli-dental-kompozit-icin-imzalar-atildi-y2590.html>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [116] *BİYOMALZEME VE DOKU MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ*, <http://biomaten.metu.edu.tr/tr>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [117] Sakarya Pehlivan, Ayşegül; (2021), “İki bilim insanı kurdu: Uluslararası pazarda büyümeye hazırlanıyor”, *Ekonomist*, (12 Eylül 2021), <https://www.ekonomist.com.tr/soylesi/uluslararasi-pazarda-buyumeye-hazirlaniyor.html>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [118] *Nanobiotech*, <https://www.nanobiotech.com.tr/tr/tarihce/>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [119] *Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*, “Mikrobiyoloji Laboratuvarı”, <https://cevre.deu.edu.tr/tr/laboratuvarlar/mikrobiyoloji-laboratuvar/>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [120] *Sunar NP*, <https://www.sunarnp.com/tr/uygulama-alanlari/>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [121] *Rekabetçi Sektörler Programı*, “Kompozit Malzeme ve Teknik Tekstil Prototip Üretim ve Uygulama Merkezi”, <https://rekabetcisektorler.sanayi.gov.tr/tr/cati/?projectCode=TR14C1.1.09>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [122] Ak, Özlem; (2018), “Giysileri Gümüş Nanoteller Isıtacak”, *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, (Haziran 2018), <https://services.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf;jsessionid=MYh-KazhO84C6JKMdcIPH4gMN?dergiKodu=4&cilt=51&sayi=990&sayfa=28&yaziid=41857>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [123] *ODTÜ TTO*, “Isıtılabilir Kumaş”, <https://tto.metu.edu.tr/isitilabilir-kumas/>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [124] *ODTÜ TTO*, “ODTÜ’lü Mühendislerden Kıyafeti Isıtacak Teknoloji”, <https://tto.metu.edu.tr/odtulu-muhendislerden-kiyafeti-isitacak-teknoloji/>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [125] *Bursa Uludağ Üniversitesi*, “Kompozit Malzeme ve Teknik Tekstilde Büyük Dönüşüm Hareketi Başladı”, <https://uludag.edu.tr/tby/haber/view?id=14149&title=kompozit-malzeme-ve-teknik-tekstilde-buyuk-donusum-hareketi-basladi>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [126] Günaydın, Yunus Emre; Eroğlu, Tahir Turan; *Fencebilim*, “‘Piezoelektrik’ seramik ürettiler!”, <http://www.fencebilim.com/haber5/piezoelektrik.html>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)
- [127] Salih, Yasemin; (2022), “Asıl hedef akıllı malzemeler geliştirmek!”, *Ekonomim.com*, (29 Nisan 2022), <https://www.dunya.com/kose-yazisi/asil-hedef-akilli-malzemeler-gelistirmek/656563>. (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2022)

EK 1

- (1) <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/img/DEM%C4%B0R-KROM.pdf>
- (2) <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/img/TEG2021.pdf>
- (3) <https://tr.steelorbis.com/celik-haberleri/guncel-haberler/turkiyenin-demircevhərithalati-2021-yilinda-141-artti-1234374.htm>
- (4) <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkiye-ham-celik-uretim-ve-ihracatinda-rekor-kirdi/2492687>
- (5) <https://www.tudoksad.org.tr/turkiye-metal-dokum-sanayisi-2021-yilinda-3-milyon-ulasti>
- (6) <https://www.dunya.com/sectorler/demir-celik/rusya-turkiyenin-pik-demir-ithalatini-vurdu-haberi-652967>
- (7) <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Sekizinci-Bes-Yillik-Kalkinma-Plani-Madencilik-OIK-Raporu-MetalMadenlerAltKomisyon-Boksit-Calisma-Grubu-Raporu.pdf>
- (8) http://talsad.org.tr/wp-content/uploads/2022/08/TALSAD_Dunyada_ve_Turkiyede_Aluminyum_Sektor_Raporu_Ozet_2021.pdf
- (9) https://turkishmetals.org/storage/files/ihracat_files/1642081004.pdf
- (10) <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/img/13Manganez.pdf>
- (11) 2019 rakamlarıdır. https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-bultenleri/2020_30/8.pdf
- (12) <https://enerji.gov.tr/bilgimerkezi-tabii kaynaklar-krom>
- (13) <https://www.yeraltihaber.com/haber/m-selcuk-cevik-sanayinin-zirhi-kromder-2776>
- (14) <https://demirbirlik.org/Eklenti/122,bakir-raporpdf.pdf?0&tag1=562101DE67F04F512DCB059DA54A3B403F20405D>
- (15) https://turkishmetals.org/storage/files/ihracat_files/1641379742.pdf
- (16) <https://madencilikturkiye.com/turkiyenin-cevherden-bakir-elde-eden-tek-fabrikasi-ekonomiye-can-suyu-oluyor/>
- (17) Cevher ihracatı/metal ihracatıdır. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-tabii kaynaklar-cinko>
- (18) <https://www.imib.org.tr/links/29maden/CINKO.pdf>
- (19) <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/img/Titanyum.pdf>
- (20) https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e6b1cf3fb0a3aa1_ek.doc?tipi=25&turu=X&sube=0#:~:text=T%C3%BCrkiye'nin%20kur%C5%9Fun%20metal%20t%C3%BCketimi,a%-%

- C3%A7%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20da%20ithalat%20yoluyla%20kar%C5%9F%C4%B1lanmaktadır%C4%B1r.
- (21) <https://www.dunya.com/sirketler/bataryacilar-meta-nikelin-kapisinda-tesla-bile-geldi-haberi-392833#:~:text=%2D%20Nikel%20kullan%C4%B1m%C4%B1%201.86%20milyon%20ton,bin%20800%20ton%20kullan%C4%B1m%20var.>
- (22) Türkiye’de zirkonyumun işletilebilir rezervi konusunda henüz bilgi yoktur. Üretim miktarı 2018 yılına aittir. Zirkonyum madeni üretim miktarıdır. https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-bultenleri/2021_32/Ekonomi-Bulteni25-39.pdf
- (23) <https://www.cnnturk.com/2008/ekonomi/genel/02/19/turkiye.maden.zengini/429734.0/index.html#:~:text=MTA'n%C4%B1n%20muhtemel%20rezerv%20ara%C5%9F%C4%B1malar%C4%B1na,tonla%20dolomit%20madenine%20ait%20bulunuyor.>
- (24) [https://www.calismatoplum.org/makale/endustriyel-kaza-arastirmalarive-duzenleyici-mudahaleler-magnezyum-metal-uretimi#:~:text=T%C3%BCrkiye'de%20ve%20Avrupa'da,\(Metal%20d%C3%BCnyas%C4%B1%2C%202019\).](https://www.calismatoplum.org/makale/endustriyel-kaza-arastirmalarive-duzenleyici-mudahaleler-magnezyum-metal-uretimi#:~:text=T%C3%BCrkiye'de%20ve%20Avrupa'da,(Metal%20d%C3%BCnyas%C4%B1%2C%202019).)
- (25) https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden_potansiyel_2010/sivas_madenler.pdf
- (26) <https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/radyoaktif-hammadde-arastirmalari#:~:text=MTA%20Genel%20M%C3%BCd%C3%BCrl%C3%BC%C4%9F%C3%BC%20taraf%C4%B1ndan%20bug%C3%BCne,ne%20kadar%C4%B1n%C4%B1n%20%C3%BCretilebilece%C4%9Fi%20belli%20de%C4%9Fildir.>
- (27) 2020 verisidir. <https://www.milliyet.com.tr/ekonomi/turkiyenin-uranyum-kaynagi-3e-katlandi-6590000#:~:text=T%C3%BCrkiye'deki%20en%20b%C3%BCy%C3%BCk%20uranyum%20kayna%C4%9F%C4%B1%20ise%20Nev%C5%9Fehir'de%20bulunuyor,tonu%20son%205%20y%C4%B1lda%20yap%C4%B1ld%C4%B1.>
- (28) <https://www.dha.com.tr/son-dakika/turkiye-de-yilda-213-ki-logram-civa-uretiliyor-1665735>
- (29) <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/Dunyada+ve+Turkiyede+Kalay.pdf>
- (30) https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/ec69dd44416c467_ek.doc?tipi=25&turu=X&sube=0
- (31) 2016 verisidir.
- (32) 52 milyon ton NTE rezervinin ortalama NTE tenörü %3,14’tür. <https://naten.tenmak.gov.tr/tr/nte-hakkinda/dunya-da-ve-turkiye-de-nte.html>
- (33) <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/Nadir-ToprakElementleriSektorRaporu.pdf>
- (34) <https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/vanadyum#:~:text=%C3%9Ckımızde%20%C5%9E%C4%B1rnak%2C%20Mardin%2DSilopi%20asfaltit,de%20bilinen%20vanadyum%20yata%C4%9F%C4%B1%20bulunmamaktadır%C4%B1r.>
- (35) <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/Lityum.pdf>
- (36) <https://www.aa.com.tr/tr/analiz/enerjide-lityum-devrimi-ve-turkiyenin-potansiyeli/2126908>
- (37) <https://www.aa.com.tr/tr/politika/bakan-donmez-turkiye-de-ilk-olacak-lityumun-pilot-tesisinde-yillik-10-ton-uretim-kapasitesi-var/2003793>
- (38) https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-bultenleri/2020_30/7.pdf
- (39) <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/img/11Tungsten.pdf>
- (40) <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/dunyada-ve-turkiyede-gumus.pdf>
- (41) <https://foreks.com/haber/detay/62d4d5d446e0fb0001821a9a/PICNEWS/tr/altin-ithalati-haziran-da-12-5-ton-oldu>
- (42) <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/altin.pdf>
- (43) <https://foreks.com/haber/detay/62d4d5d446e0fb0001821a9a/PICNEWS/tr/altin-ithalati-haziran-da-12-5-ton-oldu>
- (44) <https://finans.mynet.com/haber/detay/ekonomi/bakan-va-rank-acikladi-iste-2021-de-turkiye-de-uretilen-altin-miktari/439355/>
- (45) <https://www.maden.org.tr/resimler/ekler/595.pdf>



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

