

Rekabetin Yeni Dinamiđi: Sanayide Teknolojik Dönüşüm



Rekabetin Yeni Dinamiđi: Sanayide Teknolojik Dönüşüm

Selin ARSLANHAN

Sibel GÜVEN

Güven SAK

Mart 2025

(Yayın No. TUSIAD - T/2025-03/645)

Meřrutiyet Caddesi, No: 46 34420 Tepebaşı/İstanbul

Telefon: (0 212) 249 07 23

www.tusiad.org

© 2025, TÜSİAD

Tüm hakları saklıdır. Bu eserin tamamı ya da bir bölümü, 4110 sayılı Yasa ile değişik 5846 sayılı FSEK uyarınca, kullanılmazdan önce hak sahibinden 52. Maddeye uygun yazılı izin alınmadıkça, hiçbir Şekil ve yöntemle işlenmek, çoğaltılmak, çoğaltılmış nüshaları yayılmak, satılmak, kiralanmak, ödünç verilmek, temsil edilmek, sunulmak, telli/telsiz ya da başka teknik, sayısal ve/veya elektronik yöntemlerle iletilmek suretiyle kullanılamaz.

ISBN 978-605-165-066-1

Yazarlar: Selin ARSLANHAN, Sibel GÜVEN, Güven SAK

TEPAV Proje Ekibi: Yusuf Tuna ALEMDAR, Ömer Faruk CAN, Sercan SEVGİLİ

Yayına Hazırlayanlar: Dr. Nurşen NUMANOđLU, F. Hazal İNCE, Berkay KEKÜL

Dizgi ve Sayfa Uygulama: TEPAV

Kapak Tasarımı: TEPAV

Önsöz

TÜSİAD, özel sektörü temsil eden sanayici ve iş insanları tarafından 1971 yılında, Anayasamızın ve Dernekler Kanunu'nun ilgili hükümlerine uygun olarak kurulmuş, kamu yararına çalışan bir dernek olup gönüllü bir sivil toplum örgütüdür. TÜSİAD, insan hakları evrensel ilkelerinin, düşünce, inanç ve girişim özgürlüklerinin, laik hukuk devletinin, katılımcı demokrasi anlayışının, liberal ekonominin, rekabetçi piyasa ekonomisinin kurum ve kurallarının ve sürdürülebilir çevre dengesinin benimsendiği bir toplumsal düzenin oluşmasına ve gelişmesine katkı sağlamayı amaçlar. TÜSİAD, Atatürk'ün öngördüğü hedef ve ilkeler doğrultusunda, Türkiye'nin çağdaş uygarlık düzeyini yakalama ve aşma anlayışı içinde, kadın-erkek eşitliğini, siyaset, ekonomi ve eğitim açısından gözeten iş insanlarının toplumun öncü ve girişimci bir grubu olduğu inancıyla, yukarıda sunulan ana gayenin gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla çalışmalar gerçekleştirir.

TÜSİAD, kamu yararına çalışan Türk iş dünyasının temsil örgütü olarak, girişimcilerin evrensel iş ahlakı ilkelerine uygun faaliyet göstermesi yönünde çaba sarf eder; küreselleşme sürecinde Türk rekabet gücünün ve toplumsal refahın, istihdamın, verimliliğin, yenilikçilik kapasitesinin ve eğitimin kapsam ve kalitesinin sürekli artırılması yoluyla yükseltilmesini esas alır.

TÜSİAD, toplumsal barış ve uzlaşmanın sürdürüldüğü bir ortamda, ülkemizin ekonomik ve sosyal kalkınmasında bölgesel ve sektörel potansiyelleri en iyi şekilde değerlendirerek ulusal ekonomik politikaların oluşturulmasına katkıda bulunur. Türkiye'nin küresel rekabet düzeyinde tanıtımına katkıda bulunur, Avrupa Birliği üyeliği sürecini desteklemek üzere uluslararası siyasal, ekonomik, sosyal ve kültürel ilişki, iletişim, temsil ve iş birliği ağlarının geliştirilmesi için çalışmalar yapar. Uluslararası entegrasyonu ve etkileşimi, bölgesel ve yerel gelişmeyi hızlandırmak için araştırma yapar, görüş oluşturur, projeler geliştirir ve bu kapsamda etkinlikler düzenler.

TÜSİAD, Türk iş dünyası adına, bu çerçevede oluşan görüş ve önerilerini Türkiye Büyük Millet Meclisi'ne, hükümete, diğer devletlere, uluslararası kuruluşlara ve kamuoyuna doğrudan ya da dolaylı olarak basın ve diğer araçlar aracılığı ileleterek, yukarıdaki amaçlar doğrultusunda düşünce ve hareket birliği oluşturmayı hedefler.

TÜSİAD, misyonu doğrultusunda ve faaliyetleri çerçevesinde, ülke gündeminde bulunan konularla ilgili görüşlerini bilimsel çalışmalarla destekleyerek kamuoyuna duyurur ve bu görüşlerden hareketle kamuoyunda tartışma platformlarının oluşmasını sağlar.

Bu çalışma TÜSİAD Sanayi Politikaları ve Yatırım Ortamı Yuvarlak Masası faaliyetleri çerçevesinde TEPAV adına Selin Arslanhan, Sibel Güven, Güven Sak tarafından kaleme alınmış ve çalışmadaki analizler ve görselleştirmeler TEPAV Proje Ekibi (Yusuf Tuna Alemdar, Ömer Faruk Can ve Sercan Sevgili) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Rapor TÜSİAD Genel Sekreter Yardımcısı Dr. Nurşen Numanođlu, Direktör F. Hazal İnce ve Uzman Berkay Kekül tarafından yayına hazırlanmıştır.

Rapor çalışması sürecindeki liderliği için TÜSİAD Yönetim Kurulu Üyesi ve Sanayi Politikaları ve Yatırım Ortamı Yuvarlak Masası Başkanı Dr. Fatih Kemal Ebiçliođlu'na; katkı ve destekleri için rapor sponsorları Eren Holding A.Ş., PBA İç ve Dış Ticaret A.Ş., Sütüş Süt Ürünleri A.Ş., Teksan Jeneratör Elektrik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Zorlu Holding A.Ş.'ye teşekkür ederiz. Raporun hazırlanması sürecindeki değerlendirmeleri ve görüş paylaşımları için Alper Özkan, Barış Tuđrul Ertuđrul, Birkan Atlamaz, Evrim Özgül, Fatih Çiftçi, Müge Çeber, Nihat Bayız, Özgür Eriş ve Tolga Özdenli'ye teşekkürlerimizi sunarız. Raporunda yer alan görüşler katkı ve katılım sağlayan bu kişi ve kuruluşların görüşlerini yansıtmayabilir ve bu itibarla bu kişi ve kuruluşlar için bağlayıcı değildir.

Mart 2025

Özgeçmişler

Selin Arslanhan

Selin Arslanhan, 2008 yılında araştırmacı olarak çalışmaya başladığı TEPAV'da, İnovasyon Çalışmaları Programını kurmuş ve bu programın direktörlüğünü üstlenmiştir. Arslanhan, 15 yılı aşkın süredir teknoloji politikası ve inovasyon ekosistemi üzerine çalışmakta, çok sayıda paydaşla araştırma projeleri ve programları yürütmektedir. Ayrıca inovasyon arayüzü olarak hayata geçirdiği ReDis'te, inovasyon ekosisteminin farklı aktörlerine teknoloji ve inovasyon yol haritalarının şekillenmesi ve uygulanması konusunda destek vermiştir. 2018'den itibaren Nasıl Bir Ekonomi Gazetesi'nde teknoloji ve inovasyon eğilimleri üzerine de köşe yazısı yazmaktadır. Arslanhan, 2008 yılında İstanbul Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik bölümünden lisans derecesini tamamladıktan sonra, 2010 yılında TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi'nden İşletme Yüksek Lisans derecesini almıştır ve İstanbul Bilgi Üniversitesi Organizasyon Çalışmaları Programında doktora çalışmalarına başlamıştır. Profesyonel ve akademik kariyeri boyunca Horasis Küresel Toplantısı, BIO Uluslararası Kongresi gibi uluslararası konferanslarda konuşmacı ve moderatör olarak yer almış ve birçok farklı yayına katkıda bulunmuştur.

Sibel Güven

Sibel Güven, TEPAV Sürdürülebilirlik Çalışmaları Program Direktörüdür. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden Doçent olarak emekli olmuş, 2006 yılından bu yana TEPAV'da çalışmaktadır. Genel denge modellemesi, politika analizi, etki analizi, kümelenme politikası, enerji ve çevre politikaları alanlarında AB ve AB dışından sağlanan fonlarla çeşitli projeleri koordine etmekte, yönetmekte ve ekip üyesi olarak yer almaktadır. Akademik kariyerine ek olarak, ulusal ve uluslararası düzeyde finanse edilen projelerde danışman ve/veya proje yöneticisi olarak Türk sanayisi ve kamu ile yakın iş birliği içinde çalışmıştır. Ekonomik modelleme ve araştırma, etki analizi ve değerlendirme teknikleri, organizasyon ve yönetim sistemleri tasarımı, stratejik planlama, kalkınma, yatırım ve finansal planlama konularında 30 yılı aşkın deneyime sahiptir. Sibel Güven, lisans derecesini Endüstri Yönetimi alanında, yüksek lisans derecesini Orta Doğu Teknik Üniversitesi Matematik Bölümü'nün Yöneylem Araştırması opsiyonunda, doktora derecesini ise aynı üniversitenin Yöneylem Araştırması alanından almıştır.

Güven Sak

Güven Sak, lisans eğitimini ODTÜ İktisat bölümünde, yüksek lisans eğitimini University of East Anglia'da yapmıştır. İktisat doktorasını ODTÜ'de tamamlamıştır. Sermaye Piyasası Kurulu baş araştırmacısı, Merkez Bankası Para Politikası Kurulu üyesi ve Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Maliye Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmıştır. 2003 yılında profesör olmuş ve 2006 yılı başında Ankara Üniversitesi'nden ayrılarak, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi (TOBB-ETÜ)'ne geçmiştir. 2004 yılında Türkiye'nin ilk ve halen tek ekonomi politikaları düşünce kuruluşu olan Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı'nın (TEPAV) kurucu direktörü olan Güven Sak, Nasıl Bir Ekonomi Gazetesi'nde de köşe yazısı yazmaktadır.

İçindekiler

Önsöz	2
Özgeçmişler	3
Şekiller Tablosu	5
Yönetici Özeti	7
Executive Summary	11
Giriş ve Kavramsal Çerçeve	15
I. Keşif.....	21
II. Tanım/Teşhis.....	38
III. Tasarım	75
Kaynakça.....	89

Şekiller Tablosu

Şekil 1 Kavramsal çerçeve.....	19
Şekil 2 Yaklaşım ve yöntem akışı	20
Şekil 3 Küresel pazarlarda rekabetçiliğin görünümü, 1995	22
Şekil 4 Küresel pazarlarda rekabetçiliğin görünümü, 2023	23
Şekil 5 Yüksek teknoloji sektörlerde küresel rekabetçiliğin görünümü, 1995 - 2022.....	23
Şekil 6 AB'nin yüksek teknoloji ürünlerde ticaret dengesi, AB dışı ilk 20 partner ülke, milyon euro, 2023	25
Şekil 7 Çin kaynaklı Ar-Ge'nin ülkelerin toplam son ürün üretimlerindeki payı, 2010 ve 2020	26
Şekil 8 Doğrudan Yabancı Yatırım (DYY) Projelerinin Bölgesel ve Sektörel Dağılımı, (%), 2023	27
Şekil 9 Öncü teknolojilerde 2000-2021 döneminde alınan patentlerin ülkelere dağılımı, %..	30
Şekil 10 Patentlerin bölgelere dağılımı, 1997-2022.....	30
Şekil 11 Yeşil teknoloji patentlerinin patent sahibine göre dağılımı (2000-2022, %).....	31
Şekil 12 Sanayi şirketlerinin sahip olduğu yeşil teknoloji patentlerinin ülkelere göre dağılımı, 2022	31
Şekil 13 OECD Ülkelerinde Ar-Ge harcamaları eğilimi (2007 = 100, milyon ABD doları), 2007-2022.....	32
Şekil 14 Dünyada en fazla Ar-Ge harcaması yapan ilk 2000 şirketin ülkelere dağılımı, 2023 .	33
Şekil 15 Girişim sermayesi yatırımlarının bölgelere dağılımı ve Avrupa girişim sermayesi yatırımlarının sektörel dağılımı, 2013-2023	34
Şekil 16 Yeşil teknolojilere yapılan girişim sermayesi yatırımlarının bölgelere göre dağılımı, 2010-2022.....	34
Şekil 17 Öncü teknolojilere hazırlık seviyesi endeksi, 2022.....	37
Şekil 18 Türkiye ve diğer bazı ülkelerin GSMH değerleri, milyon ABD doları, 1987 - 2021	39
Şekil 19 Türkiye'nin sektörler göre ihracat kompozisyonu	40
Şekil 20 Türkiye'nin ülkelere göre ihracat ve ithalat kompozisyonu	41
Şekil 21 AB dışı ihracatın ve ithalatın bölgesel payı, %, 2023	43
Şekil 22 AB'nin Türkiye'den en çok ithal ettiği mallar, milyon euro, 2023	44
Şekil 23 Küresel değer zincirlerine entegrasyon.....	45
Şekil 24 Doğrudan yabancı yatırım (net giriş), 1995 = 100, 1995-2023.....	46
Şekil 25 Türkiye'nin teknoloji yoğunluğuna göre sanayi ürünleri ihracatının dağılımı, %, 1995 - 2022	47
Şekil 26 Yüksek teknoloji ihracatının toplam ihracat içerisindeki payı, %, 1995-2022	48
Şekil 27 Türkiye'nin yüksek teknoloji ihracatının sektörel dağılımı, 1995-2010-2022	50
Şekil 28 Seçili ülkelerde yüksek teknoloji ihracatının sektörel dağılımı, 2022.....	51
Şekil 29 Türkiye'nin ekonomik karmaşıklığının değişimi, 1962- 2021	53
Şekil 30 Türkiye'de sektörler göre ihracatın değişimi ve ürün karmaşıklığı, 2016-2021	54
Şekil 31 Seçilen ülkelerde 2006-2021 döneminde ihracat sepetine yeni eklenen ürünler ve yarattıkları değer	55
Şekil 32 Şirket ölçeklerine göre çalışan başına katma değer, 1000 TL, 2010- 2022	57
Şekil 33 İmalat sektöründe KOBİ ve büyük şirketlerde işgücü verimliliği, istihdam edilen kişi başına katma değer, 250+=100, 2021	58
Şekil 34 Türkiye sanayisinde teknoloji sınıflaması ve firma ölçeğine göre verimlilik eğilimleri, 2010-2022.....	59
Şekil 35 İmalat sanayisinde çalışan başına ortalama saatlik işgücü maliyeti, 2022.....	59

Şekil 36 Türkiye ve OECD işletmelerinde bilişim teknolojilerinin penetrasyonu, %, 2021	60
Şekil 37 Küresel İnovasyon Endeksi'nde Türkiye'nin bölge ortalamasıyla karşılaştırmalı yeri, 2013-2022.....	61
Şekil 38 Özel Sektör Ar-Ge harcamaları, GSYH'den alınan pay, %, 2022.....	62
Şekil 39 Ar-Ge vergi teşvikleri kanalıyla sağlanan kamu desteklerinin GSYH'deki payı, %, 2021	62
Şekil 40 Dünyada en yüksek Ar-Ge harcaması yapan ilk 2000 şirket, milyon Euro, 2023	63
Şekil 41 Ar-Ge harcamasında ilk 2000 şirket arasında yer alan Türkiye şirketleri, 2013-2023	64
Şekil 42 Türkiye'deki Ar-Ge Merkezleri sayısı, 2008-2023	64
Şekil 43 Türkiye'deki Ar-Ge Merkezlerinin sektörlere ve şehirlere göre dağılımı, ilk 15 şehir ve diğerleri, 2024	65
Şekil 44 OECD ülkelerinde 1000 istihdam başına düşen Ar-Ge personeli, 2021	66
Şekil 45 Doktora veya eşdeğer düzeyde kayıtlı öğrenci sayısı, bin öğrenci, 2021	67
Şekil 46 Mühendislik, imalat ve inşaat alanlarındaki doktora mezunlarının toplam doktora mezunları içindeki payı, %, 2022	67
Şekil 47 Dünyada en çok atıf alan %10'luk dilimde yer alan bilimsel yayınların oranı, (Bilgisayar Bilimleri ve Mühendislik) 2022	68
Şekil 48 Teknoloji alanlarına göre patent sayıları ve ilgili alanda öne çıkan patent sahibi, Dünya, 2023.....	69
Şekil 49 Teknoloji alanlarına göre patent sayıları ve ilgili alanda öne çıkan patent sahibi, Türkiye, 2023	70
Şekil 50 Ülkelerin start-up ekosistem endeksi sıralaması ilk 50 ülke	71
Şekil 51 Marmara Bölgesinin GSYH'den aldığı pay, %, 2004-2022.....	72
Şekil 52 Bölgelere göre Ar-Ge harcamalarının toplam Ar-Ge harcamasının içindeki payı, %, 2018 - 2022.....	72
Şekil 53 Seçili ülkelerin geri kalanına kıyasla teknoloji merkezlerine yapılan risk sermayesi yatırımları	73
Şekil 54 Toplam patent başvuru sayısına göre ilk 20 ve son 20 il, 1995- 2023	73
Şekil 55 Patentli girişimlerin kuruldukları şehirler ve sayıları, ilk 10 şehir, 2023	74
Şekil 56 Yüksek teknolojili sektörlerde küresel teknoloji eğilimleri ve sanayide yeni teknolojilerle dönüşüm bileşenleri ile teknoloji entegrasyon süreci	77
Şekil 57 Yüksek teknolojili sektörlerde küresel teknoloji eğilimleri ve sanayide teknolojik dönüşüm bileşenleri için teknoloji analizi, 2025-2053	78
Şekil 58 Yüksek teknolojili sektörlerde rekabet ve sanayide teknolojik dönüşüm için gereken kabiliyetler	79
Şekil 59 Türkiye İklim Değişikliği ve Deprem Risk Haritası.....	82
Şekil 60 Türkiye Teknoloji Absorpsiyon Kapasitesi Haritası.....	83
Şekil 61 Teknoloji ve mekana odaklı akıllı uzmanlaşma uygulama çerçevesi.....	84
Şekil 62 Yüksek teknolojili sektörlerde rekabet gücü, yeni teknolojilerle dönüşüm ve inovasyon için öncelikli uygulama adımları	88

Yönetici Özeti

- 1. Jeoekonomik ayrışma eğilimlerinden tedarik zincirlerindeki belirsizlikler ve iklim değişikliği gündemine kadar son yıllardaki küresel eğilimlerin etkisine ek olarak, yeni teknolojilerdeki gelişmeler ve yayılma hızı artışı, teknoloji odaklı sanayi politikası araçları üzerine yeniden düşünme ihtiyacını doğurdu.** Özellikle gelişmiş ülkelerde ve Çin’de, yeni teknolojilerde liderlik ve yönlendirme gücüne sahip olma gündemi, ülkeler arasındaki teknoloji odaklı rekabet gücü yarışını derinleştirmeye başladı. Teknoloji yarışında ABD ve Çin’in gerisinde kalan Avrupa Birliği (AB) ise yarışa geri dönmek ve yüksek teknoloji sektörlerinde Çin karşısında rekabet gücünü korumak için yeni adımlar atmaya başladı. Ek olarak AB, Avrupa Yeşil Mutabakatı’nı sadece iklim değişikliğiyle mücadele dokümanı değil, aynı zamanda yeni büyüme stratejisi olarak ortaya koydu. Bu durum ve beraberinde gelen mekanizmalar, Avrupa’nın ticaret partnerleriyle ilişkilerinden teknoloji yatırımlarının yönüne kadar farklı etki alanlarına sahip olacak şekilde tasarlandı. Teknolojik dönüşümün küresel eğilimleri şekillendiren ana faktörlerden biri haline gelmesi, Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi ticaret ve yatırımların yönünü şekillendiren mekanizmalar ve tüm bunlarla birlikte bugünkü küresel ve bölgesel ortamda Türkiye sanayisinin rekabet gücü bileşenlerini analiz etmek bu çalışmanın arka planını oluşturmaktadır.
- 2. Son 30 yılda Türkiye, çeşitlenen ihracat sepeti ve ticaret partnerleriyle, küresel değer zincirlerinin önemli bir parçası haline gelmiştir.** Bu gelişmelere rağmen, orta gelir tuzağından çıkış sağlayamamış, küresel değer zincirlerindeki yerini derinleştirerek yenilikçi faaliyetler üreten ülkeler grubuna geçiş yapamamıştır. Bunlarla ilişkili şekilde Türkiye, yüksek teknoloji üretim ile ihracat kapasitesinde beklenen sıçramayı gerçekleştirememiştir ve yüksek teknoloji ihracat payı artış gösterememiştir. Son 10 yılın politika dokümanları ve strateji belgelerinde yüksek teknoloji ihracat hedefinin yer bulmasının yanında, uygulanan programlar ve teşvik mekanizmalarıyla da bu hedef desteklenmiştir. Bu stratejik adımlar ve uygulamalar, teknoloji ekosisteminde önemli birçok yeni aktörün oluşmasını tetiklemiş, teknoloji ekosisteminin önemli ölçüde gelişimini sağlamıştır. Teknoparklar, Ar-Ge Merkezleri, Teknoloji Transfer Ofisleri, Girişim Sermayesi Fonları, start-up’lar gibi Türkiye’de 30 yıl önce yer almayan aktörler ekosisteme yerleşmiş ve sayıları giderek artmıştır. Fakat tüm bunlara rağmen yüksek teknoloji ihracatta anlamlı bir değişim henüz görülememiştir.
- 3. Yüksek teknoloji ihracat hedefiyle ilişkili olarak sanayi ve teknoloji ekosistemindeki göstergeleri analiz ettiğimizde, yıllar içerisinde artış göstermiş olsa da GSYH’deki toplam Ar-Ge harcamalarının payında hala düşüklük dikkat çekmektedir.** Türkiye’de uygulanan teşvik ve destek mekanizmalarıyla birlikte Ar-Ge merkezi sayısındaki önemli artış henüz Ar-Ge harcamalarına ve yüksek teknoloji ihracata yansımamıştır. Özel sektör Ar-Ge’sini desteklemek üzere ortaya konan Ar-Ge’de vergi teşvikleri söz

konusu olduğunda ise, Türkiye'nin yeri gelişmiş ülkelerle benzer bir seviyededir ve OECD ortalamasının üzerindedir. Bunun yanı sıra Türkiye'de ilgili teknoloji alanlarında doktora öğrencilerinin ve mezunlarının sayısı ile bilimsel yayınların niteliği de OECD ortalamasının üzerindedir. Fakat Türkiye'de oluşan bu araştırma kapasitesinin, özel sektör Ar-Ge'sine ve Türkiye'nin yüksek teknolojili ihracatına yansımadağı gözlenmektedir.

4. **Dünyada farklı örneklerde gördüğümüz teknoloji ekosisteminin yeni aktörlerinin Türkiye'deki ekosisteme yerleştirilmesine ve yine farklı ülkelere benzer teşvik mekanizmalarının uygulamaya konmasına rağmen, Türkiye'de gerçekleşmeyen teknolojik dönüşümü, geriye doğru baktığımızda iki farklı dönemde gerçekleştirmeyi başarabilen ülkeler söz konusudur.** Bunlardan ilkinde örnek, Türkiye ile birçok makro göstergede aynı yerden başlayan ve teknolojiye hızlı ayrılmayla karşılaştırmalı çalışmalara sıkça konu olan Güney Kore'dir. Diğer örneklerde ise; daha yakın dönemde ya AB üyeliği etkisiyle farklılaşan Polonya, Çekya, Macaristan gibi ülkeler ya da pazar yapısı, büyüklüğü ve yabancı yatırım dinamikleriyle başka bir kuldardan giden Çin, Vietnam gibi ülkeler yüksek teknolojili ihracatta dikkat çekenlerdendir. Türkiye'nin ihracat sepetine eklenen ürünlerde düşük ve orta teknoloji yoğunluğu gözlenirken, başarılı ülke örneklerinde ihracat sepetinin çeşitlenmesinin ötesinde, ihracat sepetine eklenen yeni ürünlerdeki nitelik ve teknoloji artışına odaklanma dikkat çekicidir. Türkiye'nin bu bağlamda yüksek teknolojili ihracata doğru yeni teknolojilerle dönüşüm için teknoloji ve mekan odaklı akıllı uzmanlaşmaya ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.
5. **Bugüne kadarki süreci analiz ettiğimizde, Türkiye'de yüksek teknolojili ihracat, yeni teknolojilerle dönüşüm ve inovasyona doğru üç temel problem ve ihtiyaç alanı izlenmektedir:**
 - a. **Sanayinin yeni teknolojilerle dönüşümü ve teknoloji ekosisteminin yüksek teknolojili ihracata doğru işlevselleştirilmesi:** Beşeri sermaye ve bilimsel araştırma kapasitesinin teşvik mekanizmalarına rağmen Ar-Ge kapasitesine dönüşmemesi, Ar-Ge harcamalarının yetersizliği, Türkiye'nin ihracat sepetine yeni eklenen ürünlerde nitelik ve teknoloji düşüklüğü.
 - b. **Firmalar arasındaki verimlilik farkları:** Yüksek teknolojili sektörlerde verimlilik artışı ve ölçeklere göre farkların kapanması konusundaki potansiyele rağmen, sanayinin mevcut teknoloji seviyesi nedeniyle potansiyelin gerçeğe dönüşmemesi.
 - c. **Tek mekana sıkışmışlık:** Marmara Bölgesi, Türkiye'nin GSYH'sinin yüzde 45'inden fazlasını sağlamakta ve teknoloji yatırımları da büyük ölçüde bu bölgede yoğunlaşmaktadır.
6. **Giderek karmaşıklaşan yeni teknolojiler, yüksek teknolojili sektörlerin de yapısını değiştirmiştir.** Bilgisayar, elektronik ve havacılık gibi yüksek teknoloji sınıfında yer alan sektörler, günümüzde malzeme bilimi, yapay zeka, enerji teknolojileri, robotik gibi öncü teknoloji alanlarıyla iç içe geçmiş üretim süreçlerinin bütününden oluşan platformlardır. Yani, yüksek teknoloji sektörlerindeki küresel rekabet, artık yalnızca tekil sektörel becerilere değil, bu yeni teknoloji alanlarında yetkinlik kazanmaya

dayalıdır. Bir şirketin, bir ülkenin sürekli değişen küresel pazarlarda rekabetçi kalabilmesi; değişen talebi karşılayabilme esnekliği ve bunu maliyet etkinlik ile birleştirebilme kapasitesine bağlıdır. Bu noktada, yeni teknoloji alanlarına uyum sağlayabilmek, yenilikleri özümseyebilmek ve bunları etkili bir şekilde kullanabilmek kritik bir öneme sahiptir. Yüksek teknoloji sektörlerde rekabet gücüne sahip olmak için sanayi politikasının ana bileşeni, yeni teknolojilerle dönüşümü gerçekleştirebilecek kabiliyet ve kapasiteyi yaratmaktır. Bu yaklaşım, sadece yüksek teknoloji sektörlerde rekabeti değil; aynı zamanda bu yatay teknoloji alanlarının çarpan etkisiyle, diğer geleneksel sektörler ve değer zincirlerinde de katma değer ve verimlilik artışını sağlama potansiyelini beraberinde getirmektedir.

7. Yüksek teknoloji sektörler artık tekil sektörler değildir ve yeni teknolojilerin entegrasyonu yüksek teknoloji ihracatın gelişimi için ön koşul haline gelmiştir.

Burada teknoloji transfer mekanizmaları ve odaklı teknoloji programları kritik olmakla birlikte, yüksek teknoloji ürünlerin değer zincirlerinde dönüşümü teşvik etmek için, dış kaynaklı Ar-Ge'yi ve başarılı start-up'ların yenilikçi teknolojilerini ithal ederek doğru yerlere entegre etmek de önemlidir. İthal edilen bu teknolojiler, bir yandan ilgili ülkede ekosistemin yeteneklerini artırırken, diğer yandan küresel piyasalarda rekabet avantajı sağlayacak platformları inşa etme sürecini hızlandırabilir. İthal edilen teknolojilerin ve Ar-Ge'nin, ilgili değer zincirlerine doğru bir şekilde entegre edilmesi, teknolojik dönüşüm için tetikleyici olabilir fakat buradaki önemli olan hangi değer zincirine hangi modelle entegre edeceğini bilen bir hedefli politika seti ve aynı zamanda bunu yönetebilecek kabiliyet setidir. Bunun yanında özel sektörün ve şirketlerin de yeni teknolojileri absorpsiyon (özümseme) kapasitesi bir diğer üzerinde durulması gereken meseledir.

8. Yeni teknolojiler, tek bir sektörü hedefleyen stratejilerin ötesine geçerek, ekosistem meselesinin ve teknolojik dönüşüm kapasitesinin önemini vurgulamaktadır.

Tekil aktörlerin ekosisteme yerleştirilmesi ya da şirketlerin kendi Ar-Ge merkezlerinde tekil süreçlerde başarılı olmaları gibi geleneksel yaklaşımlar, bugün sürdürülebilir teknolojik başarılar getirmemektedir. Farklı aktörlerin etkileşimle çıktı üretebildiği, şirketlerin, üniversitelerin ve start-up'ların birbirinden öğrenme ve birbirini tamamlama mekanizmalarının aktif olduğu ve bunları işlevsel halde tutacak makro koşulların sağlandığı bir teknoloji ekosistemine ihtiyaç vardır. Bu çerçevede, bu raporda Türkiye sanayisinin yüksek teknoloji ihracat ve yeni teknolojilerle dönüşümüne doğru üç fazda atılması gereken hızlandırıcı adımlar ve politika önerileri oluşturulmuştur:

a. Mevcut teknolojilerin uygulanması ve başta yüksek ve orta-yüksek teknoloji sektörler olmak üzere değer zincirlerinde yaygınlaştırılması:

Teknoloji odaklı akıllı uzmanlaşma çerçevesinde öncelikli alanların belirlenmesi ve bu alanları destekleyecek teşvik sistemlerinin ve regülasyonların oluşturulmasına yönelik çalışma yapılması. Bunun yanında bunları operasyonel hale getirmek için kamu-özel sektör diyalogunu yeniden şekillendirecek Yatırım Ortamını İyileştirme Koordinasyon Kurulu (YOİKK) gündeminin sanayi politikası odağıyla tasarlanması.

- b. **Yeni teknolojilerin transferi ve ölçeklendirilmesi:** Yeni teknolojileri takip edecek ve Türkiye ile Avrupa ekosistemlerinden bu teknolojilerin transferi ve ölçeklendirilmesine yönelik teknoloji arayüzü mekanizmalarını aktifleştirecek ve koordine edecek ekosistem öncüsü olarak teknoloji *think tank*'i kurulması (Teknoloji *think tank*'i devam eden bölümlerde Avrupa'nın en büyük uygulamalı araştırma organizasyonlarından biri olan Almanya merkezli Fraunhofer teknoloji ekosisteminin çalışma mekanizması örneğiyle detaylandırılmaktadır).
 - c. **Yüksek teknoloji ihracatın sürdürülebilir kılınması için yeni teknoloji geliştirme ve inovasyon ekosistemi:** Yeni teknoloji geliştirme ve inovasyona konu olacak teknoloji alanlarının belirlenmesine yönelik bilim ve teknoloji araştırma kapasitesi haritasının hazırlanması, bu doğrultuda Türkiye'nin teknoloji odaklı akıllı uzmanlaşma yaklaşımı çerçevesinde hangi araştırma alanlarının öncelikli olacağını belirleneceği odak araştırma alanları çalışmasının yapılması ve bu odak araştırma alanlarında uzun vadeli araştırma ve teknoloji geliştirme desteklerinin sağlanacağı odaklı Ar-Ge programlarının ve fonlarının oluşturulması.
9. **Küresel ve bölgesel eğilimlerle yeniden şekillenen ortamda, Türkiye'de teknoloji odaklı yeni sanayi politikası gündemi üzerine, bu kez ülke koşullarına özgü bir yaklaşımla düşünenin tam zamanıdır.** Aynı zamanda AB-Türkiye ilişkisini teknoloji odağıyla yeniden şekillendirebilmek için AB'nin teknoloji yarışına geri dönme motivasyonu ve yeşil dönüşüm gündemi bir fırsat alanı yaratmaktadır. Küresel teknoloji eğilimleri ve değişen pazar koşulları, yüksek teknoloji sektörleri artık yeni teknolojilerden bağımsız düşünemeyeceğimizi göstermiştir. Akıllı teknoloji seçimlerinden hareket ederek tasarlanan odaklı bir teknoloji entegrasyon süreciyle, yüksek ve orta-yüksek teknoloji sektörlerde verimlilik ve rekabet gücü artışlarını sağlamak mümkün olabilecektir. Türkiye'nin içinden geçtiğimiz dönemde bahsettiğimiz fırsat alanlarını kullanabilmesi için, bu raporda önerdiğimiz gibi teknoloji ve mekan odaklı akıllı uzmanlaşma yaklaşımıyla hazırlık yapması gerekmektedir. Burada başlattığımız tartışmanın uygulamaya doğru gidebilmesi için, önerdiğimiz yaklaşımın ve hızlandırıcı araçların modellenmesi ve hayata geçirilmesine yönelik detaylı devam çalışmalarına ihtiyaç olacaktır.

Executive Summary

- 1. In recent years, global trends, from geoeconomic fragmentation and uncertainties in supply chains to the climate change agenda, alongside the rapid development and diffusion of new technologies, have necessitated rethinking technology-focused industrial policy tools.** Particularly in developed countries and China, the agenda of achieving leadership and influence in new technologies has deepened the technology-driven competitiveness race among different countries. The European Union (EU), lagging behind the US and China in this technology race, has taken new steps to reclaim its position and maintain its competitiveness in high-tech sectors against China. Additionally, the EU has framed the European Green Deal not merely as a climate change action document but as the EU's new growth strategy. This strategy and its related mechanisms are designed to impact diverse areas, from trade relationships with its partners to the direction of technology investments. The rise of technological transformation as a key driver of global trends, coupled with regulations such as the European Green Deal that shape trade and investment flows, forms the backdrop for this study, which analyzes the technological competitiveness components of Türkiye's industry in the current global and regional context.
- 2. Over the last 30 years, Türkiye has become a significant part of global value chains, with a diversified export basket and trade partners.** Despite these achievements, Türkiye has been unable to escape the middle-income trap and/or transition into the group of countries that produce innovative activities by deepening its role in global value chains. Relatedly, Türkiye has not achieved the expected jump in high-tech production and export capacity, and the share of high-tech exports has not increased. Policy documents and strategic plans over the past decade have included goals for high-tech exports and these goals have been supported through programs and incentive mechanisms. These strategic steps have led to the emergence of significant new players within Türkiye's technology ecosystem, substantially contributing to its development. Stakeholders such as technoparks, R&D centers, technology transfer offices, venture capital funds, and startups, practically non-existent in Türkiye 30 years ago, are now firmly embedded in the ecosystem, with their numbers steadily increasing. However, despite this progress, there has been no significant change in high-tech manufacturing and exports.
- 3. Analyzing indicators within the industrial and technology ecosystem related to high-tech export goals reveals that, despite some growth, the share of total R&D expenditures in GDP remains low.** Significant increases in the number of R&D Centers supported by Türkiye's incentive and support mechanisms have not yet translated into higher R&D spending or high-tech exports. Regarding tax incentives aimed at supporting private sector R&D, Türkiye performs at a level comparable to developed countries and exceeds the OECD average. Additionally, the number of PhD students, graduates, and the quality of scientific publications in relevant technology fields in

Türkiye also surpass the OECD average. However, the research capacity developed in Türkiye has not effectively translated into private sector R&D or significantly impacted the country's high-tech export performance.

4. **Despite implementing mechanisms inspired by global examples to embed new technology ecosystem actors and similar incentive frameworks, technological transformation has not been realized in Türkiye.** Historically, countries that succeeded in technological transformation over two distinct periods provide comparative examples. The first includes South Korea, which began at a similar macroeconomic level to Türkiye but experienced rapid technological divergence. The second includes more recent examples such as Poland, Czechia, and Hungary, which differentiated through EU membership, or China and Vietnam, which followed unique paths based on market structure, size, and foreign investment dynamics. While Türkiye's export basket has seen diversification, its added products remain predominantly low- and medium-tech. In contrast, successful countries have focused not only on diversification but also on enhancing the quality and technological sophistication of new products in their export baskets. For Türkiye, transitioning toward high-tech exports necessitates a smart specialization approach focused on technology and location.
5. **Based on our analysis, three primary challenges and areas of need emerge for Türkiye's high-tech export, transformation through new technologies, and innovation:**
 - a. **Industrial transformation with new technologies and operationalizing the technology ecosystem for high-tech exports:** Despite incentives for human capital and scientific research capacity, these have not translated into R&D capacity. R&D expenditures remain insufficient, and the products newly added to Türkiye's export basket are of low quality and technology intensity.
 - b. **Productivity gaps among firms:** Despite the potential for productivity gains and narrowing scale-based differences in high-tech sectors, the current level of industrial technology limits the realization of this potential.
 - c. **Geographic concentration:** The Marmara Region generates over 45% of Türkiye's GDP, with technology investments heavily concentrated in this region.
6. **The increasing complexity of new technologies has redefined the structure of high-tech sectors.** Industries classified as high-tech, such as computers, electronics, and aviation, now consist of integrated production platforms incorporating frontier technologies like materials science, artificial intelligence, energy technologies, and robotics. Thus, global competition in high-tech sectors depends not only on sector-specific skills but also on gaining expertise in these new technology fields. A company or country's ability to remain competitive in rapidly changing global markets hinges on its flexibility to meet evolving demand and its capacity to combine this with cost-effectiveness. Adapting to, absorbing, and effectively utilizing new technologies are therefore critical. Industrial policy must focus on building the capabilities and

capacities necessary for transformation through new technologies, which not only enhances competitiveness in high-tech sectors but also creates added value and productivity gains in traditional sectors and value chains through the multiplier effect of these horizontal technology areas.

7. **High-tech sectors are no longer standalone; integrating new technologies has become a prerequisite for the development of high-tech exports.** Technology transfer mechanisms and targeted technology programs are critical. Additionally, importing and integrating new technologies from successful startups and external R&D can enhance the capabilities of local ecosystems and accelerate the establishment of competitive platforms in global markets. However, the effective integration of imported technologies into relevant value chains requires targeted policy frameworks and capability sets. Equally crucial is the private sector's capacity to absorb (or internalize) new technologies.
8. **Moving beyond single sectoral strategies, new technologies highlight the importance of ecosystems and technological transformation capacity.** Traditional approaches, such as embedding individual actors into ecosystems or achieving isolated success in corporate R&D processes, no longer ensure sustainable technological achievements. A functional technology ecosystem requires active interactions between companies, universities, and startups, with mechanisms for learning from and complementing one another, supported by conducive macro conditions. In this context, this report proposes three phased acceleration steps and policy recommendations for transforming Türkiye's industry toward high-tech exports and new technologies:
 - a. **Adopting and scaling existing technologies:** Identifying priority areas under a technology-focused smart specialization framework and establishing supportive incentive systems and regulations. This includes redesigning the Coordination Council for the Improvement of the Investment Environment (YOIKK) agenda with an industrial policy focus to enhance public-private dialogue within this technology context.
 - b. **Transferring and scaling new technologies:** Establishing a technology think tank to monitor, transfer, and scale new technologies from Turkish and European ecosystems, modeled on the Fraunhofer ecosystem in Germany.
 - c. **Sustaining high-tech exports through new technology development and innovation:** Mapping Türkiye's science and technology research capacity to identify priority focus areas for long-term research and technology development support within a technology-driven smart specialization framework.
9. **In a global and regional context reshaped by recent trends, it is time to rethink and redesign Türkiye's technology-focused industrial policy agenda with a country-specific approach.** The EU's motivation to re-enter the technology race and within the US and China dynamics, its green transformation agenda provide opportunities to reshape Türkiye-EU relations with a technology focus. Global technological trends and shifting market dynamics demonstrate that high-tech sectors cannot be considered

independently of new technologies. A focused technology integration process designed through smart technology selection can enhance productivity and competitiveness in medium-high-tech and high-tech sectors. For Türkiye to seize the opportunities of this global environment, as outlined in this report, preparation based on a technology and region focused smart specialization approach is essential. Implementing the proposed approach and accelerator tools will require further detailed follow-up studies to move this discussion from theory to practice.

Giriş ve Kavramsal Çerçeve

- 10. Son günlerde sanayi politikası gündemi, teknoloji politikaları odağıyla güçlü bir şekilde geri geldi.** COVID-19 pandemisiyle tetiklenen tedarik zincirlerindeki belirsizlikler, iklim değişikliği gündeminin regülasyonlarla somutlaşmaya devam etmesi, güvenlik sorunları ve devam eden jeopolitik gerilimler hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde teknoloji odaklı sanayi politikası araçları üzerine yeniden düşünme ihtiyacını doğurdu.
- 11. Özellikle gelişmiş ülkelerde ve Çin’de, yeni teknolojilerde liderlik ve yönlendirme gücüne sahip olma gündemi, iklim değişikliğinden jeopolitik gerilimlere kadar farklı eğilimleri doğrudan etkileyerek ülkeler arasındaki teknoloji odaklı rekabet gücü yarışını derinleştirmeye başladı.** Gözlemlenmekte olan jeoekonomik ayrışmanın/dağılmanın özünde bir teknoloji yarışı olduğu iyice belirginleşti. Küresel değer zincirlerinde yeşil dönüşüm odaklı yeniden yapılanma gereğinin kapsamı bu etki yarışı ile hem genişledi hem de derinleşti. Bunun yanında iklim değişikliği gündemi, Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi Türkiye’yi de yakından ilgilendiren düzenlemelerle somutlaştı. Avrupa Birliği’nin “Avrupa’nın yeni büyüme stratejisi” olarak konumlandığı Avrupa Yeşil Mutabakatı ve beraberinde getirdiği mekanizmalar, ticaret ilişkilerinden teknoloji yatırımlarının yönüne kadar geniş bir etki alanına sahip hale geldi. Bununla birlikte AB’nin, Çin ve ABD karşısında teknoloji rekabetini geri kazanma isteği ve buna yönelik çabaları son birkaç yılda daha da belirginleşti.¹
- 12. Yeni teknolojiler verimlilik artışları ve sürdürülebilirlik göstergelerinde iyileşmeye aynı anda imkan verebilirken, bir yandan da sektörler arası sınırları kaldırmaktadır.** Bilgisayar, elektronik, havacılık gibi yüksek teknoloji sınıfındaki sektörler artık yalnızca kendi alanlarıyla sınırlı kalmayan; malzeme bilimi, yapay zeka, enerji teknolojileri ve robotik gibi öncü yeni teknoloji alanlarından beslenen platformlar haline gelmiştir. Ülkelerin yüksek teknolojili sektörlerdeki rekabet gücünün ana unsurunu, günümüzde artık bu öncü teknoloji alanlarında rekabet gücüne sahip olabilmek oluşturmaktadır. Yüksek teknolojili bir sektörde, küresel pazarlarda rekabet gücü sahibi olmak demek; sürekli değişen talebi karşılayabilmek ve bunu yaparken de verimlilik ve maliyet etkinliği koruyabilmek demektir. Şirketlerin ve ülkelerin bunu yapabilmesinin yolu yeni teknoloji alanlarında kabiliyet, uyum ve absorpsiyon kapasitesiyle doğrudan ilişkili hale gelmiştir. İleri malzeme teknolojileri, yapay zeka, robotik gibi yeni teknoloji alanları, yüksek teknolojili sektörlerde ülkelerin küresel pazarların değişen rekabet koşullarına ayak uydurabilmesi ve değişen talebi karşılayabilmesi için ön koşuldur. Yüksek teknolojili sektörler artık tekil sektör değil, yeni teknolojilerin bütününden oluşan platformlardır.

¹ European Commission Report (2024), The future of European competitiveness: In-depth analysis and recommendations.

- 13. Giderek kompleks hale gelen teknolojilerle birlikte artık yüksek teknoloji sektörler, örneğin, elektronik sektörü yalnızca kendi içlerinde bir kategori değildir; malzeme teknolojileri, yapay zeka, robotik, enerji teknolojileri gibi teknoloji alanlarıyla entegre bir yapı içinde var olmaktadır.** Elektrikli otomobiller sadece otomotiv sektörü değil, elektronik, enerji depolama, yazılım ve malzeme teknolojilerinin kesişiminde sektörden ziyade bir platform olarak konumlanmaktadır. Elektronik cihazların performansı hafif, dayanıklı ve enerji verimli malzemeler ile artarken, nesnelerin interneti (IoT) ve yapay zeka teknolojilerinin değer zincirine entegrasyonu, üretim süreçlerinin verimliliğini artıran, cihazların yeteneklerini geliştiren ve tasarımı optimize eden alanlar olarak bütünün parçalarını oluşturmaktadır. Ülkeler arasındaki teknoloji yarışının giderek karmaşıklaşan süreçlerle daha zorlu hale gelmesini etkileyen nedenlerden biri de geleneksel sektörel stratejilerin artık yüksek teknoloji sektörler dahil herhangi bir sektör için geçerli olmamasıdır. Yeni teknolojiler, eskiden bildiğimiz tekil sektörel stratejilerin tek başına geçerli olamayacağını göstermiştir. Yüksek teknoloji sektörlerde rekabet gücüne sahip olmak için sanayi politikasının ana bileşeni yeni teknolojilerle dönüşümü gerçekleştirebilecek kabiliyet ve kapasiteyi yaratmaktır. Bu yaklaşım, sadece yüksek teknoloji sektörlerde rekabeti değil; aynı zamanda bu yatay teknoloji alanlarının çarpan etkisiyle, diğer geleneksel sektörler ve değer zincirlerinde de katma değer ve verimlilik artışını sağlama potansiyelini beraberinde getirmektedir.
- 14. Bu küresel gelişmelerin etkisiyle “yeni sanayi politikası” gündeminin güçlü geri dönüşü hem akademik literatürde hem de politika tartışmalarında teknoloji rekabetine odaklanarak iki konuyu öne çıkarmıştır:** İlki, süregelen sanayi politikasının ve uygulanan politika araçlarının etkisinin ölçülmesidir. Diğer ise, farklı ülkelerde kurumlar ve şirketler arasındaki farklılıklarla öne çıkan heterojen yapı ile bu heterojenliği dikkate alacak şekilde, mikro verilerle desteklenen makro politikaların gerekliliğidir. Bugüne kadar çoğunlukla, gelişmiş ülkelerden öğrenilen sanayi politikası araçlarını rehber alarak uygulamayı deneyen gelişmekte olan ülkeler için bu iki konu özellikle önem taşımaktadır; çünkü gelişmekte olan ülkelerin birçoğunda uygulanan teknoloji politikaları beklenen etkileri yaratmakta yetersiz kalmış gibi görünmektedir.
- 15. Benzer bir durumu, 2024 Dünya Kalkınma Raporu, “orta-gelir tuzağı” kavramını yeniden gündeme taşıyarak ortaya koymaktadır.** 2007 yılında Dünya Bankası tarafından ortaya atılan “orta-gelir tuzağı” kavramı, 2024 yılındaki son raporda yeniden canlandı. Orta-gelir tuzağındaki ülkelerde AB’ye katılım etkisiyle orta gelirden yüksek gelir düzeyine çıkan birkaç ülke ve benzer bir geçişi gerçekleştiren Asya ülkeleri (Güney Kore ve Çin’e yakınlıkları dolayısıyla/farklı dinamiklerle) dışında önemli bir değişim gerçekleşemediği izlenmektedir. Orta-gelir tuzağındaki konumu devam eden ülkeler arasında bilindiği üzere Türkiye de yer almaktadır. Bu nedenle birçok gelişmekte olan ülke için geçerli olan teknoloji odaklı yeni sanayi politikası gündemi ve ülke koşullarına özgü araç seti üzerine yeniden düşünme ihtiyacı, Türkiye için de kritik hale gelmektedir.

- 16. Son 30 yılda Türkiye ekonomisi ve sanayi yapısı önemli değişim ve gelişim göstermiştir.** Türkiye'nin ihracat sepeti çeşitlenirken benzer şekilde ticaret partnerleri ve özellikle ihracat yaptığı ülkelerin sayısı artmıştır. Benzer şekilde Türkiye sanayisinin üretim kabiliyetlerinde anlamlı bir gelişim izlenmiştir. Tüm bunlar Türkiye ekonomisinin küresel pazarlarda rekabet gücünü artırmıştır. Fakat, Türkiye'nin yaklaşık son 10 yıldır hedefleri arasında yer alan yüksek teknoloji ihracatta bu olumlu gelişmeler izlenememiştir. Son 20 yıla baktığımızda Türkiye'nin 2023 vizyonu ile ortaya koyduğu Onuncu, On Birinci ve On İkinci Kalkınma Planları'ndan İhracat ve Sanayi Strateji Belgeleri'ne kadar politika dokümanları ve eylem planlarında, ihracatta teknoloji ve katma değer vurgusuyla birlikte yüksek teknoloji ihracat hedefine yer verildiği görülmektedir. Bu politika ve strateji belgelerini takiben açıklanan uygulama programları ve teşvik mekanizmalarıyla da bu hedef desteklenmiştir. Bu stratejik adımlar ve uygulamalar, teknoloji ekosisteminde önemli birçok yeni aktörün oluşmasını tetiklemiş, teknoloji ekosisteminin önemli ölçüde gelişimini sağlamıştır. Teknoparklar, Ar-Ge Merkezleri, Teknoloji Transfer Ofisleri, Girişim Sermayesi Fonları, start-up'lar gibi Türkiye'de 30 yıl önce yer almayan aktörler ekosisteme yerleşmiş ve sayıları giderek artmıştır. Fakat tüm bunlara rağmen ana hedeflerden biri olan yüksek teknoloji ihracatta anlamlı bir değişim henüz görülememiştir.
- 17. Bugün sorgulanması gereken ana mesele; dünyada farklı örneklerde gördüğümüz teknoloji ekosisteminin yeni aktörlerinin Türkiye'deki ekosisteme de yerleşmesine ve yine farklı ülkelere benzer teşvik mekanizmalarının uygulamaya konmasına rağmen, Türkiye'de beklenen etkinin neden gerçekleşmediğidir.** Türkiye'de görülemeyen bu dönüşümü, geriye doğru baktığımızda, iki farklı dönemde gerçekleştirmeyi başarabilen ülkeler söz konusudur. Karşılaştırmalı değerlendirmelerimize çoğu zaman konu olan Güney Kore örneği bu dönüşümü 2000'lerden önce gerçekleştirenlerdendir.² Bugüne doğru geldiğimizde ise Polonya, Vietnam gibi kendilerine özgü farklı dinamiklerle bu dönüşümü gerçekleştiren ülkeler dikkat çekmektedir. Bu dönüşüm sürecinde Polonya, Slovakya, Litvanya gibi son 20 yılda yüksek gelir grubuna geçiş yapan ülkelerde AB'ye katılımın etkisi izlenirken, yüksek teknoloji ihracatın dikkat çekici şekilde arttığı Vietnam'da yabancı yatırımların tetikleyici rolü görülmektedir.
- 18. Türkiye'de yüksek teknoloji ihracat ve teknolojik dönüşüme yönelik atılan adımlara rağmen beklenen etkinin gerçekleşmemesi bir ekosistem meselesi olarak ele alınmalıdır.** Teknoloji ekosistemine aktörleri yerleştirmek yetmez, onları çalışır hale getirecek araçları ve bağlantıları devreye sokmak ve aynı zamanda hep birlikte işlevsel hale gelebilecekleri ortamı yaratmak gerekmektedir. Teknoloji ekosisteminin doğrudan kendisine ilişkin adımlar atmanın yanında teknoloji ekosisteminin etrafındaki büyük resimde etkili alanları da aynı hedefler çerçevesinde ele almak ve gereken yerleri iyileştirmek önemlidir. Makroekonomik istikrarsızlık, yüksek volatilité,

² Arslanhan, Selin & Kurtsal Yaprak. 2010. "[Güney Kore inovasyondaki başarısını nelere borçlu? Türkiye için çıkarımlar](#)" TEPAV Politika Notu.

hukukun üstünlüğünün sorgulanması gibi büyük resmin ana bileşenleri, Türkiye'deki şirketlerin Ar-Ge'ye odaklanmasını ve yabancı yatırımlar kanalıyla teknoloji transferinin gerçekleşmesini zorlaştıran faktörlerden olmuştur. Bir yandan teknolojik dönüşüme yönelik teşvik ve destekler devreye alınırken diğer yandan bunun tersine teknoloji geliştirme ve Ar-Ge sabrını bir nevi ortadan kaldıran kısa vadeli rant imkanlarının mevcudiyeti de teknoloji ekosisteminin yeterince gelişmemesinde etken olmaktadır. Türkiye'nin yüksek teknoloji ihracat, teknolojik dönüşüm ve ilerlemeye ilişkin geldiği yeri sorgularken tüm detaylarıyla sanayi ve teknoloji ekosisteminin bileşenlerini analiz etmenin yanında, sistemin bütününe de bakmak ve yatay alanlarda destekleyici somut adımları ülke koşullarına özgün şekilde atmak gerekmektedir. Daha önce değindiğimiz gibi yüksek teknoloji sektörler artık tekil sektörler değildir ve yeni teknolojilerin entegrasyonu yüksek teknoloji ihracatın gelişimi için ön koşul haline gelmiştir. Bugünün küresel teknoloji eğilimleriyle ve değişen pazar koşullarıyla birlikte değerlendirdiğimizde, yüksek teknoloji ihracatı artırma hedefini bir ekosistem yaklaşımıyla ele almak zorunluluktur.

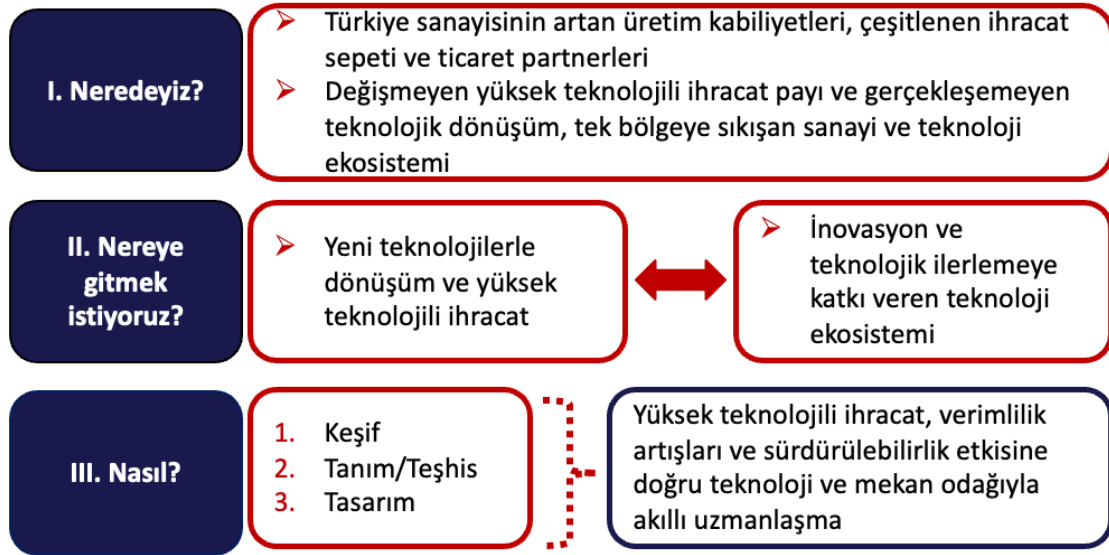
19. Teknolojik dönüşümün küresel eğilimleri şekillendiren ana faktörlerden biri haline gelmesi, Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi ticaret ve yatırımların yönünü şekillendiren mekanizmalar ve tüm bunlarla birlikte Türkiye sanayisinin yeni teknolojilerle dönüşüm ihtiyacıyla birlikte yüksek teknoloji ihracat hedefi, bu çalışmanın arka planını oluşturmuştur. Bu rapor yeni eğilimlerle şekillenen bugünün bölgesel ve küresel rekabet ortamında Türkiye sanayisini teknoloji odaklı değerlendirmeyi ve Türkiye sanayisinin rekabet gücünü artırması için öncelikli konuları ele alarak teknoloji politikası yaklaşımını tartışmayı amaçlamaktadır. Birçok ülke için olduğu gibi Türkiye için de teknoloji odağı iki ana bileşen altında toplanmaktadır. Biri, teknolojik dönüşüm yani yeni teknolojilerin yayılması ve sanayinin adaptasyonudur. Burada yüksek teknoloji ihracat hedefleri açısından yeni teknolojilerin yüksek teknoloji sektörlerin değer zincirlerine entegrasyonu önem taşımaktadır. Bu entegrasyon aynı zamanda orta-yüksek teknoloji sektörlerde de katma değer ve verimlilik artışı sağlayacaktır. Diğer bileşen ise teknolojik ilerleme ve inovasyon yetkinliğinin artırılması için yeni teknolojilerin geliştirilme sürecine katkı vermektir. İlk bileşenin sürdürülebilir kılınması için ikinci bileşende vurgulanan teknoloji ekosisteminin etkin çalışır ve çıktı üretebilir hale getirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada bu iki bileşenin farkındalığıyla kavramsal çerçeve ve yaklaşım tasarlanmış ve ilerleyen bölümler bu kapsamda şekillendirilmiştir.

20. Teknolojik gelişme ve inovasyon, ekonomik kalkınmanın en önemli sürükleyici güçleri olarak kabul edilmişken, yani teknolojik dönüşümün önemi yeterince tartışılmışken, bugün Türkiye için kritik olan "Nasıl?" sorusunun cevabını verebilmektir. Burada yukarıda bahsedilen yeni sanayi politikası gündemindeki "ölçme" ve "özgün araç tasarlama" başlıkları, Türkiye için de öne çıkan konular olmalıdır. Bu çerçevede, Şekil 1'de belirtilen kavramsal çerçevede izleneceği üzere, Türkiye sanayisinin değişim sürecini ve bugün nereye geldiğini ortaya koyduktan sonra, öncelikle teknoloji odağıyla mevcut durumu etkileyen faktörler ve öne çıkan problem alanları analiz edilecektir. Bunu takiben, "Nasıl?" sorusunun cevabını

somutlaştırmaya doğru, yaklaşım ve araç seti tasarımına yönelik öneriler tartışılacaktır.

- 21. İlerleyen bölümlerde öncelikle bugünün küresel ve bölgesel eğilimleri anlamlandırılmaya çalışılarak, Türkiye sanayisinin yıllar içerisindeki değişimi ve mevcut durumu söz konusu eğilimler ışığında karşılaştırmalı olarak değerlendirilecektir.** Devamında, sanayi ve teknoloji ekosistemindeki eğilimler analiz edilerek öne çıkan faktörler ve ihtiyaç alanlarına odaklanılacaktır. Son olarak, bugünün bölgesel ve küresel ortamında, Türkiye’de sanayinin yeni teknolojilerle dönüşümünü, yüksek teknoloji ihracatı ve aynı zamanda inovasyonu tetikleyebilecek öncelikli adımlar ve fırsat alanları tartışmaya açılacaktır. Sektörel dönüşüm için gereken sanayi ve teknoloji politikası çerçevesinin ancak bu tür bir tartışma süreci ile tasarlanabileceği düşünülmektedir.

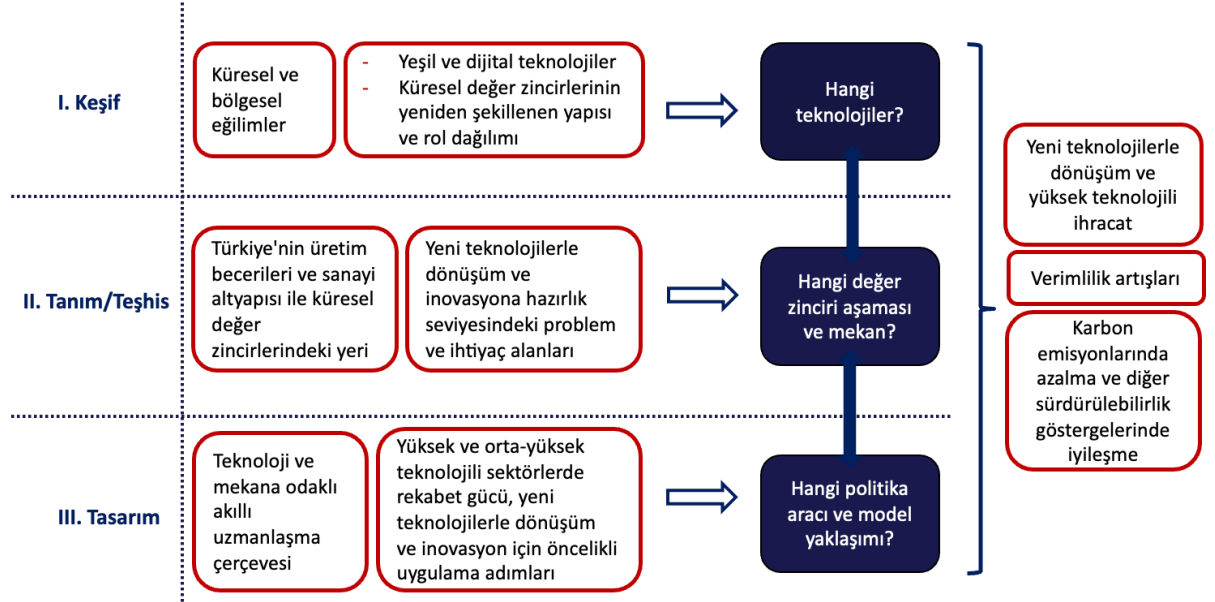
Şekil 1 Kavramsal çerçeve



- 22. Bu kavramsal çerçeveden hareketle yaklaşımımız Şekil 2’de izleneceği üzere üç ana bölümden oluşmakta ve rapor bu bölümlerle şekillenmektedir.** Yaklaşım ve yöntemin detaylarına ilgili bölümlerde yer verilmektedir.

- I. Keşif:** Türkiye’nin içinde bulunduğu küresel ve bölgesel ortamın güncel dinamiklerini, yeni teknolojilerle dönüşüm ve inovasyon odağıyla tanımlamak ve anlamlandırmak
- II. Tanım/Teşhis:** Türkiye sanayisinin yapısını ve ilgili teknoloji ekosistemini tanımlamak, yüksek teknoloji ihracatı, yeni teknolojilerle dönüşüm ve inovasyon için ilgili faktörleri değerlendirmek, ihtiyaç alanlarını ortaya koymak
- III. Tasarım:** Bugünkü bölgesel ve küresel ortamda, Türkiye’de yeni teknolojilerle dönüşümü, yüksek teknoloji ihracatı ve inovasyonu tetikleyebilecek yaklaşım ve hızlandırıcı araçların tasarımına yönelik öneriler sunmak

Şekil 2 Yaklaşım ve yöntem akışı

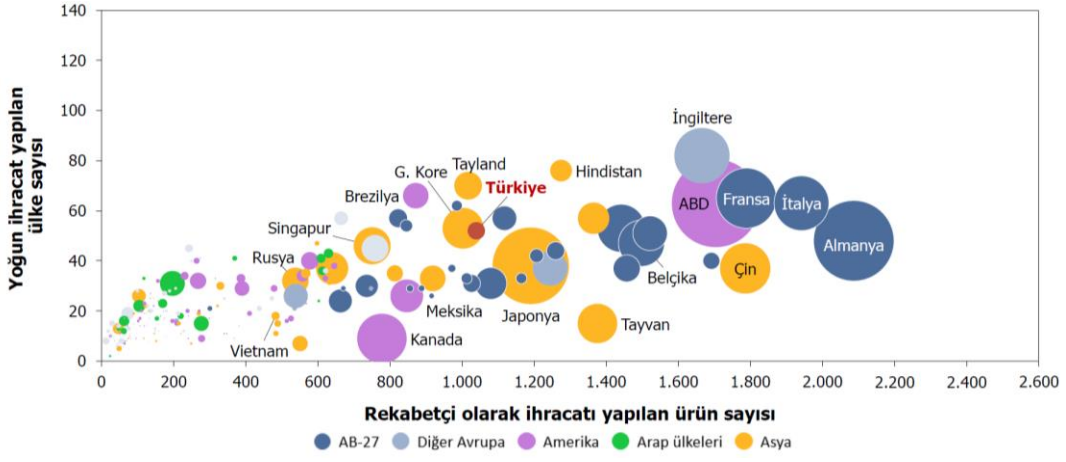


I. Keşif

- 23. Özellikle 2008 finansal krizi sonrasında hızla yükselen küreselleşme trendi beraberinde yeni eğilimleri ve risk faktörlerini getirdi.** COVID-19 pandemisi ise, bu ortamda, beklenmeyen bir küresel kriz faktörünün, belirsizlikleri ve riskleri nasıl artırabileceğini gösterdi. Böylece hem uluslararası kurumlar ve hükümetler hem de şirketler için, küresel eğilimlerin farkında olarak belirsizlikleri yönetmek en kritik gündem başlıklarından biri haline geldi. Tedarik zincirlerinde kontrolü sağlama, değer zincirlerindeki değişimin farkına vararak yeni teknolojileri yönlendirme yarışı, bir yandan da jeoekonomik yarılmayı tetiklemeye devam etmektedir. Yeni teknolojilerin yayılma hızı, teknolojik uçurum ve gelir eşitsizliklerini artırırken, üretim ve tüketim biçimlerini de yeniden şekillendirmektedir. Raporun ilk kısmında çizilen kavramsal çerçeveden hareketle Türkiye’de teknolojik dönüşümü ve inovasyonu tetikleyebilecek öncelikli adımlar ve fırsat alanlarını tartışmaya doğru giderken, bu bölümde, ilgili küresel ve bölgesel eğilimler anlamlandırılmaya çalışılacaktır.
- 24. Son 30 yıldır küresel gündemin değişmeyen başlıklarından biri demografik değişimdir.** Özellikle düşük-orta ve düşük gelir gruplarındaki ülkelerde artmaya devam eden nüfus ile gelir eşitsizlikleri, demografik değişimin iki ana eğiliminden birini oluşturmakta ve bölgeler arasında teknoloji uçurumu büyürken jeoekonomik yarılmayı tetiklemeye devam etmektedir. Demografik değişimin diğer ana eğilimi ise, yüksek gelir grubundaki ülkelerde, özellikle Avrupa’da, yaşanan nüfusun hızla artışıdır. Bu eğilim, iş gücü piyasalarından, emeklilik ve sağlık sistemlerine ve uzun vadeli bakım finansmanına kadar birçok konuyu gündeme getirmektedir.
- 25. Demografik değişim ve yeni teknolojilerin etkisiyle iş gücü piyasalarında ortaya çıkan değişim ihtiyaçları, küresel ortamda artan belirsizlikler ve jeopolitik gerilimler, değer zincirlerinin dünya genelinde yeniden şekillenmesine yol açmaktadır.** COVID-19 sonrasında öne çıkan tedarik zincirlerindeki olası belirsizlikleri yönetme ihtiyacı ve yeni teknolojilerde liderlik yarışı hızlanırken, ülkeler yerli sanayi üretimlerinin dayanıklılığını artırmaya odaklanmaktadır. Bu durumda uluslararası şirketler konumlarını ve yatırım planlarını değiştirmeye devam edecek gibi görünmektedir. Bununla ilişkili olarak özellikle son birkaç yılda değer zincirlerinin yeniden şekillenmesine etki eden ana faktörlerden biri olarak iklim değişikliği gündemi öne çıkmaktadır.
- 26. Paris İklim Anlaşması’nı takiben iklim değişikliğini yeşil ekonomiye geçiş kapsamında somutlaştıran, geniş etki alanına sahip bir adım AB’den gelmiştir.** Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Sınırdaki Karbon Düzenlemesi Mekanizması (SKDM) ile başlayan adımlar, yeni bir düzenleyici ortam oluşturmuştur. Bu durum, şirketlerin operasyonlarını ve küresel ticaret dinamiklerini doğrudan etkileyerek, geleneksel değer zincirlerinin rekabet ve maliyet açısından yeni bir döneme girmesine neden olmaya devam etmektedir. Bu düzenlemeler ve ilgili mekanizmalar, ticaretin ve yatırımların yeniden şekillenmesine neden olarak küresel pazarlarda ülkelerin

konumlarını etkileyecektir. Öncelikle küresel pazarlarda rekabetçiliğin bugün nasıl görüldüğüne bakılabilir. Şekil 3, küresel pazarlarda ülkelerin rekabetçiliğini 1995 yılı itibariyle değerlendirmemize imkan sağlamaktadır. Grafiğin yatay ekseninde her bir ülkenin rekabetçi biçimde üretebildiği ürün sayısı, dikey ekseninde ise her ülkenin rekabetçi biçimde ihracat yapabildiği ülke sayısı yer almaktadır. 1995 yılında dünyanın temel tedarikçisinin Batılı gelişmiş ülkeler olduğu görünmekte ve burada özellikle AB ülkeleri öne çıkmaktadır.

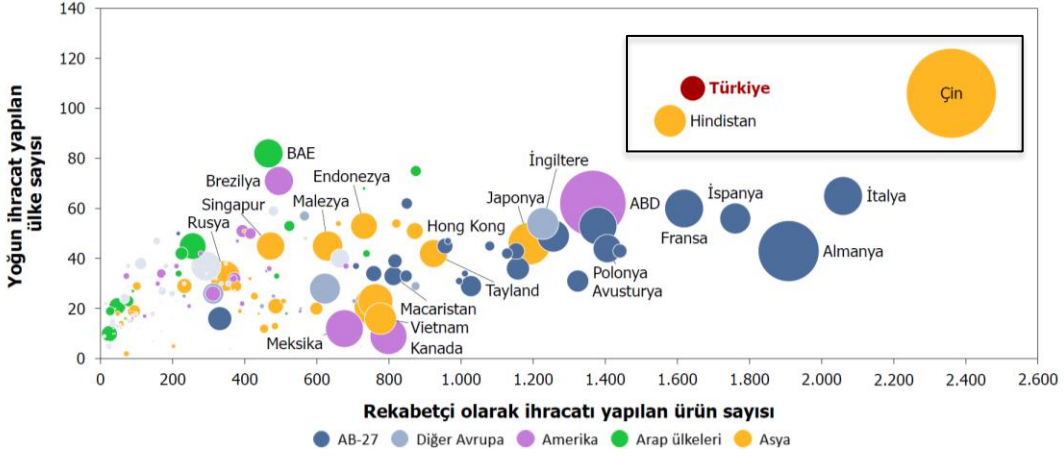
Şekil 3 Küresel pazarlarda rekabetçiliğin görünümü, 1995



Kaynak: CEPİİ BACI, TEPAV Hesaplamaları. Daire alanları ülkenin ihracat hacimlerini temsil etmektedir.

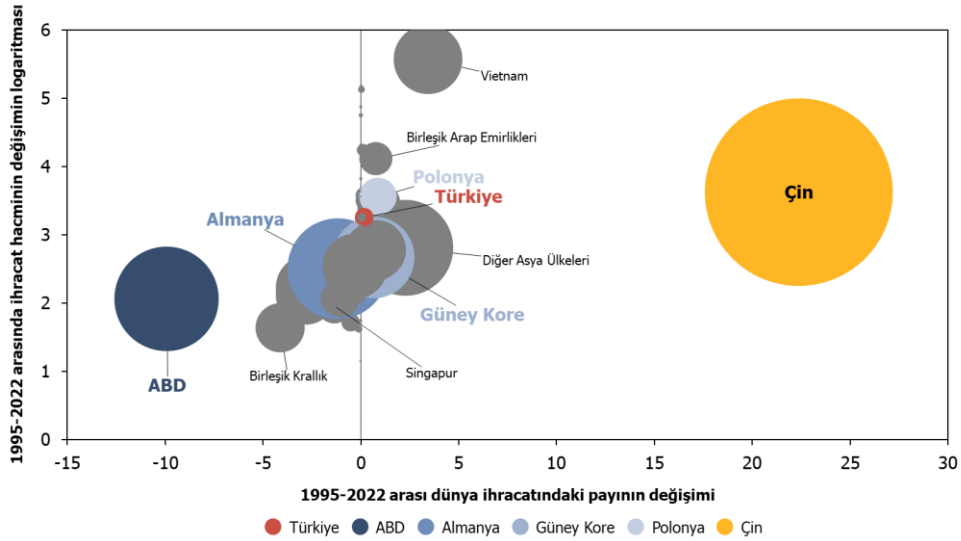
27. 2023 yılında küresel pazarlarda ülkelerin rekabetçiliğini gösteren Şekil 4 ise bize ülkelerin konumlarının nasıl değiştiğini karşılaştırmalı değerlendirme imkanı vermektedir. 1995'ten 2023'e dünyanın ana tedarikçileri farklılaşmıştır. Çin dünyanın ana tedarikçisi haline gelirken, Türkiye sanayisinin 21. yüzyılda ulaştığı rekabet gücü de dikkat çekmektedir. Bunun yanında tedarik zincirlerinde önemi artan ülkeler arasında Vietnam, Mısır ve AB'ye üyelikleri bu süreçte tamamlanan Polonya, Çekya gibi ülkeleri de ilk bakışta tespit edebilmek mümkündür. Bir diğer dikkat çeken konu, 30 yıl önce dünyanın ana tedarikçisi olan ülkelerde örneğin Almanya, İngiltere ve ABD'de ürün çeşitliliğindeki düşüştür. Onlara benzer şekilde Güney Kore'de de ürün çeşitliliğinin azaldığı izlenmektedir. Türkiye'nin ürün çeşitliliği dikkat çekici şekilde artarken, Güney Kore'nin de yaptığı gibi bu ülkeler çeşitliliği artırmak yerine uzmanlaşmaya doğru gitmiştir.

Şekil 4 Küresel pazarlarda rekabetçiliğin görünümü, 2023



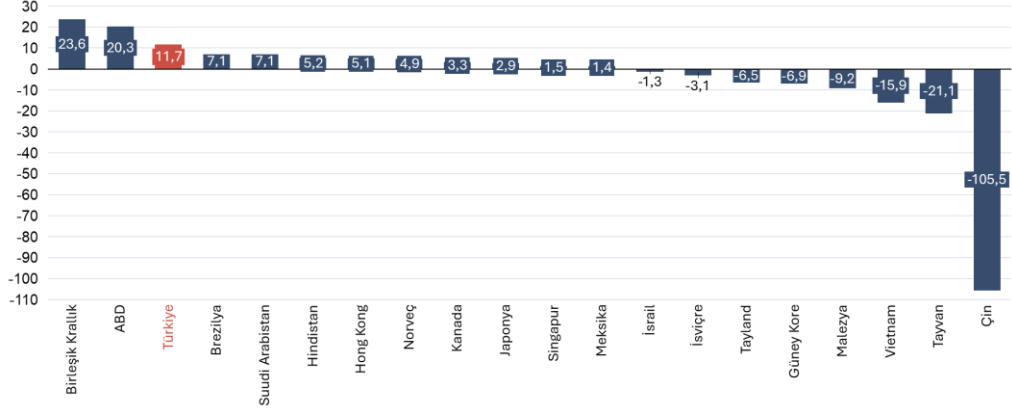
28. Yüksek teknoloji sektörler özelinde küresel rekabetçiliğin görünümüne bakıldığında ise, Çin yeniden bu kez dünyanın yüksek teknoloji tedarikçisi olarak dikkat çekmektedir (Şekil 5). Gerek yüksek teknoloji ihracatının büyüklüğü gerekse dünyadaki toplam yüksek teknoloji pazarından aldığı payın artışıyla Çin kritik bir öneme sahiptir. Bir diğer göze çarpan ülke, artan yüksek teknoloji ihracat değeriyle Vietnam'dır. Vietnam kadar olmasa da Polonya özellikle son yıllarda yüksek teknoloji ihracat payındaki artış ile dikkat çeken ülkeler arasındadır. ABD'nin ise yüksek teknoloji pazarından aldığı pay düşmeye devam etmektedir.

Şekil 5 Yüksek teknoloji sektörlerde küresel rekabetçiliğin görünümü, 1995 - 2022



- 29. Raporun giriş bölümünde de bahsedildiği gibi yeni teknolojilerdeki gelişmeler, yüksek teknolojlili sektörlerin de yapısını değiştirmiştir.** Bilgisayar, elektronik ve havacılık gibi yüksek teknoloji sınıfında yer alan sektörler, günümüzde artık, malzeme bilimi, yapay zeka, enerji teknolojileri ve robotik gibi öncü teknoloji alanlarıyla iç içe geçmiş üretim süreçlerinin bütününden oluşan platformlardır. Hatta küresel şirketler kendilerini artık elektronik şirketi, otomotiv şirketi gibi değil mobilite teknolojileri platformu gibi söylemlerle tanımlamaktadır. Örneğin, elektronik sektöründe küresel pazarlarda rekabet edebilmek artık sadece ileri mühendislik uygulamaları ve üretimi ile mümkün değildir. Değişen talebi karşılayacak şekilde giderek yeni malzemelerle ve yazılımlarla geliştirilmiş, daha hafif, dayanıklı hale getirilmiş elektronik cihazlar yüksek teknolojlili ihracatta rekabeti getirmektedir. Yani, yüksek teknoloji sektörlerindeki küresel rekabet, artık yalnızca tekel sektörel becerilere değil, bu yeni ve öncü teknoloji alanlarında yetkinlik kazanmaya dayalıdır. Bir şirketin, bir ülkenin sürekli değişen küresel pazarlarda rekabetçi kalabilmesi; değişen talebi karşılayabilme esnekliği ve bunu maliyet etkinliği ile birleştirebilme kapasitesine bağlıdır. Bu noktada, yeni teknoloji alanlarına uyum sağlayabilmek, yenilikleri özümseyebilmek ve bunları etkili bir şekilde kullanabilmek kritik bir öneme sahiptir.
- 30. 1995'ten 2022'ye doğru izlenen küresel pazarlarda ülkelerin farklılaşan konumlarının hem yeni teknolojiler hem de iklim değişikliği gibi temel eğilimlerin etkisiyle yeniden şekillenen küresel değer zincirlerinde nasıl değişeceğini sorgulamak gerekmektedir.** Avrupa, küresel ithalatın yüzde 30'unu gerçekleştirmektedir ve küresel değer zincirlerinin ayrılmaz bir parçasıdır. Dolayısıyla, AB'nin yalnızca kendi karbonsuzlaşma sürecine odaklanması, küresel değer zincirlerindeki ilişkileri göz ardı etmesi anlamına gelir ki, bu hem mümkün hem de sürdürülebilir değildir. SKDM'nin 2023'te tanımlanıp 2026'da devreye girecek olmasının nedeni de bu durumdan kaynaklanmaktadır. İklim değişikliği tek bir ülkede alınan tedbirlerle çözümlenmesi mümkün olmayan, çözüm için küresel işbirliği gerektiren ulus ötesi bir tehdittir. Küresel değer zincirlerinin örgütlenme biçimi meselenin tek bir ülkede ya da bölgede alınan tedbirlerle izale edilebilmesinin önündeki temel engeldir.
- 31. Avrupa Birliği, Avrupa Yeşil Mutabakatı'nı sadece iklim değişikliğiyle mücadele dokümanı değil, aynı zamanda yeni büyüme stratejisi olarak ortaya koymuştur.** Bu durum ve beraberinde gelen mekanizmalar, Avrupa'nın ticaret partnerleriyle ilişkilerinden teknoloji yatırımlarının yönüne kadar farklı etki alanlarına sahiptir. Şekil 6, AB'nin yüksek teknolojlili ürünlerde ticaret dengesinin ülkelere dağılımını göstermektedir. AB'nin yüksek teknolojlili ürünlerin ticaretinde Çin'den kaynaklı ticaret açığı dikkat çekicidir. AB'nin yüksek teknolojlili ithalatının yüzde 32'si Çin'den, yüzde 27'si ABD'den gelmektedir. Ek olarak dikkat çeken bir ülke de yüzde 4'lük pay ile Vietnam'dır. Türkiye'nin payı ise yüzde 0,4'tür. Liste Malezya, Güney Kore gibi ülkelere doğru uzasa da AB'nin yüksek teknolojlili ithalatı yüzde 60'lık bir pay ile Çin ve ABD'ye bağımlıdır. Avrupa Yeşil Mutabakatı'nı takiben Avrupa Komisyonu tarafından ortaya konan strateji belgelerinde, AB'nin ithalata bağımlı olduğu kritik ürünlerin yeni sanayi ve teknoloji politikaları çerçevesinde öne çıkan başlıklar olduğu izlenmektedir. AB'nin yüksek teknolojlili ihracatında ise en yüksek payı yüzde 28 ile ABD almaktadır.

Şekil 6 AB'nin yüksek teknolojlili ürünlerde ticaret dengesi, AB dışı ilk 20 partner ülke, milyon euro, 2023



Kaynak: Eurostat (Comext database DS-018995), TEPAV Görselleştirmeleri

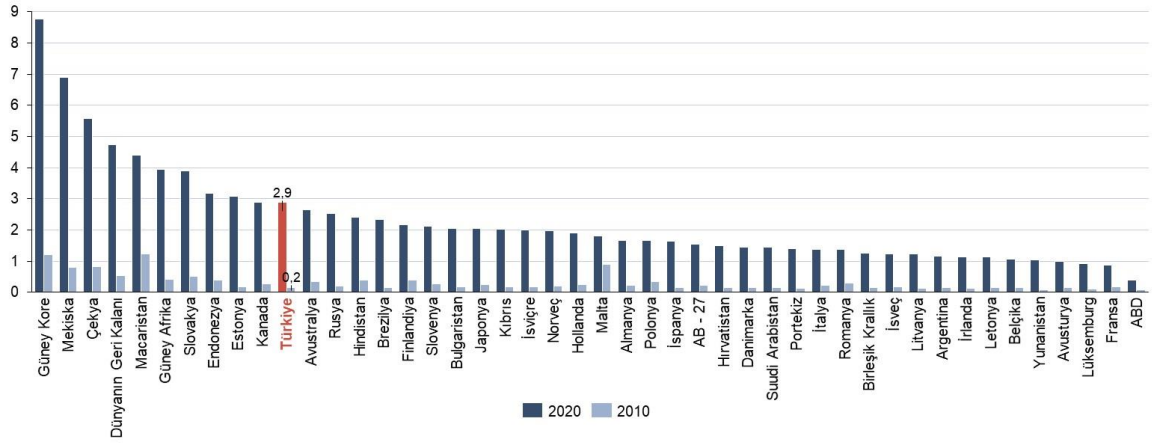
32. Avrupa Yeşil Mutabakatı yanı sıra onunla ilişkili olarak ortaya konan AB Net Sıfır Sanayi Yasası ve yeni açıklanacak olan Temiz Sanayi Mutabakatı (Clean Industry Deal), bu çerçevede değerlendirilmesi kritik olan düzenlemelerdir. AB'nin 2050'ye kadar net sıfır karbon emisyon hedefine yönelik ortaya konan düzenlemelerden biri olan AB Net Sıfır Sanayi Yasası, AB'nin temiz enerji teknolojilerinin üretim kapasitesini artırmayı ve enerji güvenliğini artırmanın yanı sıra yeşil teknolojilerde bağımsızlığını sağlamayı amaçlamaktadır. Yasanın temel hedeflerinden biri, 2030 yılına kadar AB'nin yıllık net sıfır teknoloji ihtiyaçlarının en az yüzde 40'ünün AB içinden karşılanmasını sağlamaktır. Benzer şekilde Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın devam düzenlemesi olarak ortaya çıkacak Temiz Sanayi Mutabakatı, Avrupa'daki sanayiye daha temiz süreçlere yönlendirecek kapsamlı bir sanayi stratejisi olarak konumlandırılmaktadır. Aynı zamanda bu çerçevede yeşil işleri tetiklemesi ve yatırımları artırması beklenmektedir.

33. Avrupa'nın yeni teknoloji ve sanayi stratejilerinin önemli bir parçasını, yüksek bağımlılığa sahip olduğu Çin gibi ülkeler karşısında rekabet gücünü korumak ve yeni teknolojilerde yeniden rekabet üstünlüğü kazanmak oluşturmaktadır. Çin'in yeni teknolojilerdeki yükselişi ve COVID-19 pandemisi sırasında yaşanan tedarik sıkıntılarıyla artan belirsizlikler, son yıllarda ülkelerin yabancı teknoloji kaynaklarına olan bağımlılıklarını yeniden değerlendirmelerine yol açmıştır. Yukarıda AB için bahsettiğimiz ticaret ilişkilerinden yola çıkarak bağımlılıkları değerlendirmenin yanında ithal edilen Ar-Ge girdilerine olan bağımlılık değerlendirmesi önemlidir. Avrupa Komisyonu çalışmaları kapsamında yapılan hesaplama, ülkelerin yabancı Ar-Ge'ye bağımlılık seviyesini, girdi-çıktı tabloları ve Ar-Ge yatırım verilerinden hareketle sağlamaktadır.³ Yabancı Ar-Ge'ye bağımlılık seviyesi en düşük ülkeler, ABD ve

³ Dachs, Bernhard; Wolfmayr, Anna; Stehrer, Robert: Europe's Technology Sovereignty and the Role of Knowledge Diffusion in Global Value Chains, European Commission, Joint Research Centre, Seville, Spain, 2023, JRC134932

Japonya'dır. Onları AB ülkeleri izlemektedir. Çin de son yıllarda değişen bir oranla bugün artık ithal edilen Ar-Ge'ye bağımlılığın düşük olduğu ülkeler arasında yer almaktadır. Bununla birlikte Çin kaynaklı Ar-Ge'ye olan bağımlılık farklı ülkelerde artmıştır. AB'nin özellikle analiz ettiği konulardan biri olarak, Şekil 7'de farklı ülkelerde Çin kaynaklı Ar-Ge'nin ülkelerin toplam son ürün üretimlerindeki payı 2010 ve 2020 yılları için verilmektedir. Tüm ülkelerde Çin Ar-Ge'sine bağımlılık seviyelerinde 10 yıl içindeki artış dikkat çekmektedir. En yüksek olan ülkeler olarak Güney Kore ve Meksika'nın yanında Macaristan, Çek Cumhuriyeti, Türkiye gibi ülkeler de göze çarpmaktadır. ABD ise, Çin Ar-Ge'sini en düşük oranda kullanan ülkedir.

Şekil 7 Çin kaynaklı Ar-Ge'nin ülkelerin toplam son ürün üretimlerindeki payı, 2010 ve 2020



Kaynak: European Commission, Joint Research Centre, 2023

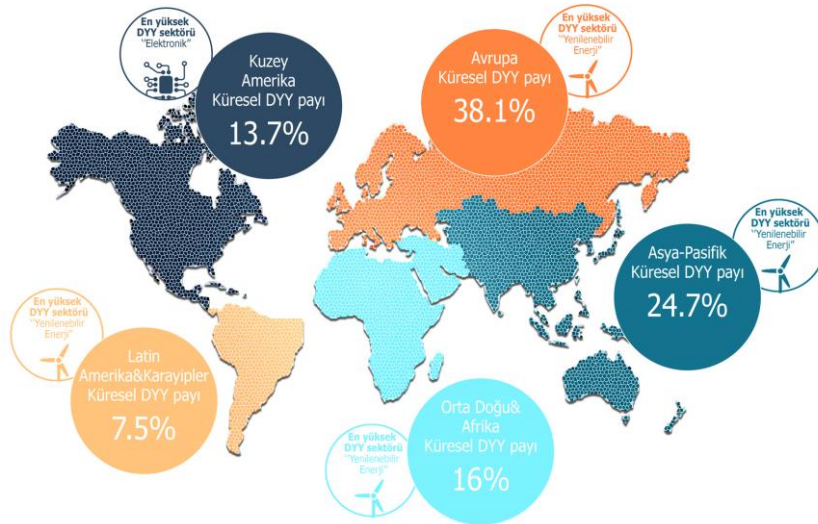
34. AB, Çin'e artan bağımlılığın sadece yüksek teknoloji ihracatında değil aynı zamanda Ar-Ge kaynakları açısından da endişe duymaktadır. Fakat hala AB'de, yabancı Ar-Ge kaynakları açısından ABD ve Japonya öne çıkmaktadır ve hala bu iki ülkenin Ar-Ge'sine bağımlılık seviyesi Çin'den yüksektir.¹ Kaynak ülkeden bağımsız olarak AB'nin yabancı Ar-Ge'ye bağımlılığının giderek artması, AB'deki Ar-Ge yatırımlarının özellikle Çin ve ABD'ye kıyasla daha yavaş ilerlemesiyle ilişkilidir. Bu nedenle AB'de yerel Ar-Ge kapasitelerinin geliştirilmesi ve Ar-Ge yatırımlarının artması konusu son yıllarda AB politika dokümanları ve strateji belgelerinin ana odağı haline gelmiştir. Elbette yüksek teknoloji üretim ve ihracata yönelik dönüşüm, yalnızca kendi yerel kaynaklarına değil, küresel bilgi akışını etkili bir şekilde kullanmakla ilişkilidir. Bu bağlamda, Paul Krugman'ın⁴ uluslararası ticaretin özüne dair vurguladığı gibi, ticaretin temel amacı ithalat yoluyla bir ülkenin ihtiyaçlarını karşılayabilmesidir. Bu yaklaşımdan hareketle, yüksek teknoloji ürünlerin değer zincirlerinde dönüşümü teşvik etmek için, dış kaynaklı Ar-Ge'yi ve başarılı start-up'ların yenilikçi teknolojilerini ithal ederek doğru yerlere entegre etmek önemlidir. İthal edilen bu teknolojiler, bir yandan ilgili ülkede ekosistemin yeteneklerini

⁴ Krugman, P. (1996). Pop Internationalism. MIT Press.

artırırken, diğer yandan küresel piyasalarda rekabet avantajı sağlayacak platformları inşa etme sürecini hızlandırabilir. İthal edilen teknolojilerin ve Ar-Ge'nin, ilgili değer zincirlerine doğru bir şekilde entegre edilmesi, teknolojik dönüşüm için tetikleyici olabilir fakat buradaki önemli bir noktayı da Mariana Mazzucato⁵ hatırlatmaktadır: Hangi değer zincirine hangi modelle entegre edeceğini bilen bir hedefli politika seti ve aynı zamanda bunu yönetebilecek kamu kurumlarında kabiliyet seti kritiktir. Bunun yanında özel sektörün ve şirketlerin de yeni teknolojileri absorpsiyon kapasitesi bir diğer üzerinde durulması gereken meseledir.

35. Buradan hareketle öncelikle Ar-Ge'de rekabet gücü ve teknoloji transferinin önemli kanallarından birini oluşturan yabancı yatırımlardaki eğilimlere bakarak devam edilebilir. fDiMarkets verilerine göre, dünyada 2023 yılında şirketlerin toplam 1,3 trilyon dolar değerinde doğrudan yabancı yatırım (DYY) projesi söz konusudur. Bölgesel dağılıma bakarsak, Batı Avrupa'nın 2023 yılında 4700'den fazla DYY projesi ile en çok proje çeken bölge olduğu ve bu rakamın bir önceki yıla göre yüzde 16 artığını görülmektedir (Şekil 8). Ülkeler özelinde bakarsak yatırım çeken ülkeler arasında ABD yine öne çıkarken, onu önemli bir sıçramayla Hindistan izlemektedir. ABD aynı zamanda 2023'te DYY sermayesinin en büyük kaynağı olmaya devam etmiştir. ABD'yi ise Çin izlemektedir. 10 yıl önce DYY yatırımları Çin'e giderken, bugün Çin yatırım yapan ülke olarak öne çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji sektörü, yine en yüksek yatırım yapılan sektör olurken, "Elektronik bileşenler" sektörü ikinci sırada yer almıştır (Şekil 8).

Şekil 8 Doğrudan Yabancı Yatırım (DYY) Projelerinin Bölgesel ve Sektörel Dağılımı, (%), 2023



⁵ Mazzucato, M. (2013) The Entrepreneurial State: Debunking Public vs Private Sector Myths. Anthem Press, London.

Mazzucato, M. (2021) Mission Economy: a Moonshot Guide to Changing Capitalism, London, Allen Lane.



Kaynak: fDimarkets verileri 2024, TEPAV görselleştirmeleri

36. Yabancı yatırımlarda son dört yılda ilk sırada “Yenilenebilir Enerji” yatırımlarının yer alması ve bunun içerisinde Ar-Ge projelerinin önemli bir pay oluşturması, bize yeniden, yeşil dönüşümün yeşil teknolojilerin yayılımını gerektirdiğini hatırlatmaktadır. Yeşil büyüme hedefleri, sadece içe dönük bir ekonomik dönüşüm değil, aynı zamanda bölgesel değer zincirlerinin yönetimi ve işbirlikçi bir yeşil sanayi politikası benimsenmesini gerektirmektedir. AB’nin de tek başına karbonsuzlaşması mümkün olmadığı için değer zincirlerini kendi ticaret partnerleriyle, odaklı işbirliği mekanizmaları oluşturarak dönüştürmesi halinde karbonsuzlaşma hedefine ulaşmak ve yeşil ekonomi büyüklüğünü artırarak yeşil dönüşümü gerçekleştirmek mümkün olabilecektir. Değer zincirleri yeniden şekillenirken, bölgeler ve ülkeler arasındaki bağlantılar, yeşil teknolojilerin yayılımını hızlandırarak, laboratuvarlardan pazara, yani yeşil ekonomik değere doğru bir hareketi desteklemek durumundadır. Yeşil teknolojiler ve dijital teknolojilerle dönüşümü birlikte ele alan ikiz dönüşüm odaklı Sanayi 5.0 gündemi, hem rekabet gücünü dikkate alan ekonomik hem de iklim değişikliği gündemini dikkate alan çevresel sürdürülebilirlik çerçevesinde şekillenmektedir. Regülasyonların iklim değişikliği gündemi ile uyumu, giderek azalan “kirlenme limitleri” ya da “karbon emisyonu limitleri” ile teknoloji rekabetini tetiklemektedir.

37. Yaklaşık 15 yıl önce, Almanya, yeni teknoloji ve sanayi stratejisinin çerçevesini çizen Sanayi 4.0 programını başlatmıştı. Amaç sanayide dijitalleşme ve otomasyonu hızlandırmaktı. Bu çıkış noktasını takiben birçok farklı ülke, Sanayi 4.0 çerçevesinde dijital teknolojilerle ilişkilendirdikleri sanayi politikası belgelerini ve programlarını açıkladı. Şirketler değer zincirlerinin dijitalleşmesine uyum sağlamak için, kendi dönüşüm stratejilerini Sanayi 4.0 çerçevesinde tasarlayıp uygulamaya başladılar. Gelişmiş ülkelere göre gelişmekte olan ülkelere doğru 10 yıl içerisinde dijital teknolojiler ve sanayide otomasyon gündemi yayıldı. Dijital teknolojilerin değer zincirinin farklı aşamalarına girmesi ve üretim süreçlerinin dijital teknolojilerle yeniden şekillenmesi, şirketlerin de ülkelerin de gündemlerine yerleşmesini Sanayi 5.0 takip etmiştir. 2021

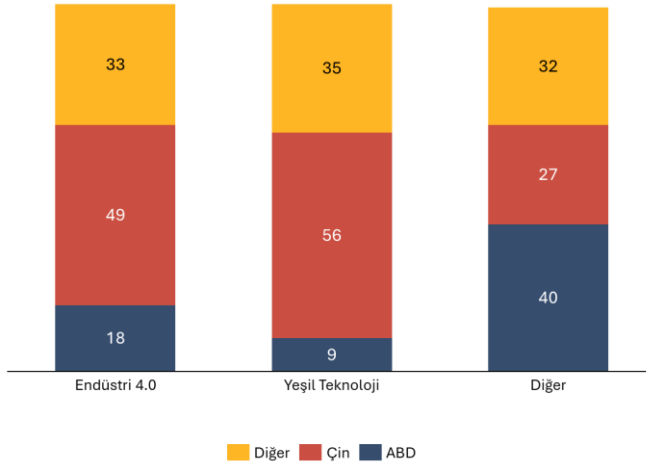
yılında AB, Sanayi 5.0 stratejisini duyurdu. Sanayi 5.0, insan merkezli ve sürdürülebilir sanayiye geçiş için yeşil ve dijital teknolojilerle dönüşüm olarak tanımlanmaktadır.

38. Sanayi 5.0 ile öne çıkan yeşil ve dijital teknolojiler altı başlıkta toplanmaktadır: Veri depolama ve analiz teknolojileri, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji teknolojileri dijital ikiz ve simülasyon teknolojileri, biyoteknoloji, yapay zeka teknolojileri ve malzeme teknolojileri. Ar-Ge süreçlerinin multidisipliner yaklaşım gerektirerek karmaşıklaşması ve bununla birlikte işbirliklerinin kritik önemi Sanayi 5.0 ile yeniden öne çıkmaktadır. Sanayi 5.0'da yaşam bilimleri ile bilgisayar bilimlerinin birlikteliği vurgulanırken, benzer şekilde yeşil teknolojilerin gelişmesi ve yayılmasında dijitalleşme kritik bir rol oynamaktadır. UNCTAD⁶ ise, Sanayi 5.0 kapsamını altı teknoloji alanından alt kırınımlara bölerek 17 teknoloji alt alanında öncü teknolojilere işaret etmektedir. Öncü teknolojiler arasında yine iki üst başlık dikkat çekmektedir: Sanayi 4.0 teknolojileri yani dijital teknolojiler ve yeşil teknolojiler. Bugünü ve yarını şekillendirmesi nedeniyle öncü teknoloji olarak adlandırılan bu 17 teknoloji alanının, 2020'de toplam piyasa değeri 1,5 trilyon ABD doları iken, 2030 yılında 9,5 trilyon ABD dolarına ulaşması beklenmektedir. Bu değer yaklaşık yarısını, diğer teknoloji alanlarının da yayılımını etkileyen ve neredeyse her sektörde kullanılan nesnelerin interneti (IoT) oluşturmaktadır.

39. Bu öncü teknoloji alanlarında ülkelerin konumlarını değerlendirmek üzere Şekil 9'daki patent dağılımları incelenebilir. Şekilde, öncü teknolojilerin ana başlıkları olan Sanayi 4.0 teknolojileri, yeşil teknolojiler ve diğer (gen teknolojileri gibi) öncü teknoloji alanlarında son 20 yıldaki patentlerin dağılımı yer almaktadır. Dijital teknolojilerin yoğun olarak yer aldığı Sanayi 4.0 teknolojilerinde ve yeşil teknolojilerde patentlerin yarısının yine Çin kaynaklı olduğu görülmektedir. Bu, yukarıda bahsettiğimiz Çin kaynaklı Ar-Ge'nin farklı ülkelerde artan yerini destekleyen ve hatta bu eğilimin devam edebileceğine işaret eden başka bir göstergedir. Yeni teknolojileri yönlendirme konusunda artan ülkeler arası rekabet jeoekonomik ayrışmayı tetiklerken, hangi ülkelerin ve hangi aktörlerin ön plana çıktığını anlamlandırmak önemlidir. Bu değerlendirmeye konu olan göstergelerden biri patentlerin dağılımı olduğundan, bu kez, teknoloji ayırımına gitmeksizin dünyadaki toplam patent sayısının dağılımında son 25 yıldaki eğilim Şekil 10'da görülebilir. Son 10 yılda Çin tüm ülkeleri geride bırakarak dünyadaki toplam patentlerin yarısından fazlasının kaynak ülkesi haline geldiği görülmektedir.

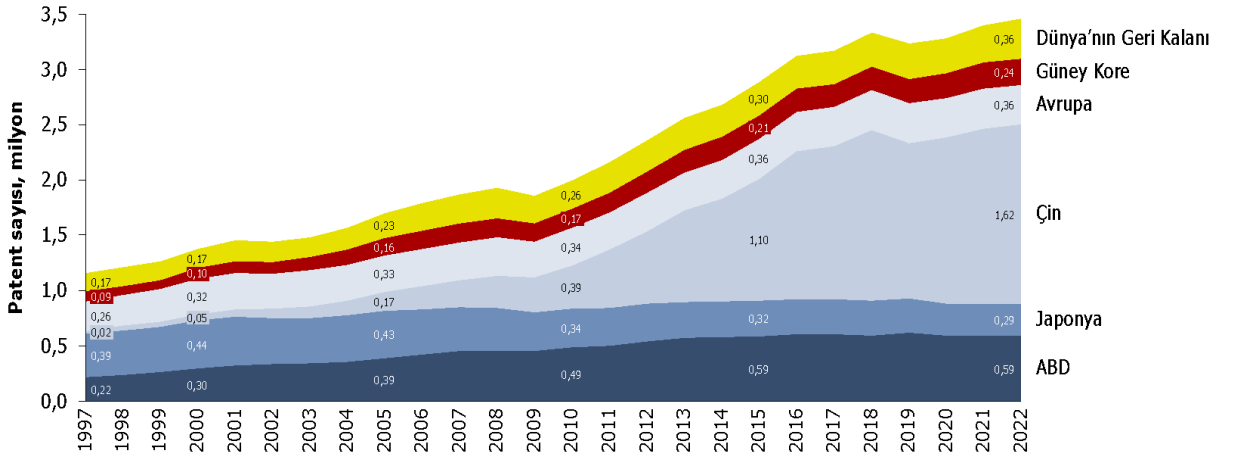
⁶ UNCTAD Technology and Innovation Report 2023

Şekil 9 Öncü teknolojilerde 2000-2021 döneminde alınan patentlerin ülkelere dağılımı, %



Kaynak: UNCTAD, PatSeer, TEPAV Görselleştirmeleri

Şekil 10 Patentlerin bölgelere dağılımı, 1997-2022

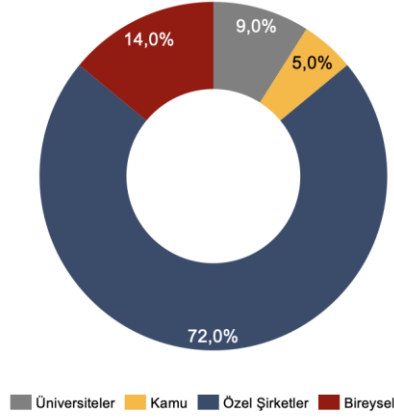


Kaynak: World Intellectual Property Organization, <https://www3.wipo.int/ipstats/key-search/indicator>, TEPAV Hesaplamaları

40. Öncü teknolojilerin dijital teknolojiler bileşeninde son 30 yıldır büyüyen bir patent havuzu izlenirken, özellikle son yıllarda iklim değişikliği gündeminin yoğunlaşması ve önce Paris İklim Anlaşması sonra da Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi düzenlemelerin somutlaşmasıyla birlikte artan yeşil dönüşüm ihtiyaçları, yeşil teknolojilere yönelik çalışmaları tetiklemiştir. Bu da yeşil teknoloji patentlerinin sayısının hızla artışıyla sonuçlanmıştır. 2001'den bugüne yıllık yeşil teknoloji patentlerinin sayısı 30 katına çıkmıştır. Burada hem diğer teknoloji alanlarına hem de önceki yıllara göre farklılaşan dikkat çekici konu yeşil teknoloji patentlerinin sahipleridir. Şekil 11'de görüldüğü üzere, 2000-2022 döneminde alınan yeşil teknoloji patentlerinin yüzde 72'sinin sahibi şirketlerdir ve sanayi şirketleri öne çıkmaktadır. Bu veri, değer zincirlerinde yeşil

dönüşüm ihtiyaçlarının nasıl somutlaştığı ve yeşil teknoloji patentlerinin geleneksel üretim yapılarına etki alanının genişliği üzerine önemli bir gösterge sunmaktadır.

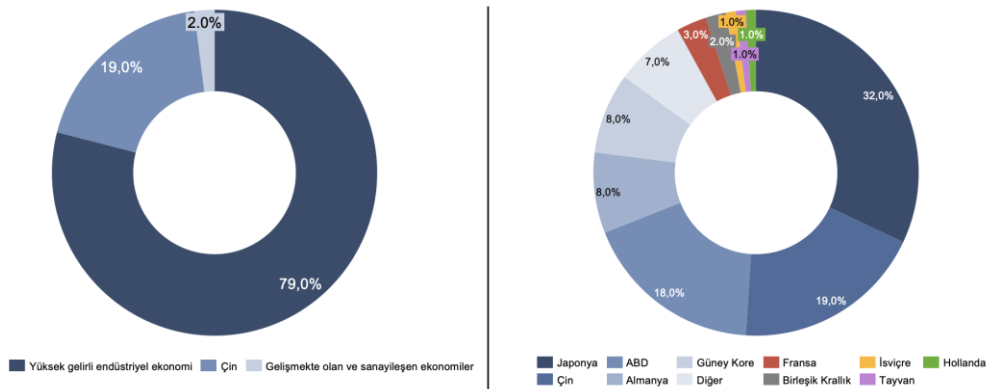
Şekil 11 Yeşil teknoloji patentlerinin patent sahibine göre dağılımı (2000-2022, %)



Kaynak: UNIDO, Industrial Analytics Platform, [Bureau Van Dijk \(BvD\)](#), [ORBIS Intellectual Property dataset](#), TEPAV Görselleştirmeleri

41. Küresel pazarlarda değişen talebin karşılanması, iklim değişikliğiyle ilgili hedeflere ulaşılabilmesi ve değer zincirlerinin yeşil dönüşümü için yeşil teknolojilerin yayılması kritiktir. Buradan hareketle yeşil teknoloji patentlerinin sahipleri ve ülkeleri, gerek jeoekonomik ayrışmayı düşündüğümüzde gerekse ticaret ilişkilerini değerlendirdiğimizde büyük önem arz etmektedir. Şekil 12, sanayi şirketlerinin sahip olduğu yeşil teknoloji patentlerinin yüzde 79'unun yüksek gelir grubundaki ülkelerde ve yüzde 19'unun Çin'de olduğunu göstermektedir. Öne çıkan ülkelere baktığımızda ise; Japonya'yı Çin, ABD, Almanya ve Güney Kore izlemektedir.

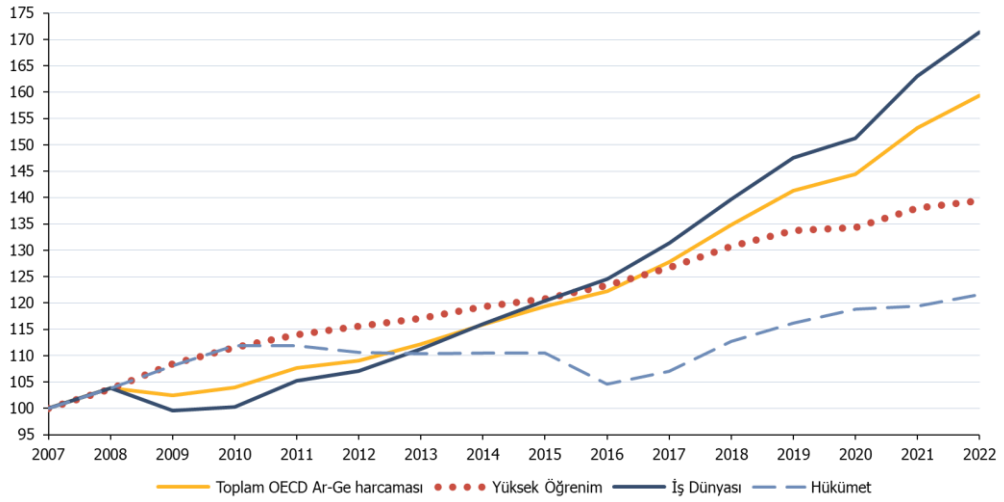
Şekil 12 Sanayi şirketlerinin sahip olduğu yeşil teknoloji patentlerinin ülkelere göre dağılımı, 2022



Kaynak: UNIDO, Issue No. 6, 2023 ORBIS-IP verisiyle yazar hesaplamaları ve TEPAV görselleştirmeleri

42. Yeni teknolojilerin geliştirilmesinde ve aynı zamanda değer zincirlerinde yayılmasında, şirketlerin Ar-Ge yoğunluğu kritik öneme sahiptir. Yukarıda yer alan yeşil teknolojilerdeki patent verisinde görülen eğilim, dünyadaki toplam Ar-Ge harcamalarında özel sektörün payı söz konusu olduğunda da izlenmektedir. Şekil 13'te OECD ülkelerinde Ar-Ge harcamalarının kurumlara göre eğilimi verilmektedir. Şekilde de izlendiği üzere son 10 yılda dünyada Ar-Ge büyümesine iş dünyası öncülük etmektedir. 2022'de toplam Ar-Ge harcamalarında özel sektörün payı OECD ülkelerinde yüzde 74 olurken, bu oranın AB-27 ortalaması yüzde 66'dır.

Şekil 13 OECD Ülkelerinde Ar-Ge harcamaları eğilimi (2007 = 100, milyon ABD doları), 2007-2022



Kaynak: OECD MSTI Database verileri, 2024

43. Dünyadaki toplam özel sektör Ar-Ge harcamasının yüzde 85'i 2000 şirket tarafından yapılmaktadır. 2000 şirketin toplam Ar-Ge harcamasının yüzde 42'sini, 681 ABD şirketi, yüzde 17'sini 524 Çin şirketi ve yüzde 18'ini 323 AB şirketi gerçekleştirmektedir (Şekil 14). AB'nin payı son 10 yılda yüzde 24'ten yüzde 18'e düşerken, Çin yüzde 5'ten yüzde 17'ye ulaşmıştır. ABD'den Alphabet, Meta gibi yazılım şirketleriyle Johnson & Johnson, Merck gibi ilaç şirketleri ilk sıralarda yer almaktadır. Çin şirketlerinden ise Huawei, Tencent ve Alibaba en fazla Ar-Ge harcaması yapanlar arasında dikkat çekmektedir. AB şirketlerinden ilk sıralarda Almanya otomotiv şirketleri Volkswagen, Mercedes-Benz ve BMW öne çıkmaktadır. Listedeki ilk 10 şirket arasında bu ülkeler dışında Güney Kore'den Samsung ve İsviçre'den Roche vardır. İlk 10 şirket 2023'teki toplam Ar-Ge harcamasının neredeyse yüzde 20'sini oluşturmaktadır. Diğer bir ilgi çeken konu, listede yer alan 2000 şirketin tamamının büyük şirketlerden oluşmuyor olmasıdır. 250 ve altında çalışan sayısına sahip 111 şirketin yüksek Ar-Ge harcamalarıyla listede yer aldığı görülmektedir. Bunlar daha çok biyoteknoloji ve ilaç sektöründe yer alan şirketlerdir. Orta-gelir grubundan listeye girebilen sayılı

ülkelerden biri Türkiye'dir. Son 10 yılda Türkiye'den 2000 şirket arasına girenlerin sayısı altıya ulaşmışken, 2023 yılında listede Aselsan yer almaktadır. Bu çerçevede Türkiye, Aselsan ile, küresel toplam Ar-Ge harcamasının yaklaşık binde 2'sini oluşturmaktadır.

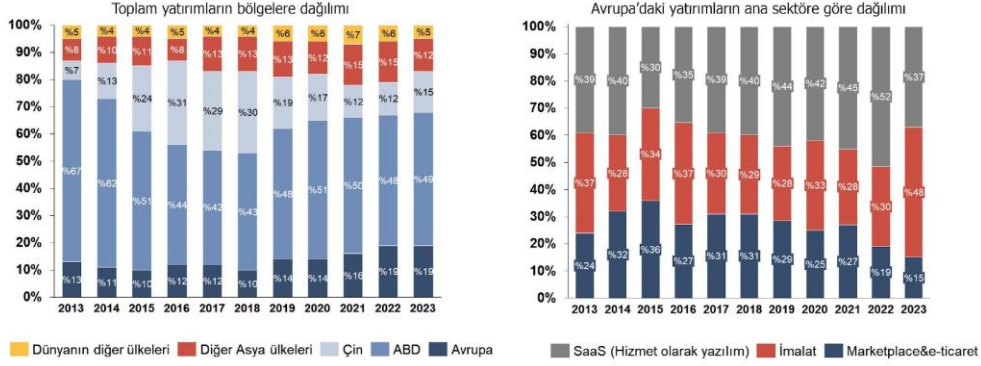
Şekil 14 Dünyada en fazla Ar-Ge harcaması yapan ilk 2000 şirketin ülkelere dağılımı, 2023

	Şirket Sayısı	Ar-Ge Harcaması (EUR milyar)		Şirket Sayısı	Ar-Ge Harcaması (EUR milyar)
ABD	681	532	Hindistan	15	5.5
Çin	524	216	İspanya	11	5.6
Japonya	185	105	Avusturya	11	1.9
Almanya	106	119	Belçika	9	3.2
İngiltere	63	35	Singapur	8	2.7
Tayvan	55	25	Avustralya	7	4.2
Fransa	50	34	Brezilya	4	1.7
Güney Kore	40	43	Lüksemburg	3	1.9
İsviçre	39	36	Yeni Zelanda	3	0.4
Hollanda	33	30	Norveç	2	0.8
Kanada	24	8	Portekiz	1	0.2
İrlanda	24	10.4	Macaristan	1	0.2
Danimarka	23	9.8	Slovenya	1	0.2
İsrail	19	3.7	Türkiye	1	0.1
İtalya	17	5.4	Malta	1	0.1

Kaynak: EU Industrial R&D Scoreboard 2024 Verileri

44. Şirketlerin Ar-Ge harcamalarıyla öne çıkan ABD, girişim sermayesi yatırımlarında da benzer bir konumu sürdürmektedir. Şekil 15'te soldaki grafik girişim sermayesi yatırımlarının bölgelere dağılımını göstermektedir. ABD yerini korusa da burada dikkat çeken son üç yılda Avrupa'nın payının Çin'in önüne geçmesidir. AB'nin 2022 ve 2023 yıllarında yayımladığı ve izlediği inovasyon stratejisi ve ilişkili olarak uygulamaya koyduğu programlar ve finansman kaynaklarını incelediğimizde; ana hedefin ve odağın bilimsel araştırmaların pazara eriştirilmesi olduğu görülmektedir. Özellikle yeşil teknolojiler ve yapay zeka teknolojilerine odaklanan derin teknoloji alanlarında bu odağın öne çıktığını ve hem strateji hem de hala açıklanmaya devam eden finansman kaynakları ve uygulama projelerine yansıdığını izlemek mümkündür. AB'nin bilimsel yenilikleri ve teknolojileri pazara erişirmeye yönelik bu güncel çabalarının yansımaları henüz çok yeni görülmeye başlansa da Şekil 15'te dağılım bunu destekler niteliktedir. Burada Avrupa ve Türkiye özelinde daha kritik olan, Avrupa'nın girişim sermayesi yatırımlarında, 2023 yılında, dikkat çekici şekilde sanayiye yönelik start-up yatırımlarının öne çıkmasıdır (Şekil 15 sağdaki grafik). Sanayi şirketlerinin özellikle yeşil teknolojilerde patent sahipliğinde öne çıktığı değerlendirilmiştir; bununla birlikte burada görülen dağılım, sanayide teknolojik dönüşümün bölgesel eğilimlerde ne kadar kritik olacağına tekrar işaret etmektedir.

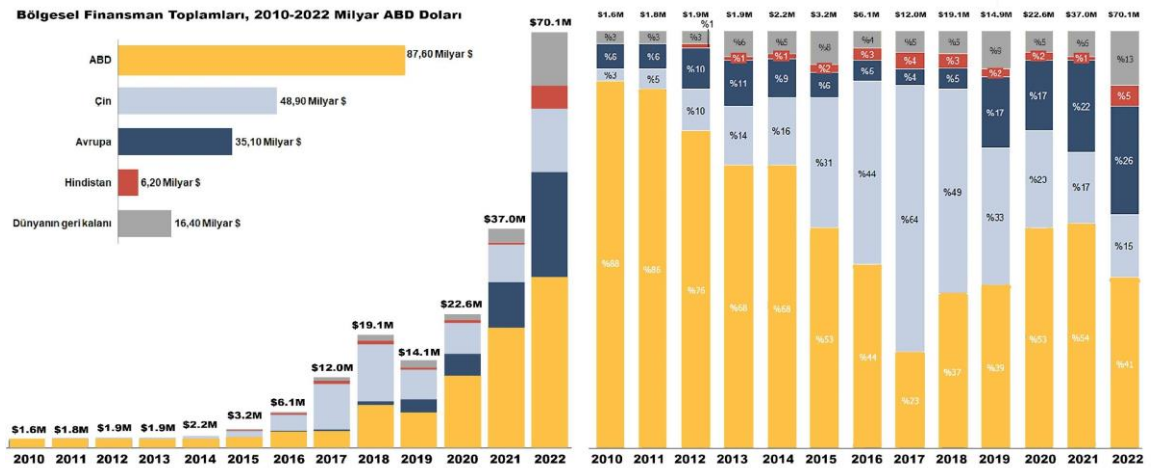
Şekil 15 Girişim sermayesi yatırımlarının bölgelere dağılımı ve Avrupa girişim sermayesi yatırımlarının sektörel dağılımı, 2013-2023



Kaynak: dealroom.co, TEPAV görselleştirmeleri

45. Teknoloji alanlarına göre yeşil teknoloji yatırımlarına baktığımızda yukarıda bahsettiğimiz eğilimleri destekleyen başka bir gösterge olarak Avrupa'daki yeşil teknolojilere yapılan girişim sermayesi yatırımlarındaki eğilim öne çıkmaktadır. Şekil 16'da yeşil teknoloji yatırımlarının 2010'dan 2022'ye doğru bölgelere dağılımı verilmektedir. Öncelikle yeşil teknolojilere yapılan yatırımlardaki artış dikkat çekicidir. Bunun yanında 2010'da yeşil teknoloji yatırımlarının yüzde 88'i ABD'li girişim sermayesi fonları tarafından yapılırken, 2022'ye geldiğimizde ABD'nin payı yüzde 41'e düşmüştür. Avrupa'nın payındaki değişim ise dikkat çekicidir. 2021 ve 2022 yıllarında Avrupa'nın yeşil teknoloji yatırımları, Çin'in önüne geçmiştir.

Şekil 16 Yeşil teknolojilere yapılan girişim sermayesi yatırımlarının bölgelere göre dağılımı, 2010-2022



Kaynak: HolonIQ verileri, TEPAV görselleştirmeleri

- 46. Yeni teknolojiler aynı zamanda mekânsal planlamada yeni yaklaşımları beraberinde getirmektedir.** Bunlardan en eskisi teknoloji odağıyla kümelenmedir ve son 20 yılda farklı ülkelerde örneklerine sıkça rastlanmaktadır. Başarılı teknoloji kümelerini diğerlerinden ayıran temel özellik, belli bir teknoloji alanına odaklanmakla birlikte o teknolojiyle ilişkili değer zincirini keşif ve araştırma altyapısından, test ve pilot üretime ve ilgili hizmet sektörü bileşenlerine kadar kapsamıdır. Birbirini tamamlayıcı farklı aktörlerin kümede bir arada yer alması öğrenme mekanizmalarını aktif hale getirdiği gibi işbirlikleriyle birlikte inovasyon ekosistemini işlevselleştirmektedir. ABD'deki Silikon Vadisi örneğini takiben özellikle Asya'daki bu tür teknoloji kümelenmeleri, ülkelerin inovasyon kapasitelerini geliştirme ve küresel pazarlarda rekabet avantajlarını artırma konusunda kritik bir rol oynayarak öne çıkmıştır.
- 47. Mevcut şehirlerin parçası olarak kurulan teknoloji kümelerinin ötesinde daha güncel bir mekan yaklaşımı ise mevcut şehirlerin dışında kurulmaya başlanan yeni teknoloji kentleridir.** Mevcut kentlerin yerleşik düzenleri, günümüz teknolojilerini karşılamakta ve işlevsel bir ekosistem oluşturmada yetersiz kaldığından yeni kentlerin inşaatı son zamanlarda giderek yükselen bir mekânsal planlama trendine dönüşmüştür. Buna örneklerden biri Güney Kore'de Seul yakınlarında geliştirilen Songdo, sürdürülebilirlik ve akıllı şehir teknolojileri odağıyla yeni bir kent örneği olarak öne çıkmaktadır. Bu yeni kent, teknoloji geliştirme ve uygulama için bir test merkezi olarak düşünülmüş ve bir inovasyon laboratuvarı gibi tasarlanmıştır. Yeni kentlerin inşa edilmesinin başka bir nedeni de mevcut şehirlerin altyapısının ve mekânsal planlamasının yeni teknolojilerin gereksinimlerini karşılamada yetersiz kalabilmesidir ve bu gerekçelerle yeni teknoloji kentlerinin farklı bölgelerde yaygınlaşması beklenmektedir.
- 48. Yeni teknoloji kentlerinin mekan seçimi söz konusu olduğunda da mevcut şehirlerde mekânsal planı teknoloji ekosistemleriyle ilişkili olarak değerlendirirken de önümüze mekansal akıllı uzmanlaşma yaklaşımı çıkmaktadır.** Hangi teknolojinin hangi bölgede/şehirde gelişmesinin daha anlamlı olduğuna cevap verme amacı taşıyan bu yaklaşım hem teknoloji hem de mekan seçimini ilişkilendirerek kapsamaktadır. Avrupa Birliği, 2010 yılından itibaren, ekonomik kalkınmayı yerel düzeyde de teşvik etmek ve teknolojik gelişimi hızlandırmak amacıyla mekâna dayalı akıllı uzmanlaşma stratejilerini bölgesel politikalarının merkezine yerleştirmiştir. Mekana dayalı akıllı uzmanlaşma, her bölgenin kendi özgün potansiyellerine uygun olarak belirli sektörlerde uzmanlaşmasını ve bu uzmanlıkları kullanarak rekabet avantajı elde etmesini hedeflemektedir. Bu strateji, yerel kalkınma dinamiklerini desteklemek, bölgesel farklılıkları azaltmak ve yenilikçi kapasiteyi artırmak için güçlü bir araç olarak değerlendirilmektedir. Akıllı uzmanlaşmanın mekânsal etkileri, bölgenin mevcut potansiyeline en uygun sektörlerde uzmanlaşma sağlanarak rekabet avantajı elde edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu kapsamda, Hollanda'daki Brainport Eindhoven bölgesi, yüksek teknoloji sistemleri ve yazılım alanında uzmanlaşarak Avrupa'nın en yenilikçi bölgelerinden biri haline gelmiştir. Mekana dayalı akıllı uzmanlaşma, yeni teknolojiler eşliğinde yeniden şekillendirilerek, güncel küresel ve bölgesel eğilimlere cevap verirken kullanılabilecek yaklaşımlardan birisidir.

- 49. Demografik değişimden, güvenlik sorunlarına ve pandemiye kadar dünyanın son birkaç yılda içinden geçtiği derin sosyal ve ekonomik krizler, iklim değişikliğiyle mücadele sürecini daha da zorlaştırırsa da yeni teknolojiler dönüşümü mümkün kılmaktadır.** Dijital ve yeşil teknolojilerdeki ilerlemeler ve birbirini besleyerek yayılma hızlarının artışı, sürdürülebilirlik göstergelerinde iyileşme ile ekonomik büyümeyi birlikte sağlama imkanı sunmaktadır. Fakat bu aynı zamanda ülkeler arasındaki teknoloji rekabetini artırmaya devam etmekte ve büyüyen teknoloji uçurumu jeoekonomik ayrışmayı da tetiklemektedir. Ülkeler arasındaki rekabetin teknolojiye dayalı hale gelmesi ve yeni teknolojilerin verimlilik etkileri dikkate alındığında, yeni teknolojilere erişimin demokratikleştirilmesi hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler açısından giderek önem kazanmaktadır.
- 50. Bu durum teknoloji transferi ve teknolojilerin yayılım mekanizmalarını bölgesel işbirlikleri ile hayata geçirmeyi gerektirmektedir.** Yeni teknolojilerin yayılımını hızlandırarak laboratuvardan pazara, yani yeşil ekonomik değere doğru işbirliği ve tamamlayıcı bir çerçeveye ihtiyaç vardır. Avrupa'nın teknoloji odaklı büyüme hedefleri ile birlikte Avrupa Yeşil Mutabakatı, AB Net Sıfır Yasası ve AB Temiz Sanayi Mutabakatı Türkiye sanayisi için önemli bir fırsat alanı yaratmaktadır. Fakat burada aynı zamanda öncü teknoloji alanlarında gelişmiş ülkelerin seviyelerini yakalamak için Türkiye gibi ülkelerde imitasyonun ötesinde yaratıcı bir uyum ve inovasyon sürecine ihtiyaç vardır. Bu bölümün son tablosu olarak Şekil 17'de yer alan endeks, ülkelerin öncü teknolojileri kullanma, benimseme ve uyum sağlamaya hazırlık seviyelerini göstermektedir. İlk 10'da ABD, Singapur, Güney Kore'nin yanında, Almanya, Hollanda, İsveç gibi Avrupa ülkeleri ve son olarak Hong Kong yer almaktadır. Türkiye ise, 166 ülke arasında 53.sıradadır. Takip eden Tanım/Teşhis bölümünde, burada kaldığımız yerden yeni teknolojilerle dönüşüm, yüksek teknoloji ihracat ve inovasyona hazırlık seviyesindeki problem ve ihtiyaç alanları, Türkiye'nin üretim becerileri ve sanayi altyapısıyla birlikte değerlendirilecektir.

Şekil 17 Öncü teknolojilere hazırlık seviyesi endeksi, 2022

Genel Sıralama	Ülkeler	Toplam Skor	2022 Sıralaması	2021 Sıralaması
1	ABD	1.00	1.00	1.00
2	İsveç	0.99	2.00	4.00
3	Singapur	0.96	3.00	5.00
4	İsviçre	0.94	4.00	2.00
5	Hollanda	0.94	5.00	6.00
6	Güney Kore	0.94	6.00	7.00
7	Almanya	0.92	7.00	9.00
8	Finlandiya	0.92	8.00	17.00
9	Çin	0.91	9.00	15.00
10	Belçika	0.91	10.00	11.00
11	Kanada	0.90	11.00	14.00
12	Avustralya	0.90	12.00	12.00
13	Norveç	0.90	13.00	19.00
14	İrlanda	0.90	14.00	8.00
15	Fransa	0.89	15.00	13.00
16	Danimarka	0.89	16.00	10.00
17	Birleşik Krallık	0.89	17.00	3.00
18	Lüksemburg	0.88	18.00	16.00
19	Japonya	0.88	19.00	18.00
20	İsrail	0.88	20.00	20.00
27	Polonya	0.77	27.00	28.00
32	Malezya	0.76	32.00	31.00
40	Brezilya	0.71	40.00	41.00
43	Bulgaristan	0.67	43.00	51.00
53	Türkiye	0.62	53.00	55.00
62	Vietnam	0.58	62.00	66.00
70	Fas	0.55	70.00	76.00
85	Endonezya	0.49	85.00	82.00

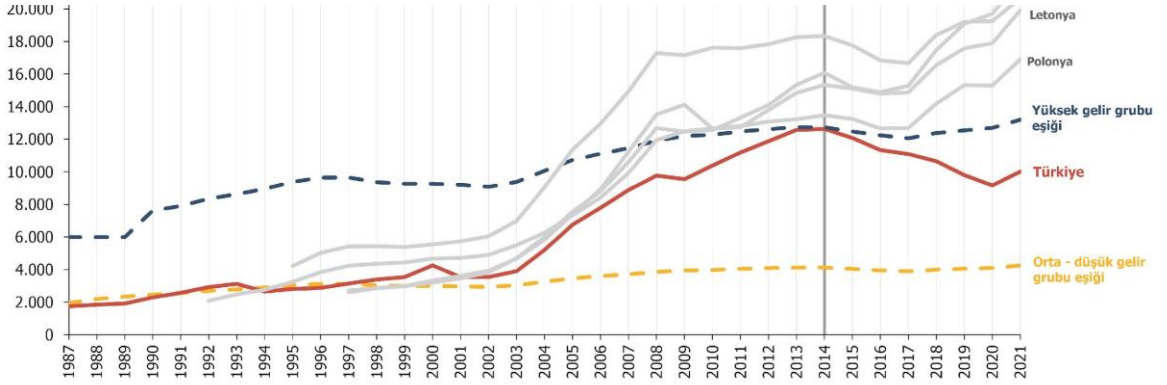
Kaynak: UNCTAD Verileri 2023, TEPAV Görselleştirmeleri

II. Tanım/Teşhis

- 51. Güncel küresel ve bölgesel eğilimlerle yeniden şekillenen ortamda, Türkiye sanayisinin son 30 yılda geçirdiği değişimi ve bugün geldiği yeri analiz etmek, yeni teknolojilerle dönüşümü, yüksek teknoloji ihracatı ve inovasyonu tetikleyebilecek mekanizmaları Türkiye sanayisinin koşullarına özgün şekilde tartışabilmek için son derece önemlidir.** Önceki bölümde ortaya koyduğumuz eğilimler ve öne çıkan alanlar ışığında, bu bölümde öncelikle Türkiye sanayisinin yıllar içerisindeki değişimi ve mevcut durumu değerlendirilecektir. Bununla birlikte, bu raporda yüksek teknoloji ihracata doğru birbiriyle ilişkili iki ana hedef alanı olarak tarif ettiğimiz yeni teknolojilerle dönüşüm ve inovasyon söz konusu olduğunda öne çıkan problemler ve ihtiyaç alanlarına odaklanılacaktır.
- 52. 2000'lere kadar orta-düşük gelir grubu ülkelerinden biri olan Türkiye, kişi başına düşen gelirden önemli bir ivmelenmeyle önce orta-yüksek gelir grubuna geçiş yapmış, sonra da 2014 yılında yüksek gelir grubu eşiğine çok yaklaşmıştır.** Fakat, Şekil 18'de de görüldüğü üzere, yüksek gelir grubuna geçiş gerçekleşmemiş ve 2014 sonrasında kişi başına düşen gelir seviyesindeki gerilemeyle Türkiye orta-yüksek gelir grubundaki yerini sabitlemiştir. 2007 yılında Dünya Bankası tarafından ortaya konan "orta-gelir tuzağı" kavramı, 2024 yılındaki son Dünya Kalkınma Raporu'nda yeniden canlanmıştır⁷. Orta-gelir tuzağında olduğuna işaret edilen ve yıllar içerisinde bu konumu değişmeyen ülkelerden biri Türkiye olmuştur. 2014 yılına kadar yakaladığı büyüme ivmesinde; artan ve çeşitlenen ihracat hacmi, küresel değer zincirlerine eklenmesi ve yabancı yatırımların artışı önemli bir etki yaratmıştır. Yani Türkiye o dönemde yalnızca büyümekle kalmamış, aynı zamanda küresel değer zincirlerinin önemli bir parçası haline gelmiştir.

⁷ World Bank. 2024. World Development Report 2024: Middle Income Trap. Washington, DC: World Bank.

Şekil 18 Türkiye ve diğer bazı ülkelerin GSMH değerleri, milyon ABD doları, 1987 - 2021

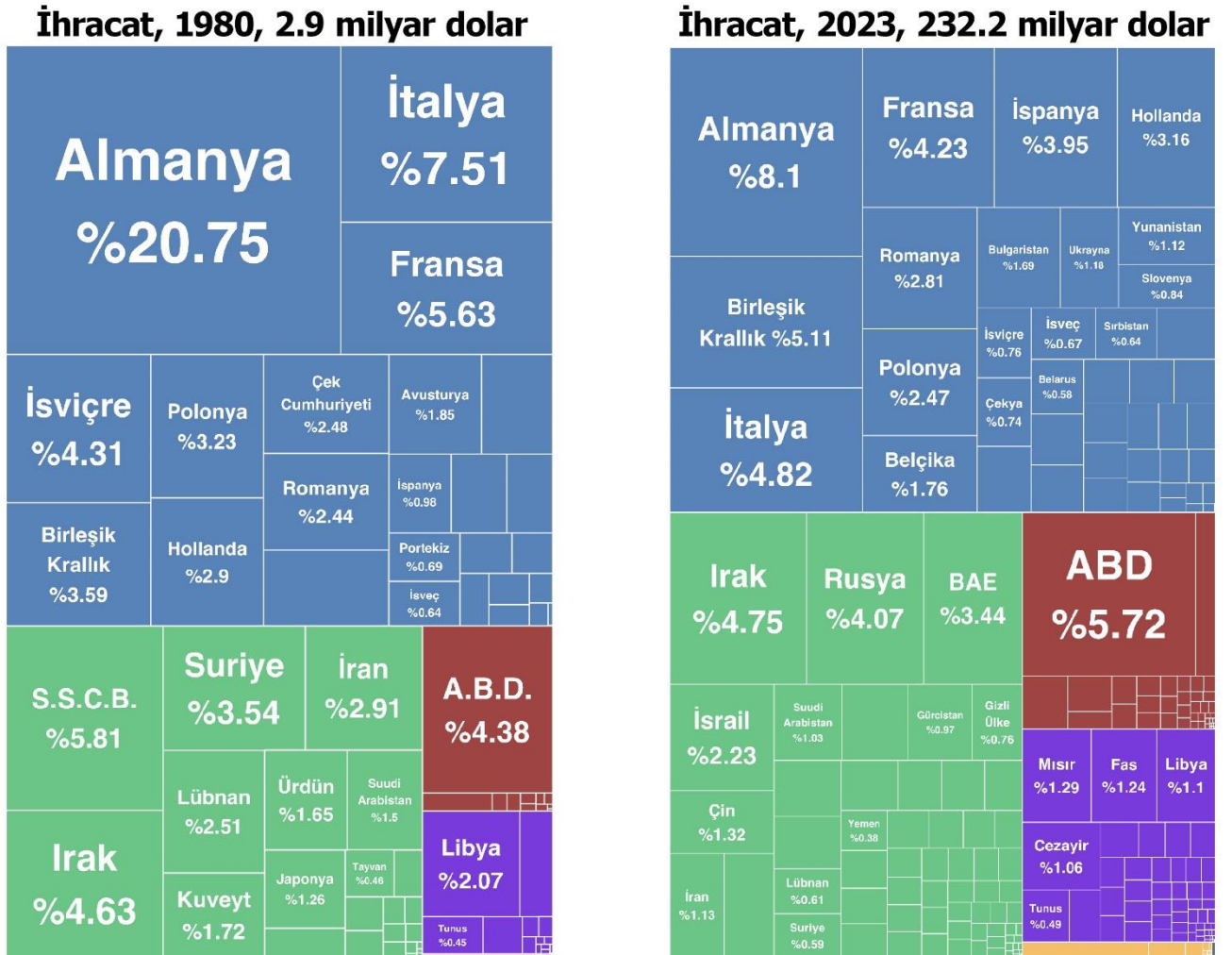


Kaynak: Dünya Bankası, TEPAV Hesaplamaları, Atlas Metodolojisi

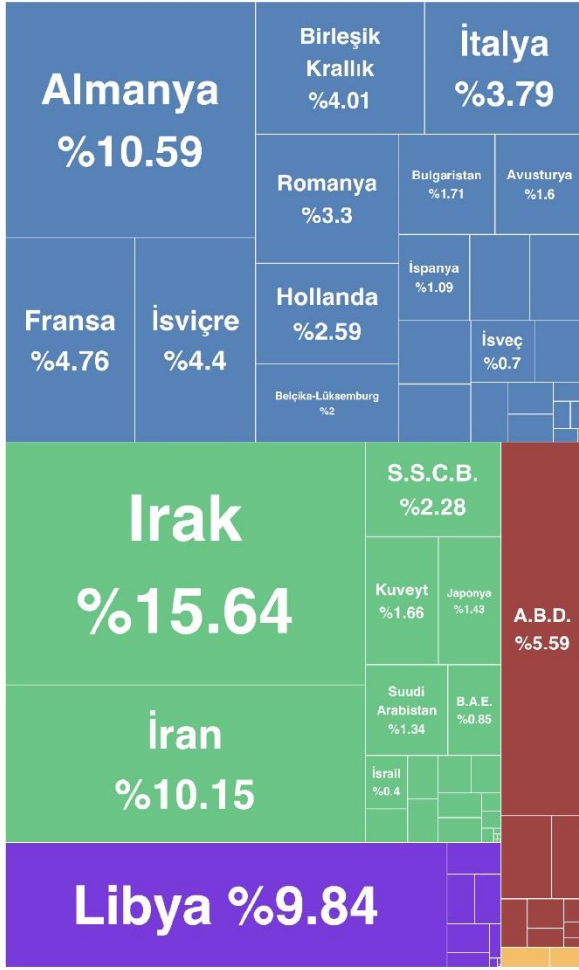
53. Son 30 yılda küresel pazarlardaki rekabet gücü artan Türkiye, ihracat sepeti ve pazar çeşitliliği en yüksek ülkelerden biri haline gelmiştir. Şekil 19, Türkiye'nin 1980'den bugüne ihracat kompozisyonunu göstermektedir. 1980lere kadar tarım ürünleri yoğun olan ihracat sepetinin yıllar içerisinde sanayi ürünlerine doğru değişimi izlenmektedir. 2000'lerden itibaren Türkiye'nin ihracat sepetinde tekstil, demir-çelik, otomotiv, makine ve kimya sektörleri yoğun olarak yer almıştır. Değişim sadece ürün çeşitliliğinde değil, ihracat hacminde de gerçekleşmiştir. 1980 yılında yaklaşık bir milyar dolar olan Türkiye'nin ihracat hacmi, 2023 itibarıyla 230 milyar doları aşmıştır.

54. Türkiye'nin ihracat sepetindeki çeşitlenme aynı zamanda ihracat pazarlarında da gerçekleşmiştir. Şekil 20, 1980 ve 2022 yılları için Türkiye'nin ticaret partnerlerini, yani ihracat ve ithalat yaptığı ülkelerin çeşitliliğinde gerçekleşen değişimi göstermektedir. Bugün gelinen yerde Türkiye ihracatının yüzde 45'i AB ülkelerine, yüzde 60'ı ise G7 ülkelerine yapılmaktadır. Önceki bölümde küresel pazarlarda rekabetçiliğin değişimini değerlendirdiğimiz kısımdan da (Şekil 4) hatırlayacağımız üzere, Türkiye dünyada önemli bir tedarikçi ülke haline gelirken, içinde bulunduğu bölgenin de en büyük sanayi ülkesi konumuna erişmiştir. Hem dışa açık işleyen bir piyasa ekonomisine sahip olmasıyla, hem de ürün ve pazar çeşitliliğiyle bölgedeki ülkelere ayrılmıştır.

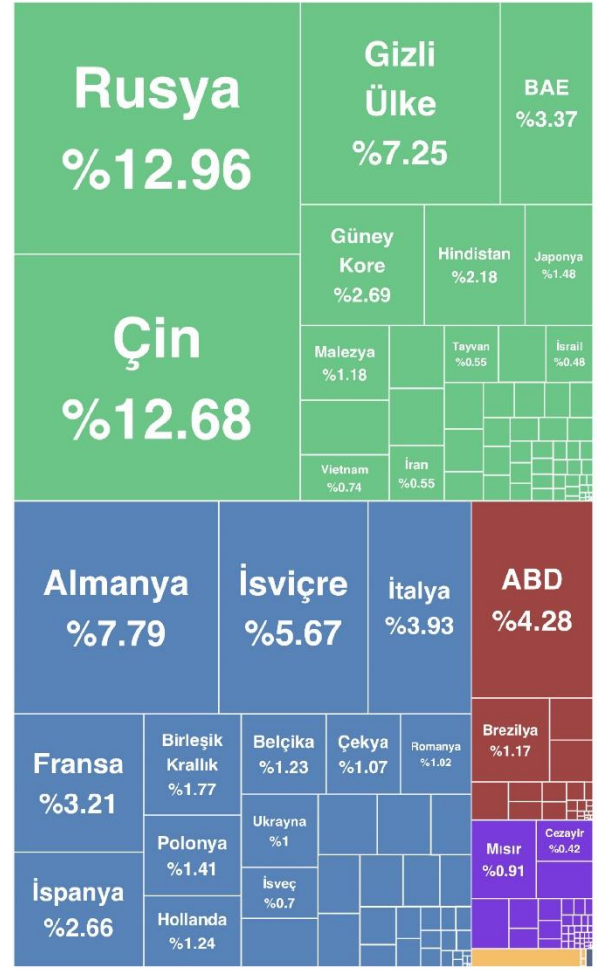
Şekil 20 Türkiye'nin ülkelere göre ihracat ve ithalat kompozisyonu



İthalat, 1980, 7.9 milyar dolar



İthalat, 2023, 339.1 milyar dolar

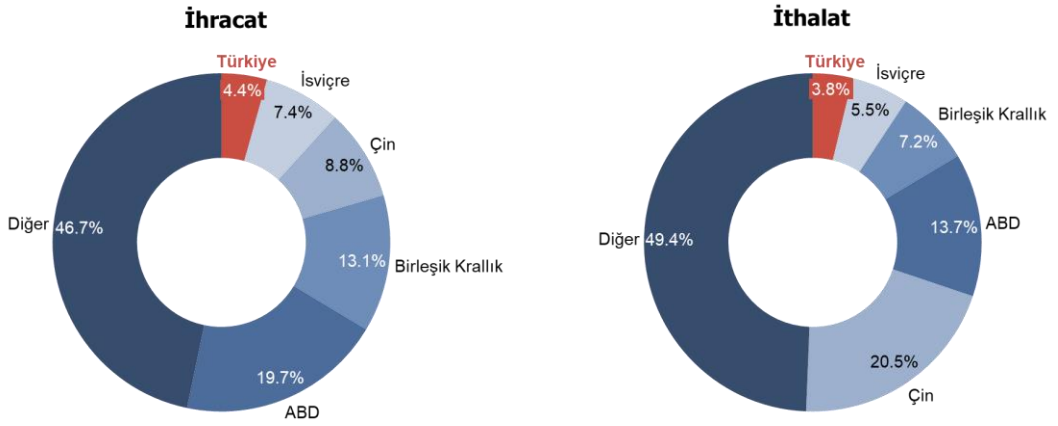


Kaynak: TÜİK, TEPAV hesaplamaları

55. AB, Türkiye'nin en önemli ticaret partneri olmaya devam etmektedir. AB'nin, AB dışına toplam ihracatının yüzde 4,4'ü Türkiye'ye yapılmaktadır ve ABD, İngiltere, Çin ve İsviçre'yi takiben Türkiye AB'nin 5. ihracat partneridir (Şekil 21). Benzer şekilde AB'nin AB dışından ithalatının yüzde 3,8'i Türkiye'dendir. Burada Çin son 10 yılda çok hızlı bir artışla yüzde 20,5 paya ulaşmıştır. Avrupa Yeşil Mutabakatı gündemini sanayi ve teknoloji politikası bağlamında okurken AB'nin Çin'den ithalatı kritik bir mesele olarak öne çıkmaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın yeni büyüme stratejisi olarak öne sürülmesi aynı zamanda, AB'nin teknoloji yarışında ve uluslararası rekabetçilikte, ABD ve özellikle Çin karşısında yeniden güç kazanma ihtiyacının altını çizmektedir. Önceki bölümde bahsedildiği gibi AB'nin bunu tek başına gerçekleştirmesi ne dekarbonizasyon ne de teknoloji ekosistemi açısından mümkün görünmemektedir. AB'nin bölgesel olarak değer zincirlerinin dekarbonizasyonuna Türkiye gibi ticaret partnerleriyle birlikte odaklanması gerekmektedir. Aynı zamanda yeni teknolojiler

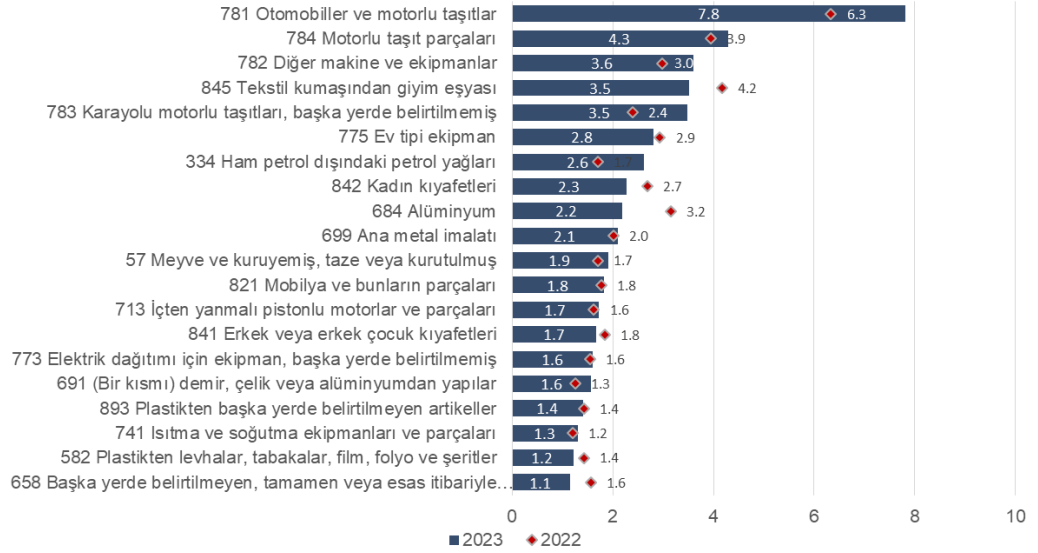
ancak pazara eriştiği ve yayıldığı durumda yeşil ekonomi değerini artırabileceğinden, AB’de geliştirilen teknolojilerin değere dönüşmesi ve daha büyük pazarlara erişmesinde Türkiye yine önemli bir potansiyel role sahiptir. Şekil 22, AB’nin Türkiye’den en çok ithal ettiği 20 ürünü göstermektedir. AB’nin Türkiye’den toplam 95 milyar euro (2023) ithalatının yarısını bu 20 ürün oluşturmaktadır. Bu tablo, hem Türkiye’nin ihracat çeşitlenmesindeki başarısını takiben Avrupa Yeşil Mutabakatı ile yeniden şekillenen ortamda akıllı uzmanlaşmayı düşünürken, hem de SKDM kapsamında sanayinin dönüşüm ihtiyaçları çerçevesinde üzerinde durması gereken öncelikleri işaret etmektedir. Öne çıkan bu alanlarda dekarbonizasyonu sağlamak bu sektörlerin rekabet koşulları ve maliyetlerini yönetebilmeleri için kritik olacaktır. Aynı zamanda AB ile ticaretin yoğun olduğu bu alanlar, akıllı uzmanlaşma çerçevesinde sonraki bölümlerde detaylandırılan, yeni teknolojiler etrafında bölgesel işbirliğinin önceliklendirilebileceği alanlardandır.

Şekil 21 AB dışı ihracatın ve ithalatın bölgesel payı, %, 2023



Kaynak: Eurostat, TEPAV görselleştirmeleri

Şekil 22 AB'nin Türkiye'den en çok ithal ettiği mallar, milyon euro, 2023

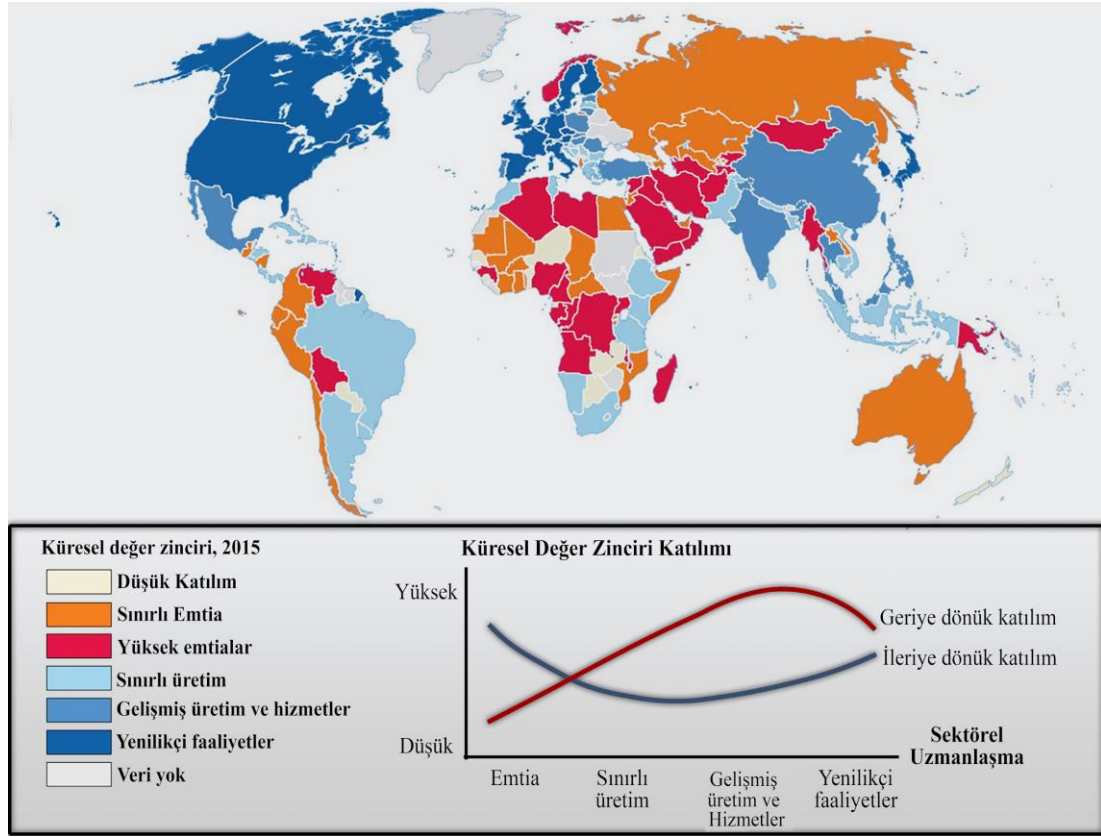


Kaynak: Eurostat, TEPAV görselleştirmeleri

56. Akıllı uzmanlaşma üzerine düşünmemizi gerektiren başka bir gösterge Türkiye'nin küresel değer zincirlerine (GVC) entegrasyon türü ve seviyesidir. Türkiye son 20 yılda GVC'lerdeki yerini, ileri ve geri bağlantıları artırarak derinleştirmeyi başarmıştır. 2008 küresel ekonomik krizi sonrasında hızlanan küreselleşme trendi her ne kadar yavaşlasa ve hatta COVID-19 pandemisiyle önce tersine dönmeye sonra da şekil değiştirmeye başlasa da Türkiye bağlantılarını güçlendirmeye devam etmiştir. GVC'lere eklenmede iki önemli gösterge olan "geri bağlantı" ve "ileri bağlantı" kavramlarından ilki; bir ülkenin ihracatında diğer ülkelerin mal ve hizmetlerinin ne kadar yer aldığını göstermektedir. İleri bağlantı ise; bir ülkenin ihracatının, diğer ülkelerin ihracatında ne kadar yer aldığıdır. Öncelikle geri bağlantıdaki artış ve güçlenen sanayi altyapısı, Türkiye'yi 2015'te, Dünya Bankası'nın GVC katılım sınıflandırmasında "sınırlı üretim" grubundan, "gelişmiş üretim ve hizmetler" grubuna taşımıştır (Şekil 23).⁸

⁸ World Bank, 2022, Leveraging Global Value Chains for Growth in Turkey: A Turkey Country Economic Memorandum.

Şekil 23 Küresel değer zincirlerine entegrasyon



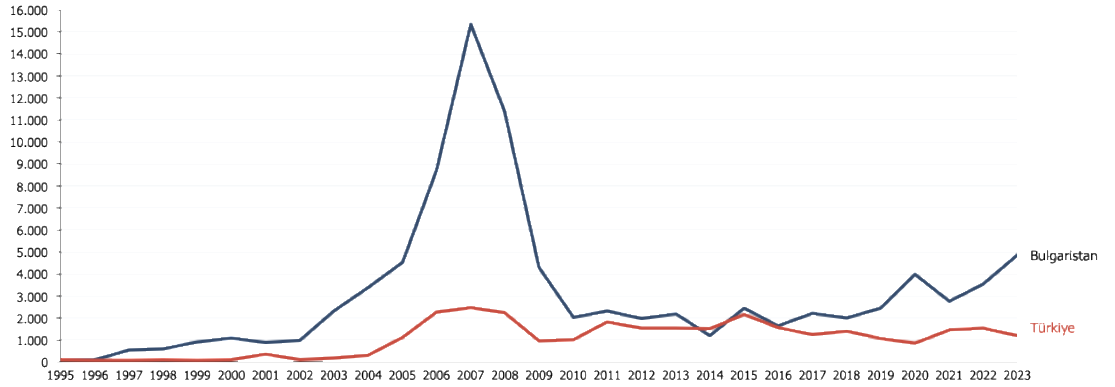
Kaynak: Dünya Bankası, TEPAV görselleştirmeleri

57. “Gelişmiş üretim ve hizmetler” grubuna geçiş, Türkiye için de görüldüğü gibi, genellikle GVC’lerde geri bağlantının artmasıyla gerçekleşirken, “yenilikçi faaliyetler” grubuna geçiş için ileri bağlantının güçlenmesine ihtiyaç vardır. Yani, yenilikçi üretim yapan ülkeler arasına girmek, ihracatı teknoloji ve inovasyonla destekleyerek ileri bağlantıyı güçlendirmeyi gerektirmektedir. Yukarıdaki Şekil 23’ün parçası olarak GVC entegrasyonunda geri ve ileri yönlü bağlantıların dağılımında görüldüğü üzere, gelişmiş üretim ve hizmetlerde uzmanlaşmış ülkeler, ihracat için ithal girdilere büyük ölçüde bağımlıdır. Yenilikçi faaliyetler grubunda yer alan ülkeler için ise, artık GVC’lerde geri bağlantılar daha düşüktür; çünkü bu ülkelerin üretim ve ihracatları ithal girdilere daha az bağımlıdır.⁹ Diğer dikkat çeken konu; yenilikçi faaliyetlere doğru ülkelerin ihracatta çeşitlilik artışından, uzmanlaşmaya doğru gitmesidir. Yukarıda Türkiye’nin son 30 yılda ihracat sepetindeki çeşitlenmeden ve olumlu yansımalarından bahsedilmiştir. Geldiğimiz yerde ise teknolojik dönüşüm ve inovasyon söz konusu olduğunda, akıllı uzmanlaşma üzerine düşünme gerekliliği karşımıza çıkmaktadır.

⁹ World Bank, 2019, World Development Report 2020.

58. Küresel değer zincirlerine entegrasyon sürecinde önemli bir etkisi olduğu literatürde kabul gören Doğrudan Yabancı Yatırımlar (DYY), Türkiye’de de beklenen bir etkiye neden olmuştur. 2004-2007 döneminde, Türkiye’ye yapılan yatırımlar dikkat çekici seviyelere ulaşmıştır. 2007 sonrası dönemde ise yatırım trendi gerilemeye başlamış, 2011 ve 2015’te kısmi bir toparlanma gözlenirse de sürdürülebilir olamamış ve devamında COVID-19 etkileri de eklenince eski performansını yakalayamamıştır. Sanayi yapısı ve aynı bölgede yer almasıyla Türkiye ile karşılaştırılabilir ülkelerden olan Bulgaristan’da ise, Türkiye’nin aksine, DYY akışı son yıllarda artış izlemiştir (Şekil 24). DYY’nin büyüklüğünün yanı sıra, yatırımın türü etki alanını farklılaştırmaktadır. Güney Kore başta olmak üzere farklı ülkelerin kalkınma hikayelerinde DYY’lerin teknoloji transferindeki rolünü ve sanayinin teknolojik dönüşümü gerçekleştirmesindeki etkisini izlemek mümkündür. Türkiye’nin de teknoloji hedefleri ve akıllı uzmanlaşma çerçevesi kapsamında DYY’leri gündeme alması gerekmektedir.

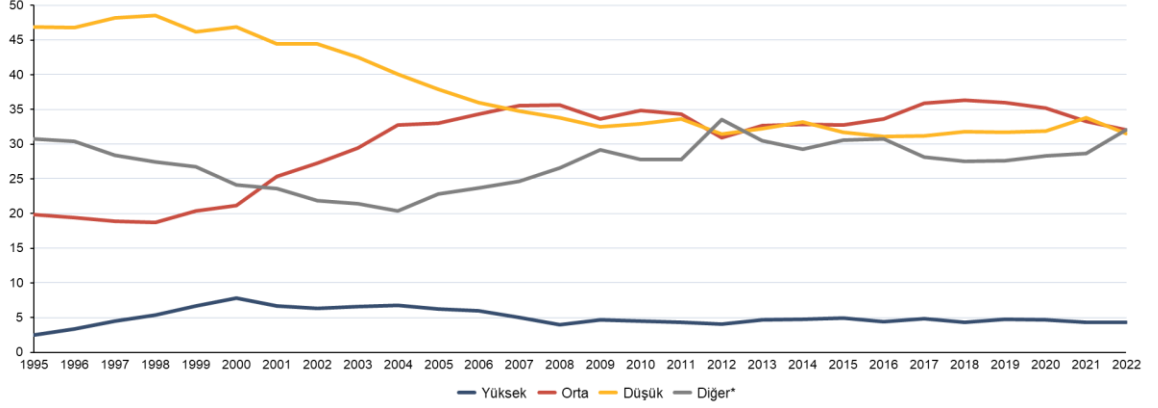
Şekil 24 Doğrudan yabancı yatırım (net giriş), 1995 = 100, 1995-2023



Kaynak: Dünya Bankası, TEPAV hesaplamaları

59. Türkiye’nin sanayi yapısı ve ihracatına ilişkin üzerinde durmamız gereken bir diğer gösterge ihracatın teknoloji yoğunluğudur. Yukarıdaki akışta orta gelir tuzağından, GVC entegrasyon seviyesi ve ihracat niteliğine kadar izlediğimiz patern, Türkiye’de 2000’lerin başında yakalanan ivmenin sürdürülemediğine işaret etmektedir. İhracattaki teknoloji yoğunluğunda da bu paterni destekleyecek şekilde, orta teknoloji ihracata geçişteki başarının, yüksek teknoloji ihracat söz konusu olduğunda gerçekleşemediği görülmektedir. Şekil 25’te izlendiği üzere, düşük teknoloji üretim yapısından orta teknolojiye geçiş sağlanmış ve Türkiye orta teknoloji ihracat yapısını korumaya devam etmiştir.

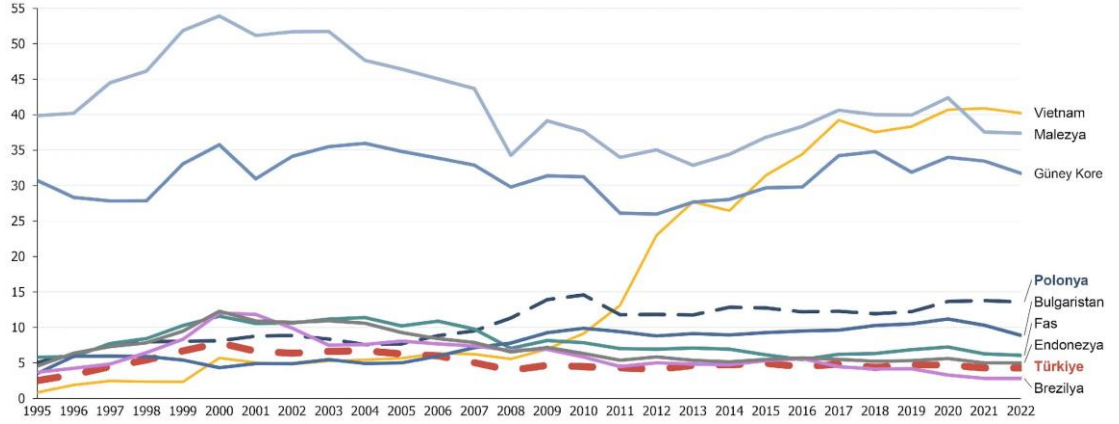
Şekil 25 Türkiye'nin teknoloji yoğunluğuna göre sanayi ürünleri ihracatının dağılımı, %, 1995 - 2022



Kaynak: Harvard Üniversitesi Büyüme Laboratuvarı, TEPAV hesaplamaları
Not: İhracat verisi SITC rev.3 sınıflandırmasına göre hesaplandırılmıştır. "Diğer" sınıflandırmasında dahil olan ürünler sırasıyla şunlardır: Sınıflandırılmamış ürünler, kaynak temelli imalatlar, birincil ürünler

60. Yüksek teknolojili ihracatın payı, son 20 yılda tüm politika dokümanları ve strateji belgelerinde ana hedef olmasına rağmen, beklenen değişimi gösterememiştir. Türkiye'nin ihracatında düşük teknolojinin payı yüzde 31,5 ve orta teknolojinin payı yüzde 32 iken, yüksek teknolojili ihracat yıllar içerisinde değişmeyerek yüzde 4 seviyelerinde kalmıştır. 30 yıl önce Türkiye ile benzer seviyelerde olan Polonya'nın yüksek teknolojili ihracat payı, bugüne geldiğimizde yüzde 14'e ulaşmıştır (Şekil 26). Bölgeden bir diğer benzer şekilde dikkat çeken ülke Bulgaristan'dır. Yine Türkiye ile benzer seviyelerden başlayan Bulgaristan'da yüksek teknolojili ihracatın payı yüzde 9'u bulmuştur. Bu durum, yukarıda bahsettiğimiz meselelerin tamamıyla örtüşmektedir. Türkiye'nin orta gelir tuzağındaki süregelen konumu, GVC entegrasyonunda "yenilikçi faaliyetler" grubuna geçiş yapamaması, ihracatın niteliğinin artmaması, birbiriyle ilişkili göstergeler olarak burada yüksek teknolojiye geçiş yapamama durumuyla birlikte karşımıza yeniden çıkmaktadır.

Şekil 26 Yüksek teknolojlili ihracatın toplam ihracat içerisindeki payı, %, 1995-2022



Kaynak: Harvard Üniversitesi Büyüme Laboratuvarı, TEPAV Hesaplamaları, TEPAV Görselleştirmeleri

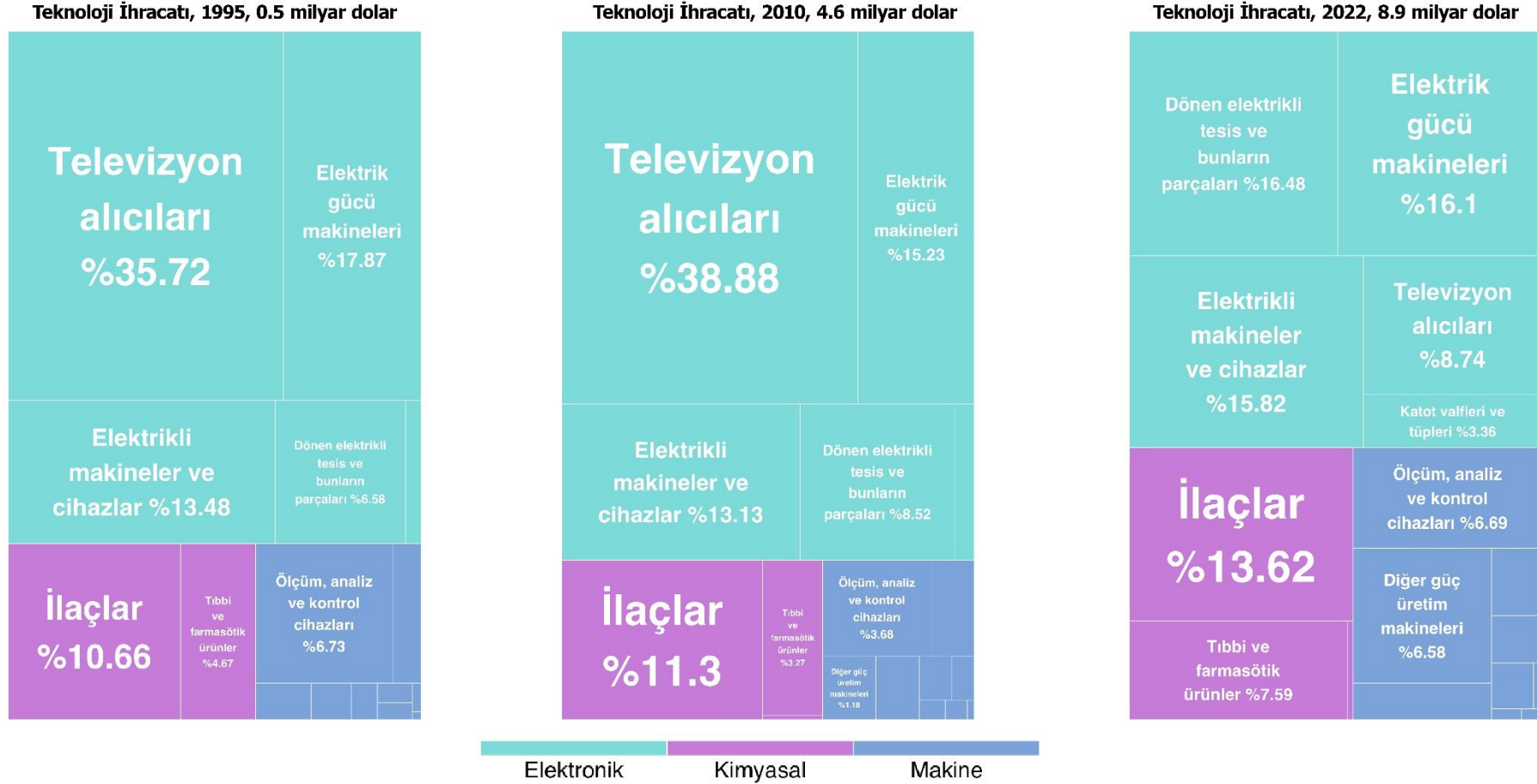
Not: İhracat verisi SITC rev.3 sınıflandırmasına göre hesaplandırılmıştır. "Diğer" sınıflandırmasında dahil olan ürünler sırasıyla şunlardır: Sınıflandırılmamış ürünler, kaynak temelli imalatlar, birincil ürünler

- 61. Türkiye'nin yüksek teknolojlili ihracatını daha detaylı değerlendirmek üzere, Şekil 27'deki 1995'ten 2022'ye yüksek teknolojlili ihracatımızın alt sektörler dağılımına bakalım.** Türkiye'nin ihracat sepetinin genelinde gördüğümüz çeşitlenme, yüksek teknolojlili sektörlerdeki ihracat sepetimize detaylı bakınca da izlenmektedir. Türkiye'nin yüksek teknolojlili ihracatının yaklaşık yüzde 80'ini elektronik ve makine ürünleri oluşturmaktadır. Özellikle son 10 yılda yüksek teknolojlili ihracat sepetimizdeki çeşitlenme daha dikkat çekici hale gelmiştir. Elektronik sektörünün alt sektörü olan televizyon alıcıları son 10 yıla kadar önemli bir pay alırken, bugüne geldiğimizde elektrikli makineler, cihazlar ve onların parçaları yüksek teknolojlili ihracatımızda öne çıkan alanlardır.
- 62. Şekil 28 ise, seçilen ülkelerin yüksek teknolojlili ihracat dağılımları yer almaktadır ve Türkiye ile karşılaştırmalı değerlendirme imkanı vermektedir.** Özellikle Güney Kore ve Vietnam'da yüksek teknolojlili ihracatın belli odak alanlardaki yoğunluğu dikkat çekicidir. Vietnam'da yüksek teknolojlili ihracat yoğunluğunun kaynağını yabancı yatırımlar oluşturmaktadır. Vietnam, Serbest Ticaret Anlaşmalarından en fazla fayda sağlayan ülkelerden biri olmuştur. Bu anlaşmalar, gümrük vergilerinin düşürülmesi ve uluslararası ticarete kolaylık sağlamıştır. Bunun yanı sıra, Çin'de artan üretim maliyetleri ve sıkı regülasyonlar nedeniyle, yatırımların bir kısmı Vietnam'a kaymıştır. Vietnam, Güneydoğu Asya pazarı için global oyuncuların ideal bir üretim ve dağıtım merkezi haline gelmeye başlamıştır. Aynı zamanda Çin'in altında kalan saatlik ücretler ve avantajlı vergi oranları Vietnam'ı yabancı yatırımcılar için cazip hale getirmiştir. Vietnam'ın en büyük ihracatçısı olan Samsung, ülkedeki dört ana fabrikasıyla 2024 yılının ilk yarısında global cirosunun yaklaşık üçte bir gibi önemli bir kısmını Vietnam'daki üretimle gerçekleştirmiştir. Bu durum, sermaye çekimi açısından Vietnam'ı güçlü bir örnek haline getirmiştir ve yüksek teknolojlili ihracat rakamlarında

dikkat çekici hale gelmiştir. Fakat Vietnam'daki nitelikli insan kaynağı kısıtı ve yetenek açığı ile bilim ve teknoloji kapasitesindeki yetersizlikler, ülkenin yabancı yatırımlarla geldiği yerin sürdürülebilirliğinde soru işareti yaratmaktadır.

63. Yabancı yatırımlar kanalıyla gerçekleşen teknoloji sıçramasını sürdürülebilir kılmanın yolu, teknoloji ekosistemini hazır hale getirmek ve işlevselleştirmekten geçmektedir. Güney Kore'nin başarısının arkasında bu yol yatmaktadır. Şekil 28'e geri dönersek, Güney Kore'nin yüksek teknolojili ihracatının yarıdan fazlasını katot valfleri ve tüpleri oluşturduğu görülmektedir. Polonya'da Türkiye ile benzer şekilde elektronik ve makine alanları öne çıkarken, Türkiye'den farklı olarak belli alt alanlara odaklanma daha fazladır. Polonya'da dikkat çeken bir diğer konu, 2010'da Türkiye ile benzer şekilde televizyon alıcıları yüksek teknolojili ihracatın yüzde 32'sini oluştururken, bugün Türkiye'deki gibi bu durum değişmiş olsa da Polonya yüksek teknoloji ürünlerde çeşitlenmenin ötesinde odaklanmayı da sağlamaya devam ediyor gibi görünmektedir. 2022 yılı için Türkiye ile birlikte tüm ülkelere baktığımızda genel resimde ilk dikkat çeken durum, Türkiye'nin ihracat sepetindeki çeşitlilik ve diğerlerinde olduğu gibi öne çıkan odak alanların olmamasıdır.

Şekil 27 Türkiye'nin yüksek teknolojlili ihracatının sektörel dağılımı, 1995-2010-2022



Kaynak: Harvard Üniversitesi Büyüme Laboratuvarı, TEPAV hesaplamaları

Şekil 28 Seçili ülkelerde yüksek teknolojlili ihracatın sektörel dağılımı, 2022

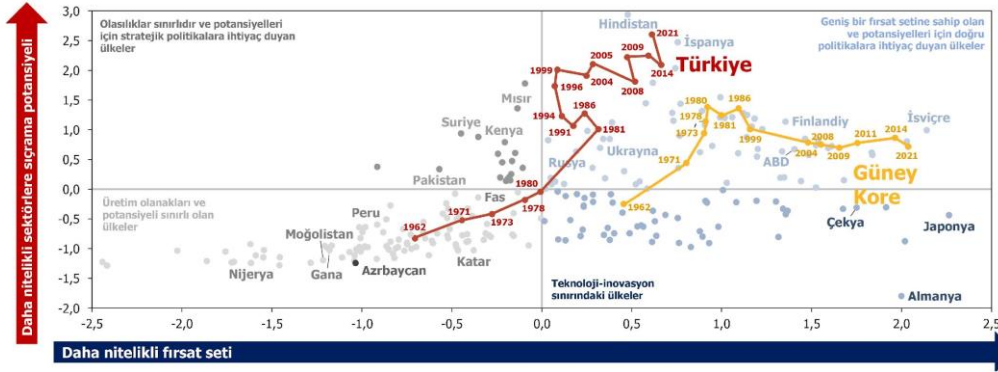


Kaynak: Harvard Üniversitesi Büyüme Laboratuvarı, TEPAV hesaplamaları

- 64. 1995 ve 2010’da Türkiye’nin yüksek teknoloji ihracatının önemli bir kısmını oluşturan Elektronik “Televizyon alıcıları” alt sektöründe dünyada son 15 yılda teknoloji tamamen değişmiştir ve burada yer alan şirketlerden teknolojinin değişimine uygun şekilde kapasitelerini geliştirebilenler ancak ilgili pazarda rekabet gücünü artırabilmiştir.** 1995’te yüksek teknoloji ihracatımızın yüzde 34’ünü oluşturan “Televizyon alıcıları” alt sektöründe küresel pazarda Türkiye’nin payı yüzde 1’dir. 1995’ten sonra bu alt sektörde küresel pazardan aldığımız pay artmaya başlayıp 2000’lerin başında yüzde 5’i bulmuş ve 2006’ya kadar korumuştur. Fakat 2006 sonrasında payımız düşmeye başlamış ve 2022’ye geldiğimizde tekrar yüzde 1 olmuştur. Türkiye’nin bu sektördeki payı düşerken, Çin’in pazar lideri olmasının yanında, Polonya ve Slovakya’nın paylarının artışı dikkat çekicidir. Bugün geldiğimiz yerde elektrikli makineler ve elektronik sektörünün parçası olan “televizyon alıcıları” alt sektörünün küresel ihracatında Türkiye’nin payı yüzde 1 iken, Çin yüzde 30, Meksika yüzde 17, Polonya yüzde 7, Vietnam yüzde 6 ve Slovakya yüzde 5’tir. Türkiye, bir yandan yüksek teknoloji ihracatını artırma hedefini tartışırken, tam tersine bir yandan da televizyon alıcıları alt sektöründeki örnekten hareketle, hali hazırda yer aldığımız yüksek teknoloji pazarlarda değişen teknolojilerle rekabet gücü kaybetme eğilimi göstermektedir. Bu durumun şirketler ve ilgili teşvik mekanizmalarıyla birlikte ele alınması kritiktir. Ayrıca Polonya ve Slovakya’yı önceki analizlerimizde yüksek gelir grubuna geçiş yapanlar arasında gördüğümüzü, buna ek olarak yüksek teknoloji ihracat payını Türkiye ile karşılaştırmalı değerlendirirken yine bu ülkelerin ve ayrıca Vietnam’ın karşımıza çıktığını da hatırlamak gerekir.
- 65. Bu örnekte gördüğümüz değişen teknolojilerle birlikte yüksek teknoloji pazarlarda rekabet gücü kayıpları, bugünün giderek karmaşıklaşan küresel teknoloji eğilimleriyle birlikte daha kritik hale gelmekte ve yoğun şekilde izlenmektedir.** Önceki bölümlerde altını önemle çizdiğimiz gibi yeni teknolojiler, yüksek teknoloji sektörlerin yapısını değiştirmekte ve onları yeni teknolojilerle üretilen platformlar haline dönüştürmektedir. Yani yeni teknolojilerle dönüşebilen yüksek teknoloji şirketlerin, değişen talepleri karşılamaları ve küresel pazarlarda rekabet güçlerini korumaları mümkün olmaktadır. Yüksek teknoloji sektörlerde ihracat artışı ve hatta mevcut rekabet gücünü koruyabilmek, artık geleneksel sektörel stratejilerle mümkün değildir. Yeni teknolojiler, tek bir sektörü hedefleyen stratejilerin ötesine geçerek, ekosistem meselesinin ve teknolojik dönüşüm kapasitesinin önemini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, sanayi politikalarının yeni gündemi, yeni teknoloji alanlarında dönüşümü gerçekleştirebilecek beceriler ve altyapılar yaratarak yüksek teknoloji ihracat hedefine doğru gitmektir. Bu sadece yüksek teknoloji sektörlerde rekabet gücünü değil, aynı zamanda kimya, makine sektörleri gibi orta-yüksek teknoloji sektörlerde de yeni teknolojilerin yayılmasını ve dolayısıyla verimlilik artışlarıyla birlikte küresel rekabet gücü artışı getirebilecektir.
- 66. Buradan hareketle sektörel detaylara girerek yeni teknolojilerle dönüşüm meselesine doğru odaklanmaya devam ederken, Türkiye’nin ihracatında çeşitlilik ve hacim artışının yanında, kompleksite seviyesine bakılabilir.** Son 15 yılda ekonomik kalkınma literatüründe yoğun olarak kullanılan Ekonomik Kompleksite Endeksi (ECI),

ihracat ürünlerinin karmaşıklığını ölçerek, ülkelerin üretim becerilerinin niteliğini yansıtmaktadır. Türkiye'nin ihracatının niteliği, 2000'lerin başında hızlı bir yükselme göstermiş fakat devamında gelen durağan seyir son 15 yılda devam etmiştir. Şekil 29'da, Ekonomik Kompleksite Endeksi (ECI) ülkelerin değişimini 1962-2021 dönemi için izleme olanağı vermektedir. Burada Türkiye, "Üretim olanakları ve potansiyeli sınırlı ülkeler" kategorisinden "Geniş bir fırsat setine sahip olan ve potansiyelleri için doğru politikalara ihtiyaç duyan ülkeler" grubuna geçiş yapmıştır. 2021 yılı itibariyle, Türkiye'nin karmaşıklık endeksi Hindistan ve İspanya ile benzer seviyededir. Bunun yanında Güney Kore, Türkiye ile aynı zaman aralığında "Teknoloji ve inovasyon sınırındaki ülkeler" kategorisinden çıkarak "Geniş bir fırsat setine sahip olan ve potansiyelleri için doğru politikalara ihtiyaç duyan ülkeler" grubuna geçiş yapmıştır.

Şekil 29 Türkiye'nin ekonomik karmaşıklığının değişimi, 1962- 2021



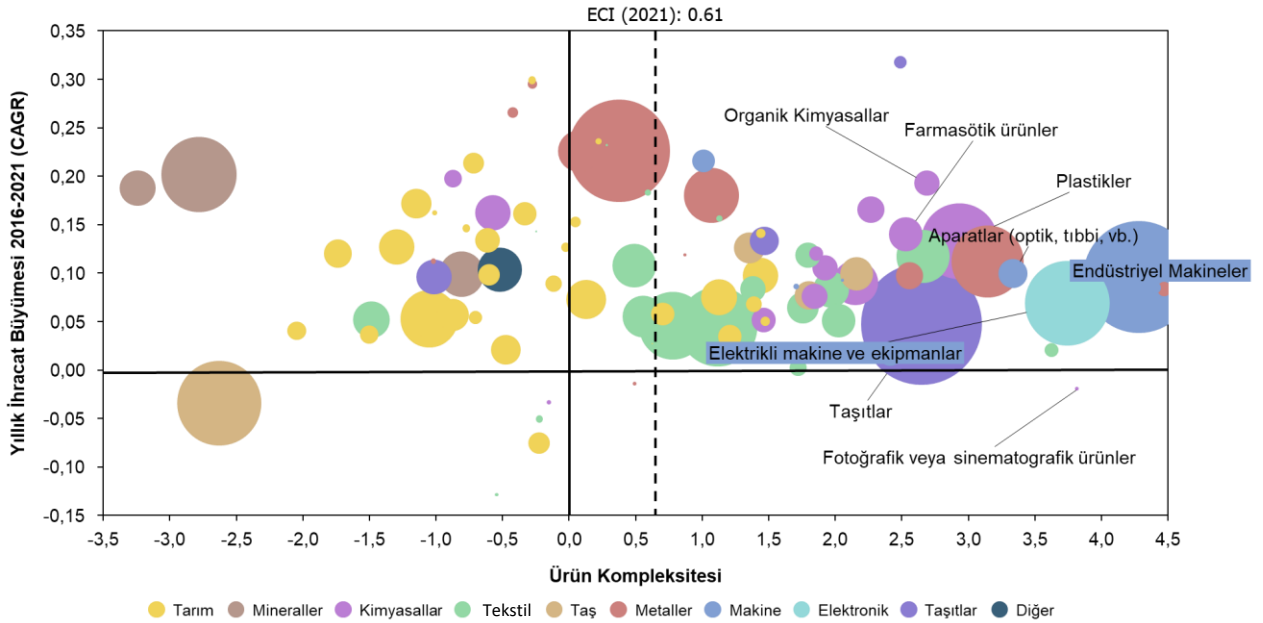
Kaynak: Harvard Üniversitesi Büyüme Laboratuvarı. (2019). "Growth Projections and Complexity Rankings, V2" [Data Set]. <https://doi.org/10.7910/dvn/xtaqmc>, TEPAV görselleştirmeleri
Not: Kırmızı ve sarı noktalar sırasıyla Türkiye ve Güney Kore'nin belirtilen endekslerdeki ilerlemesini göstermektedir. Diğer ülkeler için 2021 yılına ait veriler görselleştirilmiştir.

67. Buradan hareketle sektörlere daha detaylı bakabilmek için ürün karmaşıklık endeksiyle (PCI) devam edilebilir. PCI, bir ürünün üretimi için gereken üretim bilgisinin niteliğini ve çeşitliliğini ortaya koymak üzere bir ürünün kaç farklı ülke tarafından üretilebildiği ve bu ülkelerin ekonomik karmaşıklığı temel alınarak hesaplanmaktadır. Bir nevi PCI, bir ürünü üretmek için gerekli bilgi birikiminin sofistikasyonunu göstermektedir. En karmaşık ürünler, sofistike makineler, elektronik cihazlar ve kimyasallar gibi ürünlerdir. Buna karşılık en az karmaşık ürünler tarımsal ürünlerdir. Yani ürünlerin PCI seviyesi, sektörlerin ve ürünlerin teknoloji sınıflamasıyla da ilişkilidir. Şekil 30, ürün karmaşıklığındaki değişimi alt sektörler için izlememize imkan vermektedir. Özellikle Türkiye'nin ihracat hedefinde yer alan yüksek teknoloji ürünlerin karmaşıklığı nasıl değişmiş ve hangi alt sektörler öne çıkıyor diye baktığımızda, "Endüstri makineleri" alt sektörü dikkat çekmektedir. Bu alt sektör, Türkiye sanayisinin mevcut kapasitesi ve bilgi birikimiyle öne çıkan ve ihracatın büyüdüğü kritik sektörlerdendir. Bunun yanında "Elektrikli makine ve ekipmanlar" bir diğer benzer özelliklerle dikkat çeken sektördür. Bu ikisi kadar öne çıkmasa da mevcut

kapasiteyi ve ilişkili potansiyelleri değerlendirirken bizim için önemli olan ve göze çarpan iki sektör; “organik kimyasallar” ve “optik ve medikal ekipmanlar”dır.

68. Dünyada 2022’de PCI’sı en yüksek ilk 20 ürüne baktığımızda¹⁰ karşımıza yüksek ve orta-yüksek teknoloji sınıfından beş sektörden ürünler çıkmaktadır. En karmaşık ürünlerin ana alanları; elektronik ve optik ürünlerde yüksek teknolojlili malzemeler, bunlarla ilişkili kimyasallar ve spesifik makinelerdir. Bu ürünleri üretebilen ve pazarı yönlendiren ülkeleri listelediğimizde ise listede; ABD, Hollanda, Almanya, Japonya ve Çin’in yanında Malezya ve Çek Cumhuriyeti dikkat çekmektedir. Özellikle dünyadaki en karmaşık ürünler arasında 12. sırada yer alan mikroskopta Çek Cumhuriyeti liderken, 15. sıradaki osiloskopta Malezya lider olarak konumlanmaktadır. Çin’in lider olduğu ürünler arasında spesifik elektronik ürünleri için kimyasal malzemeler dikkat çekerken, yine benzer kimyasal malzemelerde Malezya tekrar göze çarpmaktadır. Ürün bazlı baktığımızda da daha önce değindiğimiz uzmanlaşma meselesi önümüze yeniden gelmektedir.

Şekil 30 Türkiye’de sektörlere göre ihracatın değişimi ve ürün karmaşıklığı, 2016-2021



Kaynak: Harvard Üniversitesi Büyüme Laboratuvarı, TEPAV görselleştirmeleri

69. Türkiye’nin yüksek teknolojlili ihracatındaki mevcut durumu sorgulamaya devam ederken, dikkat çeken göstergelerden biri; 2006 yılından bu yana Türkiye’nin ihracat sepetine eklediği yeni ürünlerin niteliğidir. Türkiye, 2006-2021 döneminde ihracat sepetine 25 yeni ürün eklemiş ve bu ürünler 2021 yılında kişi başına gelirden 46 dolarlık, toplamda ise yaklaşık 4 milyar dolarlık bir değer yaratmıştır (Şekil 31). Türkiye, yeterli sayıda yeni ürünle ihracat sepetini çeşitlendirmiş olsa da bu ürünlerin niteliği ve

¹⁰ Harvard Üniversitesi Growth Lab Verileri

ihracat hacmi önemli bir fark yaratacak düzeyde değildir. Şekil 31'deki ilk tabloda son 15 yılda, Türkiye ile karşılaştırmalı olarak, seçilen ülkelerdeki yeni ihracat ürünleri ve bu ürünlerle yaratılan değer verilmektedir. Polonya 36 yeni ürünü ihracat sepetine eklemiş, bunlardan kişi başına 366 dolar ve toplamda yaklaşık 13,8 milyar dolarlık değer yaratmıştır. Vietnam daha da dikkat çekicidir ve 41 yeni ihracat ürünüyle toplam 145 milyar dolarlık etki ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla en az ihracat sepetini çeşitlendirmek kadar hangi ürünlerle çeşitlendirildiğinin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

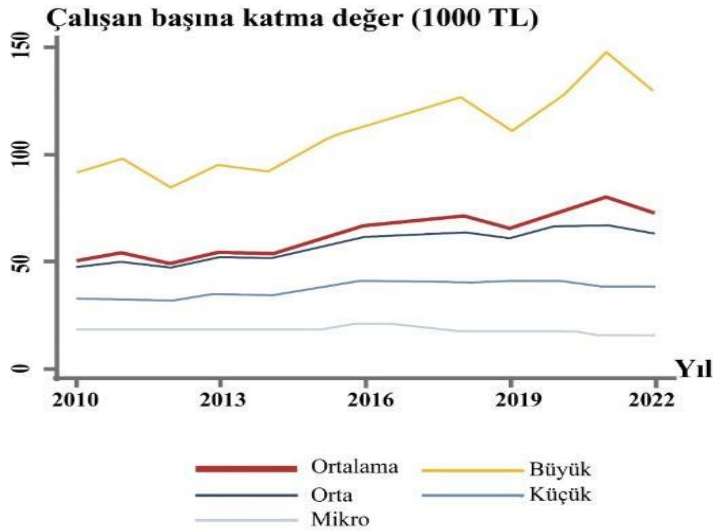
70. Şekil 31'in devamında ise Türkiye'nin son 15 yılda ihracat sepetine eklediği ürünler ile Polonya ve Vietnam'ın ihracat sepetine eklenen ürünler ürünlerin karmaşıklık seviyesine göre renklendirilen şemalarda yer almaktadır. Türkiye'nin ihracat sepetinde gördüğümüz yeni ürünlerin yaklaşık yüzde 60'ı düşük teknoloji ürünlerdir ve tarım ürünleri dikkat çekmektedir. Kalanı ise orta-yüksek teknoloji sektörlerden ürünler olup kimya sektörü öne çıkmaktadır. Kimyasalların yanında makine sektöründen karmaşıklık seviyesi yüksek ürünler yer almaktadır. Polonya'da ise ihracat sepetine son 15 yılda eklenen ürünlerin yaklaşık yarısı yüksek teknoloji sektörlerdendir ve burada bilgisayar ve elektronik sektörüne yönelik ekipmanlar öne çıkmaktadır. Vietnam'a geldiğimizde, yeni ihracat ürünlerinin yaklaşık yüzde 80'i elektronik sektörden yüksek teknoloji ürünlerdir. Yukarıda bahsettiğimiz yeni ihracat ürünleriyle yaratılan değerde ülkeler arasındaki farkı; ürünlerin niteliği ve teknoloji seviyesi net bir şekilde açıklamaktadır. Türkiye'nin ihracat sepetinde nitelik ve teknoloji seviyesi problemi açıkça görünürken, ihracatta çeşitlenmeye değil teknoloji odaklı çeşitlenmeye ya da hali hazırda ihracat sepetinde yer alan yüksek teknoloji ürünlerin payını ve değerini artırmaya ihtiyacı vardır.

Şekil 31 Seçilen ülkelerde 2006-2021 döneminde ihracat sepetine yeni eklenen ürünler ve yarattıkları değer

Ülke	Yeni Ürün	Kişi Başına ABD Doları	Toplam değer (milyon ABD doları)
Vietnam	41	\$ 1,490.00	\$ 145.00
Güney Kore	19	\$ 680.00	\$ 35.20
Polonya	36	\$ 366.00	\$ 13.80
Malezya	27	\$ 408.00	\$ 13.70
Türkiye	25	\$ 46.00	\$ 3.93
Çekya	12	\$ 319.00	\$ 3.35
Bulgaristan	55	\$ 425.00	\$ 2.92
Macaristan	18	\$ 125.00	\$ 1.22

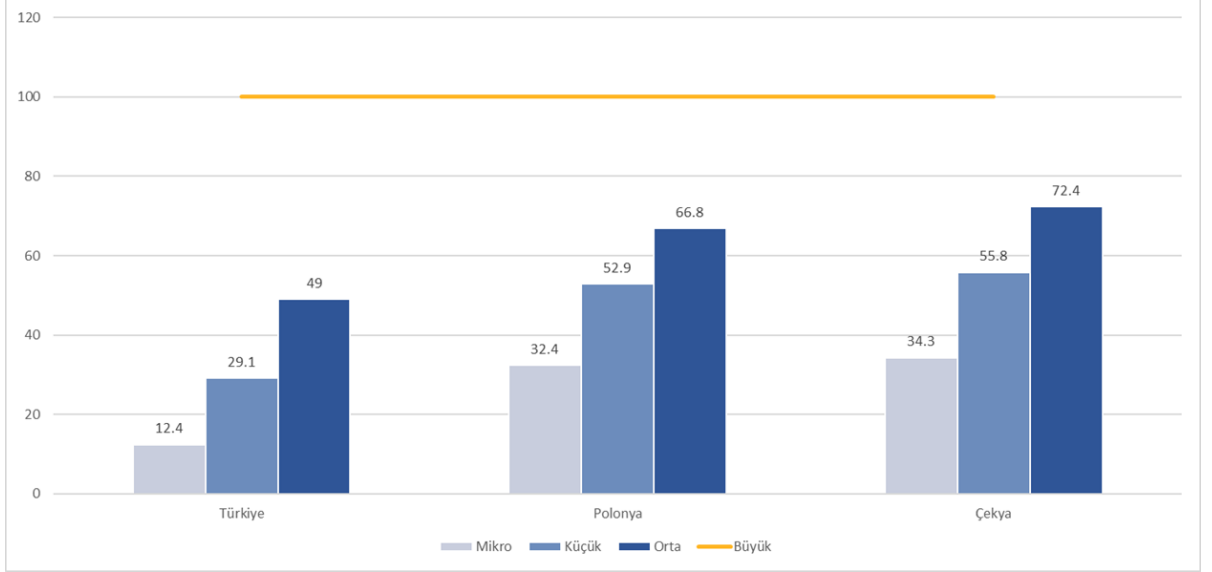
- 71. Türkiye'nin öne çıkan mevcut kapasitesi ve beceri setiyle hangi alanlara odaklanarak daha yüksek değer yaratabileceğini değerlendirdiğimizde; endüstriyel makineler, elektronik ve elektrikli makineler-ekipmanlar ile bunları besleyen girdileri sağlayacak ileri malzeme ve kimya alanları öne çıkmaktadır.** Buradan hareketle fırsat olabilecek alt sektörler arasında; özelleşmiş elektrikli endüstri makineleri, elektronikte kullanılan kimyasal malzemeler, elektriksel büyüklükleri ve ışınları ölçme cihazları gibi alanlar hem karmaşıklığı yüksek hem de dünyada talebi artan alanlar olarak yer almaktadır. Türkiye'nin makine, elektronik ve ilişkili sektörlerde azımsanmayacak bir birikimi bulunmaktadır ve fakat ilişkili alanlarda odaklanmaya ve adım atmaya ihtiyaç vardır.
- 72. Gerek buraya kadar gördüğümüz yüksek teknoloji üretim ve ihracata geçiş problemi, gerekse Türkiye'nin ekonomik kalkınma seviyesindeki eğilimin neden ve sonuçlarını irdelerken, sanayinin yapısına doğru derinleşmemizi sağlayacak göstergelerden biri verimlilik rakamlarıdır. Şekil 32, şirket büyüklüklerine göre Türkiye sanayisinde verimlilik eğilimlerini göstermektedir.** 2010-2022 döneminde büyük ve orta ölçekli şirketlerde verimliliğin artış eğilimi ve özellikle büyük şirketlerde bu artışın çok daha belirgin olduğu izlenmektedir. Büyük şirketlerle diğer ölçekler arasındaki verimlilik farkının artmaya devam ettiği görülmektedir. Şekil 33'e baktığımızda ise, Polonya, Çek Cumhuriyeti ve Türkiye'de büyük firmaların verimlilik düzeni 100 değerinde sabitlendiğinde, diğer ölçeklerde Türkiye sanayisinin verimlilik performansının bu ülkelere göre daha düşük olduğu izlenmektedir. Aynı zamanda Polonya ve Çek Cumhuriyeti'ne göre Türkiye'de büyük şirketlerle diğer ölçekler arasındaki verimlilik farkının daha büyük olduğu da görülmektedir.

Şekil 32 Şirket ölçeklerine göre çalışan başına katma değer, 1000 TL, 2010- 2022



Kaynak: OECD, GBS, TEPAV hesaplamaları

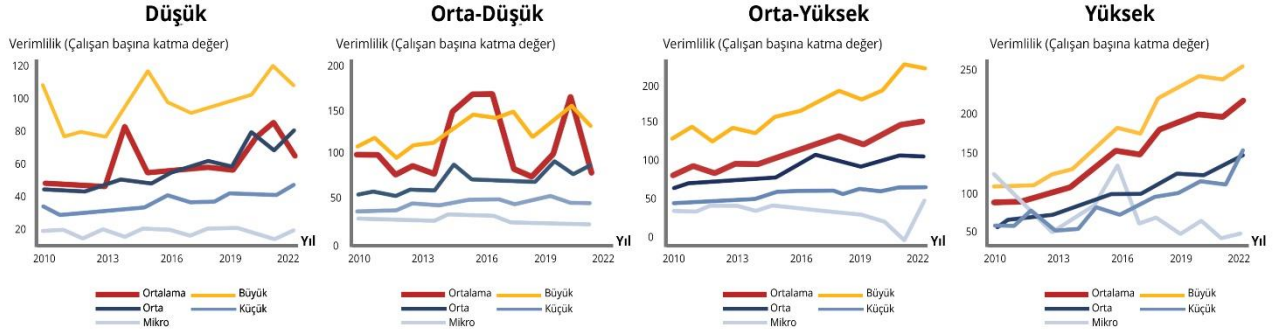
Şekil 33 İmalat sektöründe KOBİ ve büyük şirketlerde işgücü verimliliği, istihdam edilen kişi başına katma değer, 250+=100, 2021



Kaynak: OECD Verimlilik Göstergeleri Raporu 2024, TEPAV görselleştirmeleri

73. Türkiye sanayisinin verimlilik meselesine şirket ölçeklerinin yanı sıra teknoloji sınıflamasını da eklemek değerlendirmemizi derinleştirecektir. Şekil 34, 2010-2022 dönemi için teknoloji sınıflamasına ve firma ölçeğine göre verimlilik eğilimlerini göstermektedir. Yüksek teknoloji firmalarında kayda değer bir verimlilik artışı izlenmektedir. Orta-yüksek teknoloji grubunda da benzer bir artış eğilimi görsek de özellikle küçük ve orta ölçekli yüksek teknoloji firmalarında görünen artış oranı sınırlı kalmıştır. Ayrıca, diğer teknoloji sınıflarından farklı olarak yüksek teknolojide, küçük ve orta ölçekli firmalar arasındaki verimlilik farkının kapanmış olması dikkat çekmektedir (Şekil 34). Yukarıda değindiğimiz makro göstergelerle ortaya çıkan teknolojik dönüşümün kritik önemi, burada firma verilerinden hareketle ortaya koyduğumuz verimlilik analizlerinde de görünür haldedir. Yüksek teknoloji yoğunluğunun sanayide artışı, hem verimlilik artışları hem de verimlilik farklarını kapatmak konusunda anlamlı bir katkı sağlama potansiyeline sahiptir.

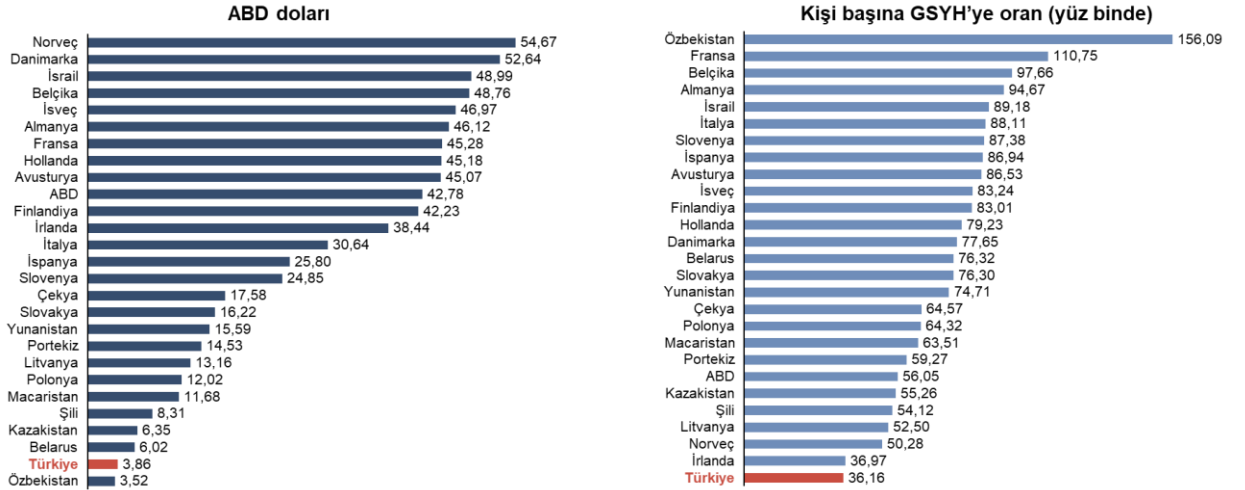
Şekil 34 Türkiye sanayisinde teknoloji sınıflaması ve firma ölçeğine göre verimlilik eğilimleri, 2010-2022



Kaynak: GBS, TEPAV hesaplamaları

74. İlişkili bir gösterge olarak Şekil 35'te imalat sanayisinde çalışan başına ortalama saatlik işgücü maliyetlerine baktığımızda, Türkiye'nin işgücü maliyetlerinin düşük seviyelerde kaldığı görülmektedir. Türkiye, düşük işgücü maliyetine rağmen verimlilik seviyelerinde beklenen gelişmeyi sağlayamamaktadır ve bu da düşük maliyete dayalı bir stratejiyle sürdürülebilir bir sanayi yapısına ulaşmanın mümkün olmadığını ortaya koymaktadır. Dünya ortalamasındaki artış devam ederken, Türkiye sanayisinin verimlilikte geri kalması, yukarıda değindiğimiz patern bileşenleriyle ilişkili olarak yapısal sorunlara işaret etmektedir.

Şekil 35 İmalat sanayisinde çalışan başına ortalama saatlik işgücü maliyeti, 2022

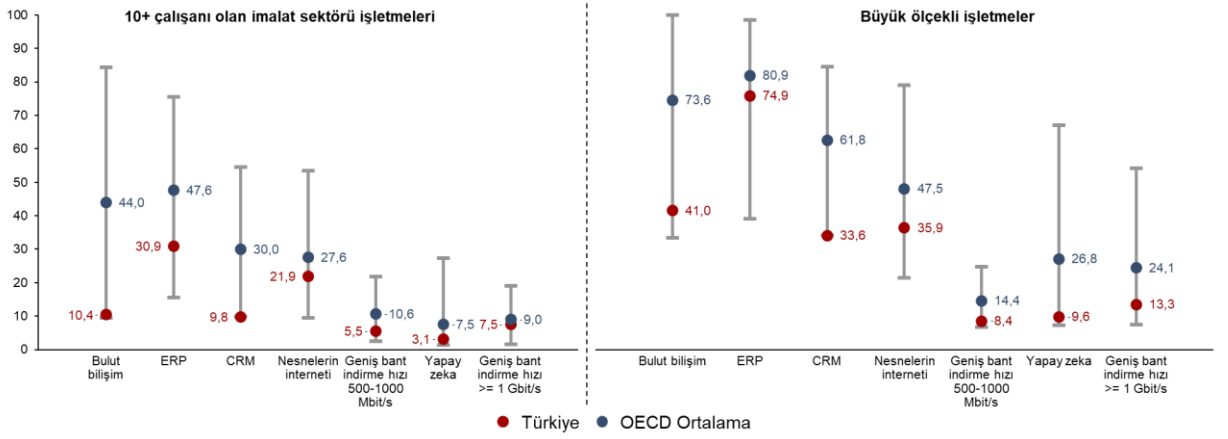


Kaynak: Dünya Bankası, ILO, TEPAV hesaplamaları

75. Hem verimlilik seviyelerini etkileyen hem de yeni teknolojilere erişim ve entegrasyonu etkileyen baz teknoloji göstergelerden biri, firmaların dijitalleşme seviyesidir. Türkiye'nin dijitalleşme seviyesi OECD ortalamasının altında kalmıştır (Şekil 36). Şekilde görünen bilişim teknolojileri gelişim süreçleri 2000'lerin başından itibaren devam eden ve artık birçok ülkede yaygınlaşmış olan teknoloji alanlarıdır. Türkiye'de hala hem büyük hem de orta ve küçük ölçekli firmaların bu teknolojilere

adaptasyonunda problem olduğu gözlenmektedir. Bu durum, firmaların verimlilik eğilimlerinde olduğu gibi, özellikle yeşil dönüşüm söz konusu olduğunda yeni teknolojilerin yayılmasında ve sanayinin teknolojik dönüşümünde negatif etkiye neden olmaktadır. Ayrıca verimlilik probleminin nedenleri ile ilgili analiz derinleştirildiğinde, düşük ve orta-düşük ölçekli firmalarda otomasyon ve dijitalleşme seviyelerinin yetersiz olmasının beklendiği şekilde verimlilik kaybına yol açtığı izlenmektedir.

Şekil 36 Türkiye ve OECD işletmelerinde bilişim teknolojilerinin penetrasyonu, %, 2021

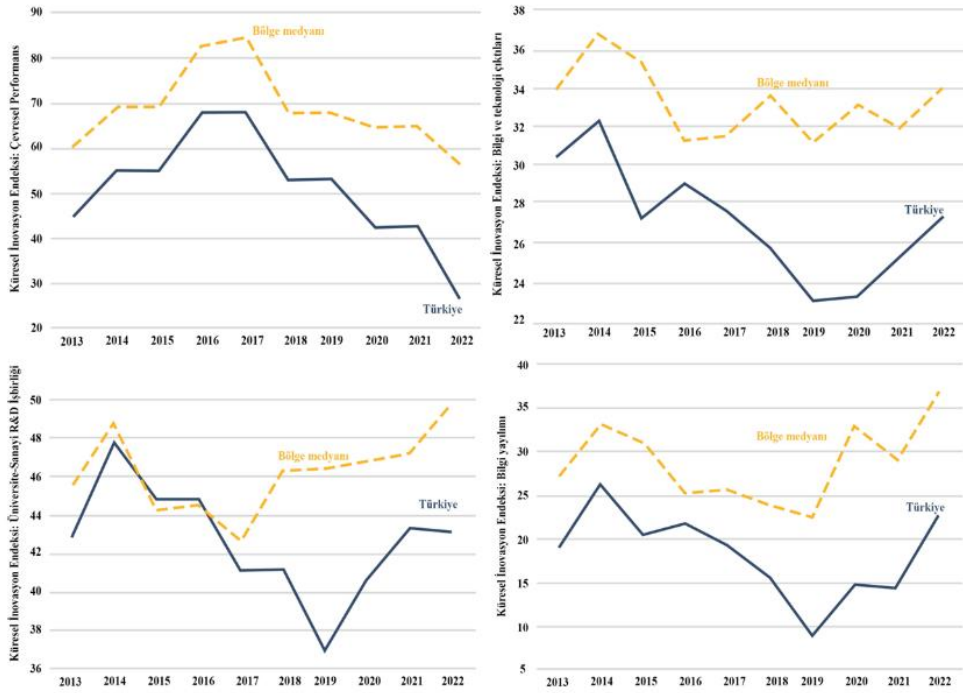


Kaynak: OECD, TEPAV hesaplamaları

- 76. Teknolojik dönüşüm bu kadar kritik hale gelmişken ve yukarıdaki analizlerde ortaya çıktığı şekilde Türkiye'nin rekabet gücünü etkileyen meselelerin her birinde önümüze çıkarken, üretimde ve ihracatta yüksek teknoloji yoğunluğunun artmamasının arkasındaki etkenleri açıklamaya çalışmak büyük önem taşımaktadır.** Buna yönelik genel bir yönlendirici değerlendirme sağlamak için öncelikle Şekil 37'deki Küresel İnovasyon Endeksi'nin bileşenleri incelenebilir. Endeksin altındaki bileşenler ve göstergeleri, Türkiye'nin yıllar içerisindeki performansını içinde bulunduğu bölge ortalamasıyla karşılaştırmalı olarak analiz ederek en dikkat çekici farkların olduğu alanları ortaya koymaktadır. Yeni eğilimlerle birlikte bölgesel işbirlikleri ve özellikle AB ve Türkiye'nin teknoloji odaklı işbirliği çerçevesi üzerine tartışmak anlamlı olduğu için, bölge ortalamasıyla farkı değerlendirilmiştir. Burada dikkat çeken alt endekslerden biri Bilgi ve Teknoloji Çıktıları alt endeksi olmuştur. Her ne kadar Türkiye'de son yıllarda artış eğilimi gözlenirse de bölge ortalamasıyla aradaki fark sürmektedir. Bu alt endeks, rapordaki ana odaklarımızdan biri olan teknolojik ilerlemeye katkı verecek şekilde inovasyon ekosisteminin işlevselleştirilmesi ile ilişkilidir. Üniversite-sanayi işbirliği ile ilgili gösterge söz konusu olduğunda ise, akademik çalışmaların sanayi üretimine aktarılması açısından önemini yanı sıra sanayide insan kaynağının geliştirilmesiyle ilişkisi de unutulmamalıdır. Bu ilişkiyi güçlendirmeye yönelik teşvik mekanizmalarının her ikisini de göz önünde bulundurarak yapılması anlamlı olacaktır.
- 77. Bu rapordaki bir diğer odağımız olan sanayide teknolojik dönüşümle ilişkili değerlendirebileceğimiz alt gösterge ise, 'Bilginin Yayılımı'dır.** Burada da son yıllarda

artış eğilimi izlenmekle birlikte Türkiye ile bölge ortalaması farkı hala dikkat çekicidir. Yeni teknolojilerin gelişmesine ve yayılmasında kurumların tek başına yeterli olmadığını ve işbirliği ihtiyacının öne çıkmasından hareketle dikkat çekmek istediğimiz üniversite-sanayi işbirliği göstergesinin, Türkiye'nin sorunlu alanlarından olduğu görülmektedir. Bölge ortalamasıyla aynı seviyedeysen 2016'dan bu yana aradaki fark açılmıştır ve bir toparlanma görülsede devamı gelmemiştir. Son olarak küresel ve bölgesel eğilimlerde bizim için en kritik faktörlerden olan yeşil dönüşümle ilişkili Çevresel Sürdürülebilirlik alt göstergesinde ise Türkiye ve bölge ortalaması arasındaki performans farkı açılmaya devam etmektedir (Şekil 37). Bu göstergeler Türkiye sanayisinin hem teknoloji yoğunluğunu artırmasında hem de yeni teknolojileri benimseme ve uyum sağlama kapasitesini geliştirmesinde etkilidir ki benzer bir hazırlık seviyesi ihtiyacı önceki bölümün (I. Keşif) sonunda yer verdiğimiz Öncü Teknolojilere Hazırlık Seviyesi Endeksi'nde de görülmektedir.

Şekil 37 Küresel İnovasyon Endeksi'nde Türkiye'nin bölge ortalamasıyla karşılaştırmalı yeri, 2013-2022

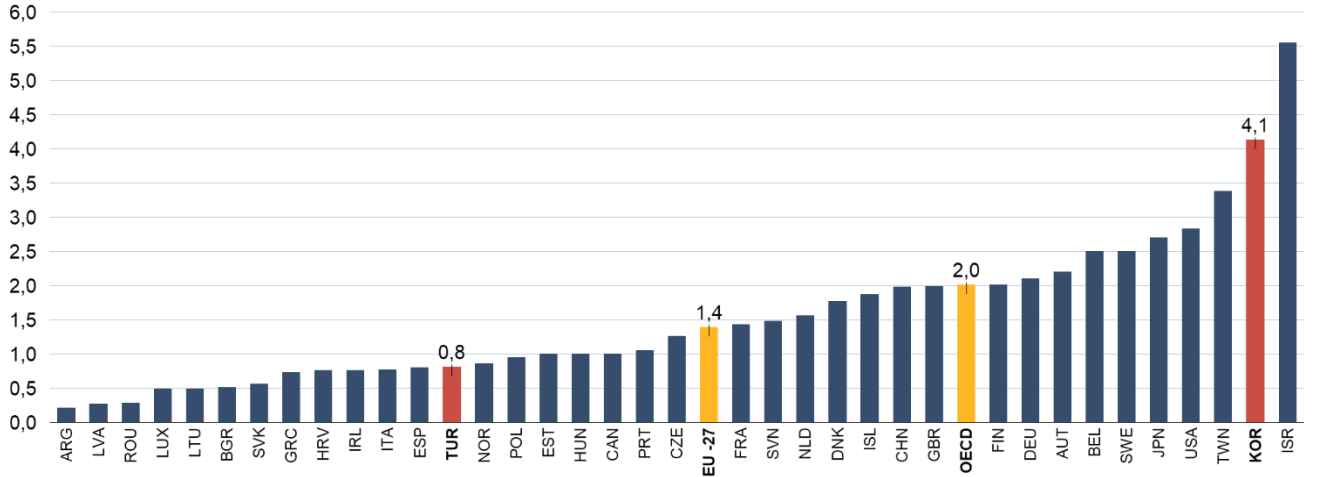


Kaynak: Dünya Bankası Küresel İnovasyon Endeksi Verileri, 2023, TEPAV görselleştirmeleri
Not: Bölge endeksi Avrupa ve Orta Asya'yı kapsamaktadır.

78. Burada öne çıkan göstergelerden hareketle Şekil 38'de özel sektörün Ar-Ge harcamalarına Türkiye ve farklı ülkelerde karşılaştırmalı olarak bakılabilir. 2022 yılında Türkiye'de özel sektör Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payı yüzde 0,8 iken bu oran Güney Kore'de yüzde 4,1, Çek Cumhuriyeti'nde yüzde 1,3, Macaristan'da 0,96'dır. OECD ortalaması ise yüzde 2'dir. Her ne kadar Türkiye'de özel sektörün Ar-Ge harcamaları son 30 yılda artış gösterse de çok sınırlı kalmıştır. Önceki bölümden de

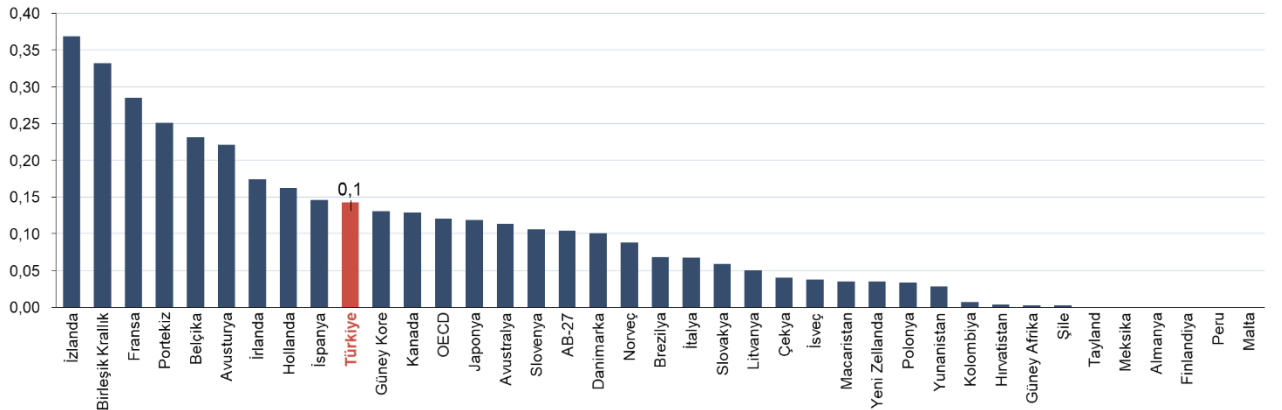
hatırlayacağımız üzere, yeni teknolojilerde özellikle de yeşil teknolojilerin geliştirilmesinde ve yayılmasında sanayi firmalarının rolü kritik şekilde öne çıkmaktadır. Özel sektörün teknoloji, Ar-Ge ve inovasyon kapasitesini geliştirmesi, sadece kamu Ar-Ge destekleri ve yatırımları ile gerçekleşemez. Hem Ar-Ge harcamalarının hem de üniversiteler ve sanayi arasındaki işbirliklerinin gerçek değere odaklanacak şekilde artması ve işlevselleşmesi gerekmektedir. Özel sektör Ar-Ge'sini desteklemek üzere ortaya konan Ar-Ge'de vergi teşvikleri söz konusu olduğunda Türkiye'nin yeri gelişmiş ülkelerle benzer bir seviyededir (Şekil 39). Şekil 39'da OECD ülkelerinde Ar-Ge vergi teşvikleri aracılığıyla sağlanan kamu desteklerinin GSYH'deki payına baktığımızda Türkiye'nin OECD ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir. Fakat bu teşvikler özel sektör Ar-Ge harcamasını sürdürülebilir şekilde tetiklemeye yetmemiş gibi görünmektedir.

Şekil 38 Özel Sektör Ar-Ge harcamaları, GSYH'den alınan pay, %, 2022



Kaynak: OECD, Main Science and Technology Indicators, TEPAV görselleştirmeleri

Şekil 39 Ar-Ge vergi teşvikleri kanalıyla sağlanan kamu desteklerinin GSYH'deki payı, %, 2021



Kaynak: OECD, Main Science and Technology Indicators, TEPAV görselleştirmeleri

79. I.Keşif bölümünde yer verdiğimiz gibi 2023 yılında dünyadaki toplam özel sektör Ar-Ge harcamalarının yüzde 85'i 2000 şirket tarafından yapılmıştır. Şekil 40'ta Ar-Ge harcamasında ilk 2000 şirket arasında yer alan şirketler ve ülkelerine ilişkin öne çıkan örnekler yer almaktadır. Ar-Ge harcamalarında ABD şirketleri liderlik ederken, Almanya, İsviçre, Güney Kore ve Çin şirketleri de dikkat çekmektedir. Listenin tamamına göz attığımızda, bu şirketlerin tamamının büyük şirketler olmadığı, yaklaşık 200 şirketin çalışan sayısının 250 ve altında olduğu dikkat çekmektedir. Şekil 41 ise, son listede yer alan Türkiye şirketlerinin yıllara göre değişimini göstermektedir. Son on yılda ilk 2000 şirket arasına giren Türkiye şirketlerinin sayısı altıya ulaşmışken, 2023 yılında Türkiye'den sadece bir şirket (Aselsan) listede yer almaktadır.

Şekil 40 Dünyada en yüksek Ar-Ge harcaması yapan ilk 2000 şirket, milyon Euro, 2023

Sıralama	Şirket	Ülke	Ar-Ge Harcaması (€ milyon)
1	ALPHABET	ABD	39804,2
2	META	ABD	33229,2
3	APPLE	ABD	27242,5
4	MICROSOFT	ABD	26873,7
5	VOLKSWAGEN	Almanya	21779,0
6	HUAWEI INVESTMENT & HOLDING	Çin	19939,2
7	SAMSUNG ELECTRONICS	Güney Kore	19890,5
8	INTEL	ABD	14612,5
9	ROCHE	İsviçre	14225,6
10	JOHNSON & JOHNSON	ABD	13972,3
11	MERCK US	ABD	11703,9
12	MERCEDES-BENZ	Almanya	9980,0
13	PFIZER	ABD	9633,0
14	ASTRAZENECA	İngiltere	9502,8
15	GENERAL MOTORS	ABD	9015,6
16	ELI LILLY	ABD	8481,4
17	BRISTOL-MYERS SQUIBB	ABD	8384,5
18	ORACLE	ABD	8118,6
19	TENCENT	Çin	8117,6
20	NOVARTIS	İsviçre	8070,3
21	QUALCOMM	ABD	8030,2
22	NVIDIA	ABD	7900,0
23	BMW	Almanya	7755,0
24	ROBERT BOSCH	Almanya	7564,0
25	STELLANTIS	Hollanda	7484,0
26	FORD MOTOR	ABD	7467,4
27	TOYOTA MOTOR	Japonya	7353,2
28	CISCO SYSTEMS	ABD	6876,4
29	SANOFI	Fransa	6728,0
30	ALIBABA GROUP HOLDING	Çin	6620,0
738	ASELSAN ELEKTRONİK SANAYİ VE TİC. Türkiye		263,7

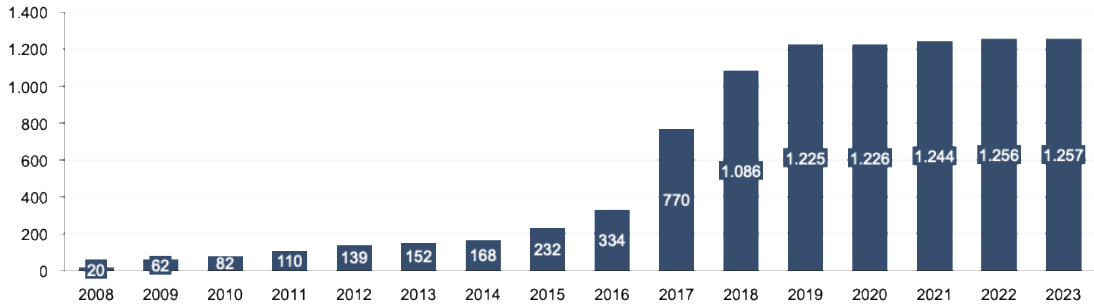
Kaynak: EU Industrial R&D Scoreboard 2024 Verileri, TEPAV Görselleştirmeleri

Şekil 41 Ar-Ge harcamasında ilk 2000 şirket arasında yer alan Türkiye şirketleri, 2013-2023

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ASELSAN	ARCELİK	ARCELİK	ARCELİK	ARCELİK	ARCELİK	ARCELİK	ARCELİK	FORD	ASELSAN	ASELSAN
FORD	ASELSAN	ASELSAN	ASELSAN	ASELSAN	ASELSAN	ASELSAN	ASELSAN	KOC	FORD	
KOC	FORD	FORD	FORD	FORD	FORD	FORD	FORD	TUSAS	KOC	
TOFAS	KOC	KOC	KOC	KOC	KOC	KOC	KOC		TUSAS	
VESTEL	TOFAS	TOFAS	TOFAS			TOFAS	TOFAS			
	VESTEL					TUSAS	TUSAS			

Kaynak: EU Industrial R&D Scoreboard 2024 Verileri, TEPAV Görselleştirmeleri

80. Özel sektör Ar-Ge harcamaları, yıllar içerisindeki değişime rağmen, farklı ülkelerle karşılaştırmalı bakıldığında yetersiz kalırken, özel sektör Ar-Ge Merkezlerinin sayısı dikkat çekici şekilde artmıştır (Şekil 42). 2008’de 20 olan Ar-Ge Merkezi sayısı 2023’te 1257’ye ulaşmıştır. 2008 tarihli 5746 Ar-Ge Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkında Kanun ile başlayan süreçte asıl etkinin ilgili kanun çerçevesinde 2014 ve 2017 yıllarında takip eden düzenlemeler ve teşvik mekanizmalarıyla görüldüğü izlenmektedir. Şekil 43 ise Türkiye’deki Ar-Ge Merkezlerinin sektörlere ve şehirlere göre dağılımı verilmektedir. Sektörel dağılımda Makine ve Teçhizat İmalatı alt sektörü öne çıkmaktadır. Önceki kısımlarda özellikle Türkiye sanayisinin kapasitesi ve yüksek teknoloji ihracat potansiyelinde ortaya koyduğumuz gibi, Türkiye’de makine sektörü Ar-Ge ve teknoloji odağımızda önemli bir yere yerleşmektedir. Ar-Ge Merkezlerinin yüzde 14’ü doğrudan Makine ve Teçhizat İmalatı alt sektöründeyken, yine önceki analizlerde bahsettiğimiz yüksek potansiyele sahip ve pazarı giderek büyüyen ileri malzeme, elektronik, kimya gibi ilişkili alanlarla birlikte düşünürsek Türkiye’deki Ar-Ge Merkezlerinin yarısına yakınının bu alanlarda olduğu görülmektedir. Şehirlere göre dağılımda ise, açık ara İstanbul öne çıkmaktadır (Şekil 43, sağdaki tablo). Türkiye’deki Ar-Ge Merkezlerinin yaklaşık yüzde 35’i İstanbul’dadır ve onu Ankara (yüzde 12) ile Kocaeli (yüzde 11) izlemektedir. Sonraki kısımlarda farklı göstergelerle tekrar değineceğimiz üzere, Ar-Ge Merkezlerinin şehirlere dağılımı da Türkiye sanayisinin tek mekana sıkışmışlık problemine işaret etmektedir.

Şekil 42 Türkiye’deki Ar-Ge Merkezleri sayısı, 2008-2023

Kaynak: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Ar-Ge Merkezleri İstatistikleri, TEPAV Görselleştirmeleri

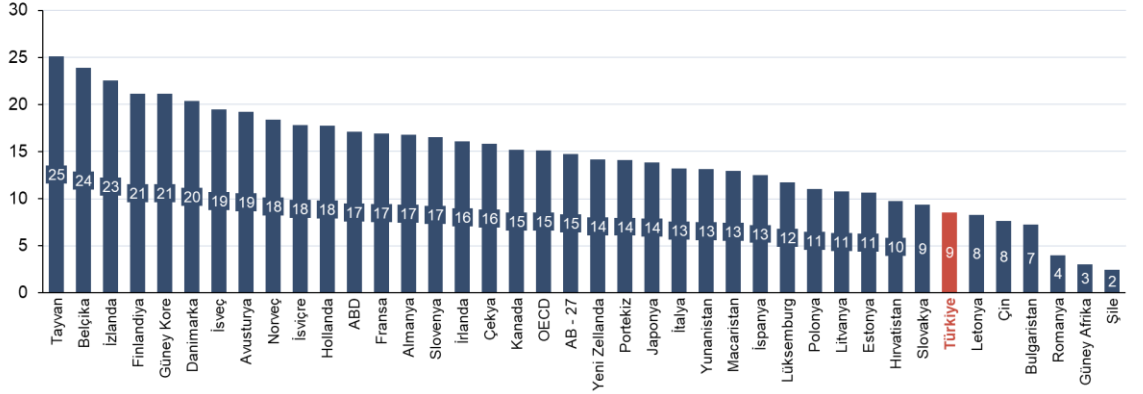
Şekil 43 Türkiye’deki Ar-Ge Merkezlerinin sektörlere ve şehirlere göre dağılımı, ilk 15 şehir ve diğerleri, 2024

Sektör	Ar-Ge Merkezi Sayısı	Şehir	Ar-Ge Merkezi Sayısı
Makine ve Teçhizat İmalatı	168	İstanbul	427
Otomotiv Yan Sanayi	136	Ankara	152
Yazılım	123	Kocaeli	138
Bilgisayar ve İletişim Teknolojileri	90	Bursa	134
Tekstil	78	İzmir	103
Elektrik-Elektronik	78	Tekirdağ	53
Kimya	76	Manisa	35
Gıda Sanayi	60	Sakarya	25
Savunma Sanayi	56	Konya	22
İlaç	41	Eskişehir	21
İmalat Sanayi	42	Antalya	18
Enerji	33	Kayseri	16
Demir ve Demir Dışı Metaller	26	Balıkesir	15
Tarım	24	Denizli	14
Otomotiv	24	Kahramanmaraş	13
Diğer	276	Diğer	145

Kaynak: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Ar-Ge Merkezleri İstatistikleri, TEPAV Görselleştirmeleri

81. Türkiye’de uygulanan teşvik ve destek mekanizmalarıyla birlikte Ar-Ge merkezi sayısındaki önemli artış henüz Ar-Ge harcamalarına ve yüksek teknolojlili ihracata yansımamıştır. Yüksek teknolojlili ürünlerin ihracat oranını artırmak, birden fazla temel faktöre dayanmaktadır: teknoloji geliştirebilmek ve üretime entegre ederek ticarileştirebilmek, finansal kaynaklar ve yüksek nitelikli insan kaynağı. Bu kapsamda durum analizine devam ederken yukarıdaki bileşenlerle ilişkili bir diğer gösterge olan Ar-Ge personeli sayısında Türkiye’nin yerine bakılabilir. Şekil 44, OECD ülkelerinde Ar-Ge personeli sayılarını göstermektedir. Türkiye’de Ar-Ge personelindeki yetersizlik, yukarıda değinilen özel sektör Ar-Ge harcamalarına benzer şekilde dikkat çekicidir. Son 20 yılda Türkiye’de Ar-Ge merkezlerine verilen destekler, teknoparklarda Ar-Ge personeli destekleri gibi teşvik mekanizmalarıyla birlikte Ar-Ge personeli sayısında artış izlese de Türkiye’deki mevcut durum, OECD ve AB-27 ortalamasının çok altındadır. Ar-Ge harcamaları, Ar-Ge teşvikleri, Ar-Ge Merkezleri ve Ar-Ge personeli eğilimlerini birlikte değerlendirdiğimizde aynı zamanda bir Ar-Ge verimliliği meselesi ortaya çıkmaktadır. Ar-Ge verimliliğine ilişkin hedefler konması ve izlenmesi bu çerçevede önem taşımaktadır. Sanayideki üretim süreçlerine yönelik araştırmaları ve Ar-Ge projelerini teşvik edecek şekilde Ar-Ge teşviklerinin ve finansman mekanizmalarının tasarımı bu kapsamda yeniden düşünülmesi gereken meselelerdendir.

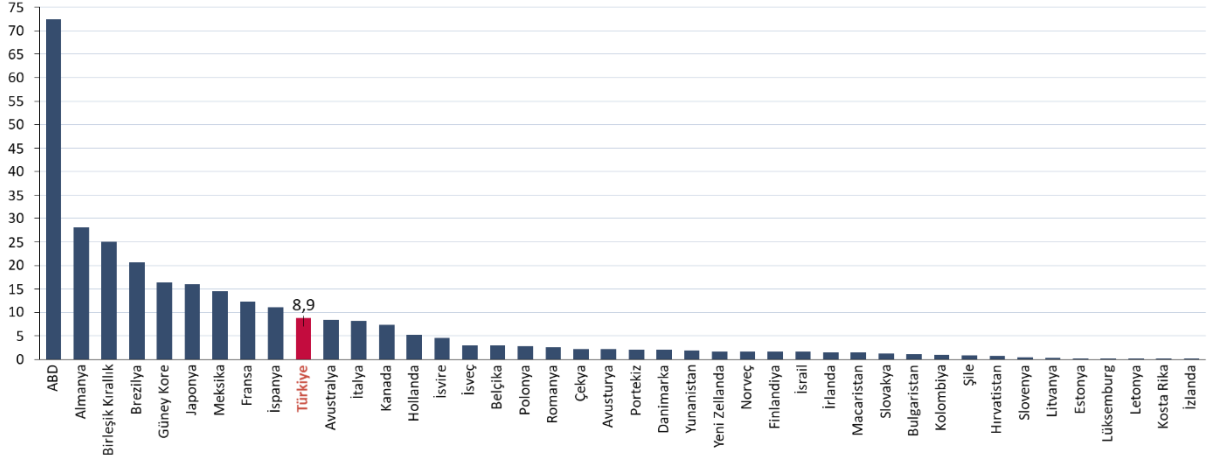
Şekil 44 OECD ülkelerinde 1000 istihdam başına düşen Ar-Ge personeli, 2021



Kaynak: OECD Database Science and Technology Indicators, 2024, TEPAV görselleştirmeleri

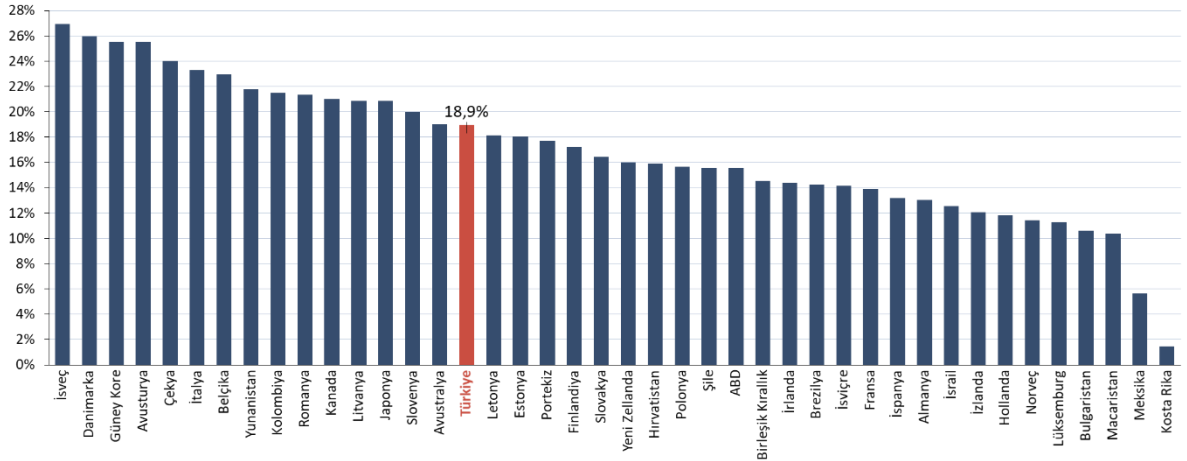
82. Ar-Ge personeli sayısındaki düşüklüğün nedenlerini mevcut beşeri sermaye kapasitesiyle birlikte sorgulamaya devam etmek üzere Türkiye'deki doktora öğrencilerinin sayısına baktığımızda Türkiye'deki rakamlar yüksektir (Şekil 45). Şekil 45'te görüldüğü üzere OECD ülkeleri arasında Türkiye doktora öğrencileriyle 7.sırada yer almaktadır ve bu durum Ar-Ge harcamalarında ve Ar-Ge personeline gördüğümüzden çok farklıdır. Fakat bunun yanında doktora mezunlarının yüzdesine yine OECD verileriyle bakıldığında, Türkiye'nin OECD ortalamasının altında olduğu görülmektedir. Özellikle bilim, teknoloji, mühendislik ve/veya matematik (STEM) alanlarında doktora mezunlarının sayısı OECD ortalamasının altındadır. Takip eden Şekil 46 ise, mühendislik, imalat ve inşaat alanlarındaki doktora mezunlarının toplam doktora mezunları içindeki payını vermektedir. Doktoraya kayıtlı öğrencilerin oranı kadar dikkat çekici olmasa da mühendislik, imalat ve inşaat alanlarındaki doktora mezunlarının oranı bakımından Türkiye OECD ortalamasının üzerindedir. Tüm bunlardan hareketle Ar-Ge personeli niteliği taşıyabilecek doktora mezunları yetiştiren Türkiye'de, bu kapasitenin, Ar-Ge personeline ve özel sektörde gerçekleştirilen Ar-Ge'ye dönüşmediği gözlenmektedir.

Şekil 45 Doktora veya eşdeğer düzeyde kayıtlı öğrenci sayısı, bin öğrenci, 2021



Kaynak: OECD, Education Database, TEPAV görselleştirmeleri

Şekil 46 Mühendislik, imalat ve inşaat alanlarındaki doktora mezunlarının toplam doktora mezunları içindeki payı, %, 2022

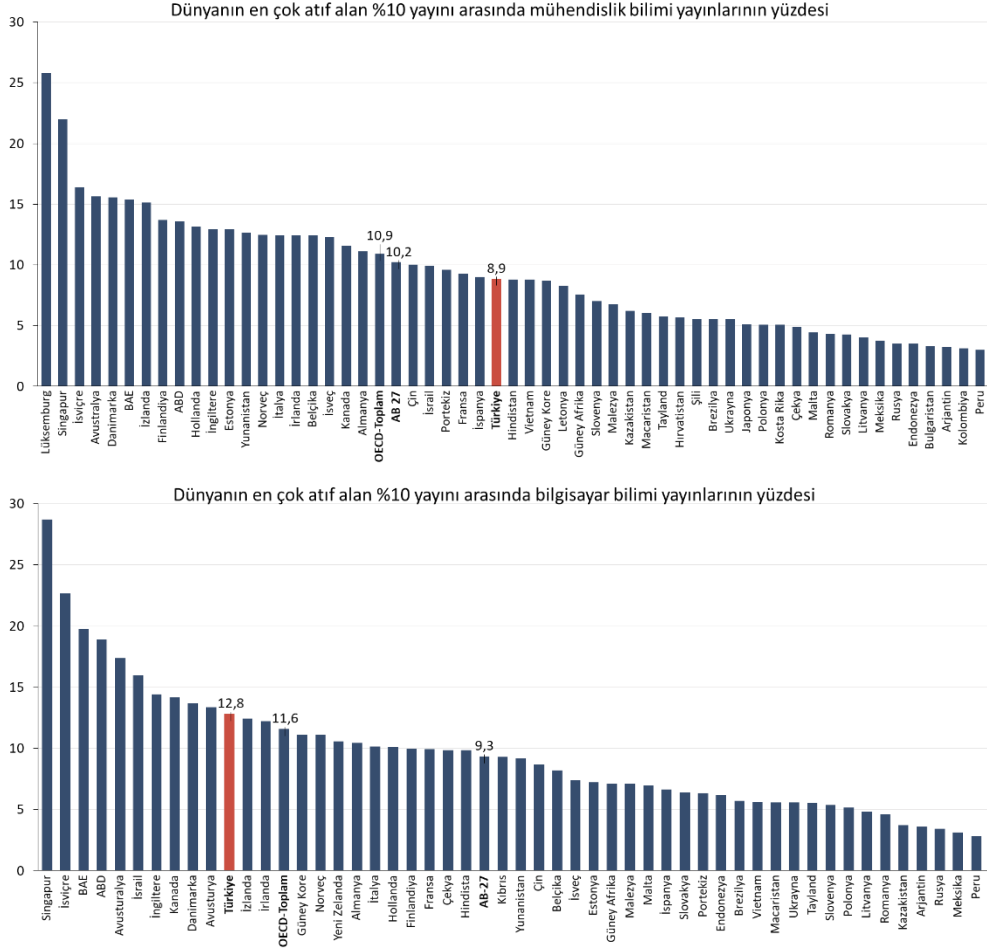


Kaynak: OECD, Education Database, TEPAV görselleştirmeleri

83. Bu kapasiteyi destekleyen diğer göstergelerden biri, Türkiye’de ilgili alanlardaki bilimsel yayınların niteliğidir. Şekil 47, dünyada en çok atıf alan yüzde 10’luk dilimde yer alan bilimsel yayınların payı farklı ülkelerle karşılaştırmalı olarak bilgisayar bilimleri ve mühendislik için vermektedir. Rapor kapsamında değindiğimiz yeni teknolojiler için kritik ortak alanlardan biri olan Bilgisayar Bilimleri’nde Türkiye’deki kaliteli yayınların payı OECD ve AB-27 ortalamalarının üzerindedir. Mühendislik alanlarının tamamı için benzer şekilde en çok atıf alan yüzde 10’luk dilimdeki bilimsel yayınların oranına baktığımızda Türkiye’nin OECD ve AB-27 ortalamalarına yakın olduğu görülmektedir. Doktora mezunlarındaki seviyeyle birlikte bilimsel yayınlarda kaliteyi değerlendirdiğimizde, Türkiye’de bilimsel araştırma kapasitesinin önemli bir seviyede olduğunu söylemek mümkün iken, bu bilimsel birikimin özel sektör Ar-Ge’sine ve yüksek teknolojlili ihracata yansımadağı yeniden gözlenmektedir. Bu çalışmaların

ticarileştirilebilir ürünlere dönüştürülmesi kritik bir öneme sahiptir. Tüm bu süreç Ar-Ge'nin etkin şekilde tamamlanmasının yanı sıra, rekabetçi ürün oluşturmak için tasarımın geliştirilmesi, pazar analizleri, fiyatlandırma politikaları ve pazarlama stratejileri ile bir bütün halinde düşünülmelidir.

Şekil 47 Dünyada en çok atıf alan %10'luk dilimde yer alan bilimsel yayınların oranı, (Bilgisayar Bilimleri ve Mühendislik) 2022



Kaynak: OECD, Bilim ve Teknoloji Göstergeleri, TEPAV görselleştirmeleri

84. İnovasyon ekosisteminde yaygın kullanılan çıktı göstergelerinden biri de patentlerdir. Önceki bölümde (1.Keşif) yeni teknolojilerle birlikte özellikle yeşil teknolojiler gelişmeye başladıktan sonra patent sahipliğinin dikkat çekici şekilde değiştiği ortaya koyulmuştur. Patentlerin teknolojilere dağılımında Çin öne çıkarken, son dönemde daha da kritik olan yeşil teknolojilerin sahiplerinin sanayi şirketleri olmasıdır. Patentlerle ilgili durumu bu kez Türkiye özelinde incelendiğinde; Dünya Fikrî Mülkiyet Örgütü (WIPO)'nün yayımladığı uluslararası patent başvuru verilerine bakarsak, Türkiye'nin 2023 yılında uluslararası patent (PCT) başvurusu sayısını yüzde 8 arttırdığı ve dünyada 14. sıraya yerleştiği söylenebilir. Türkiye, son 20 yılda PCT

başvurularında etkileyici bir performans sergilemiş ve PCT sayıları neredeyse 20 katına ulaşmıştır. Teknoloji alanlarına göre globalde görülen eğilimlerle Türkiye'nin karşılaştırılması da faydalı olacaktır. 2023 itibarıyla globalde yayınlanmış tüm patent başvurularına bakıldığında, son beş yılda en yüksek artış oranıyla yeşil teknolojiler patentlerinin iki katına çıktığı görülmektedir.¹¹ Bunu yapay zeka ve batarya teknolojileri patentleri izlemektedir. Şekil 48'deki tabloda öncelikle globalde öne çıkan patent sahipleri ve alanların dağılımı yer almaktadır. Hem toplam patent sayısı hem de artış oranıyla yeşil teknolojiler dikkat çekerken, yeşil teknolojilerde Mitsubishi öne çıkan patent sahibidir.

85. Şekil 49'da, Türkiye'de 2023 itibarıyla yayımlanan patentlerde artış oranlarıyla birlikte teknoloji alanları ve öne çıkan patent sahipleri gösterilmektedir. Yayımlanan patent başvurularında son beş yılda meydana gelen artış oranlarına göre Eklemeli İmalat Teknolojileri ve Yapay Zeka patentleri iki katına çıkarak ilk iki sırada yer almıştır. Onları robotik teknolojiler patentleri izlemektedir. Son beş yılda düşüş gösterdiği için tabloda artış oranına göre sıralamada yer alamasa da Türkiye'de otomotiv patentleri toplam sayı olarak öne çıkmaktadır ve burada Ford Otosan patent başvuru lideridir. Otomotivi takiben toplam patent sayısında enerji alanı öne çıkmaktadır. Yine son beş yılda yaşadığı düşüş nedeniyle tabloya yansımaya da Arçelik'in liderliğinde görünen enerji patentlerinin toplam sayısı Türkiye'deki patentlerin önemli bir bölümünü oluşturmaya devam etmektedir.

Şekil 48 Teknoloji alanlarına göre patent sayıları ve ilgili alanda öne çıkan patent sahibi, Dünya, 2023

Teknoloji Kategorisi	Yayımlanan Toplam Patent Sayısı	Patent Başvuru Lideri	2022 - 2023 Artış Oranı, %	2018 - 2023 Artış Oranı, %
Yeşil Teknolojiler	10.959.558	MITSUBISHI	44	208
Yapay Zeka	1.279.459	IBM	-1	161
Batarya Teknolojileri	1.420.764	TOYOTA	29	150
Enerji	14.616.971	PANASONIC	9	71
Medikal Teknolojiler	3.642.172	OLYMPUS	-18	63
Siber Güvenlik	706.63	IBM	3	51
Robotik Teknolojiler	590.46	FANUC CORP.	-10	46
Biyoteknoloji	1.334.489	UNIV. OF ZHEJIANG	10	44
Otomotiv	8.470.522	TOYOTA	-11	35
İlaç	1.581.214	BAYER	23	30
Perakende ve E- Ticaret	429.06	IBM	-3	28
Havaalılık ve Savunma	952.59	AIRBUS	-6	28
Finans	395.81	HITACHI	-3	27
Üretim ve Yapı İşleri	9.373.954	PANASONIC	-17	25
Eklemeli İmalat Teknolojileri	142.64	HP	-10	18
Telekomünikasyon	6.000.012	PANASONIC	-2	16
Tarım	3.371.982	ISEKI	-7	11
İleri Malzemeler	6.028.053	MITSUBISHI	-8	8
Tekstil	1.441.273	TORAY	-25	6
Gıda ve İçecek	2.018.455	KVASENKOV OLEG	-17	-19

Kaynak: Türkiye'nin Patent Raporu 2023, TEPAV görselleştirmeleri

¹¹ Türkiye Patent Raporu 2023, <https://www.patentraporu.com/turkiyenin-patent-raporu-2023>

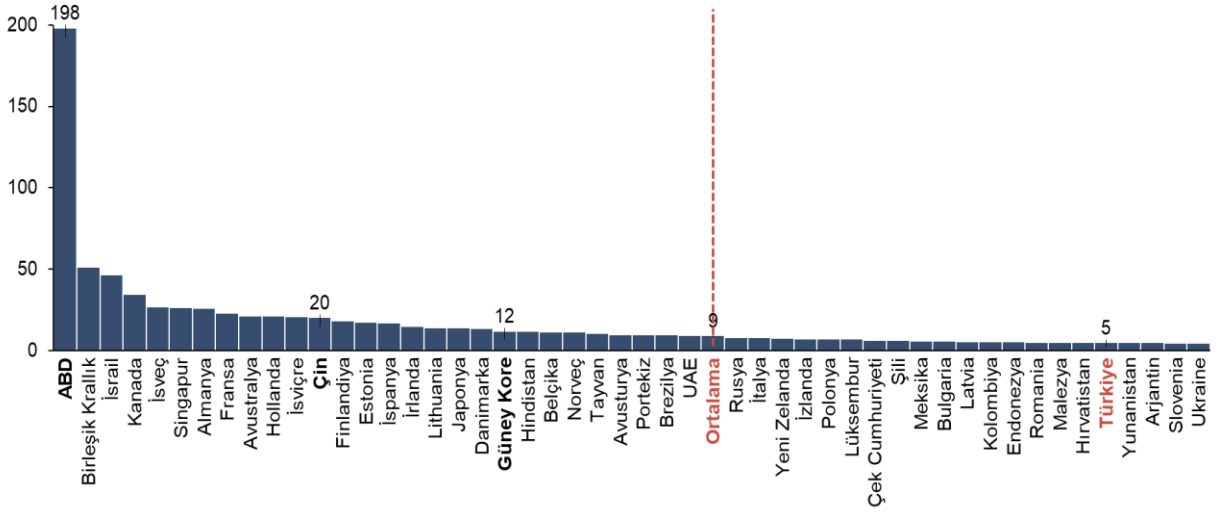
Şekil 49 Teknoloji alanlarına göre patent sayıları ve ilgili alanda öne çıkan patent sahibi, Türkiye, 2023

Teknoloji Kategorisi	Yayımlanan Toplam Patent Sayısı	Patent Başvuru Lideri	2022 - 2023 Artış oranı, %	2018 - 2023 Artış Oranı, %
Ekleme İmalat Teknolojileri	265.00	TÜRK HAVACILIK UZAY SAN.	-10	225
Yapay Zeka	2.59	TURKCELL	54	213
Robotik Teknolojiler	1.21	OYAK RENAULT	-11	74
Havacılık ve Savunma	3.03	ASELSAN	2	47
İlaç	4.48	SANOVEL İLAÇ	32	32
Biyoteknoloji	1.42	İSTANBUL ÜNİV.	-16	30
İleri Malzemeler	6.07	SANOVEL İLAÇ	-3	23
Batarya Teknolojileri	1.20	VESTEL	-13	18
Siber Güvenlik	1.15	TURKCELL	29	16
Tarım	6.18	TÜRK TRAKTÖR	-1	14
Yeşil Teknolojiler	10.47	ARÇELİK	-17	3
Medikal Teknolojiler	8.63	İSTANBUL ÜNİV.	-15	-1
Perakende ve E- Ticaret	1.79	TURKCELL	99	-2
Enerji	14.54	ARÇELİK	-11	-5
Tekstil	3.89	KORDSA	-16	-10
Finans	1.52	TURKCELL	60	-11
Üretim ve Yapı İşleri	12.65	ECZACIBAŞI YAPI GEREÇLER	-9	-15
Gıda ve İçecek	9.49	İST. GELİŞİM ÜNİV.	9	-21
Otomotiv	14.64	FORD OTOSAN	-5	-21
Telekomünikasyon	7.60	TURKCELL	35	-38

Kaynak: Türkiye'nin Patent Raporu 2023, TEPAV görselleştirmeleri

86. I.Keşif bölümünde işaret edildiği gibi, Türkiye’de de teknolojik dönüşüm ve inovasyonda teknoloji start-up’larının ve yapılan yatırımların rolü giderek önemli hale gelmiştir. Türkiye’de girişimcilik ekosistemi, son 20 yılda oluşmuş ve oluşumunu takiben de kayda değer bir gelişim göstermiştir. Birçok teşvik ve destek programları bu gelişimi güçlendirmek için ortaya konmuştur. Türkiye sanayisini değerlendirirken ortaya çıkan sürdürülebilir ivme yakalayamama meselesi, teknoloji ve girişimcilik ekosistemi söz konusu olduğunda da geçerlidir. Girişimcilik ekosisteminde atılan adımlar ve ivmelenen start-up göstergeleri son birkaç yılda beklenen etkiye ve sürdürülebilir ivmeye dönüşmemiştir. Başarı hikayeleri gelmeye başlasa da start-up’ların yatırım alması, globalleşmesi ve büyümesi söz konusu olduğunda beklenen etki henüz gözlenememiştir. Start-up ekosistem endeksinde alınan skora göre Türkiye 45. sırada yer almaktadır (Şekil 50). Start-up ekosistemi ile özel sektör Ar-Ge’sinin tetiklenmesi birlikte düşünüldüğünde özellikle orta-yüksek ve yüksek teknoloji sektörlerindeki büyük firmalardan yeni teknolojilerde *spin-off* şirketlerin çıkması odak konulardan biri olarak ele alınabilir. Büyük firmalardaki kurum içi girişimcilik potansiyelinden ve üretim becerilerinden faydalanarak teknoloji yoğun *spin-off* şirketlerin oluşmasının desteklenmesi ve tetiklenmesi, start-up ekosisteminin gelişimi için de önemli olacaktır.

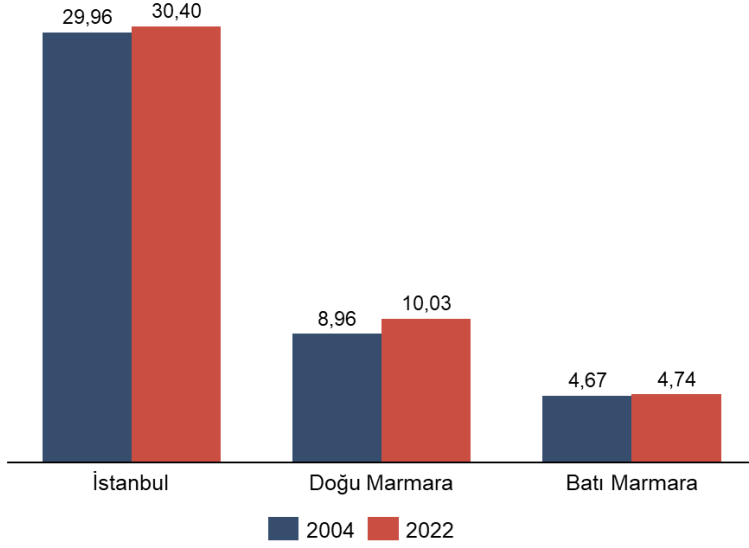
Şekil 50 Ülkelerin start-up ekosistem endeksi sıralaması ilk 50 ülke



Kaynak: Global Startup Ecosystem Index 2024 Raporu, TEPAV hesaplamaları

87. Türkiye sanayisindeki verimlilik ve teknolojik dönüşüm meseleleriyle ilişkili öne çıkan bir diğer konu sanayinin mekansal dağılımıdır. Marmara Bölgesi, Türkiye'nin GSYH'sinin yüzde 45'inden fazlasını sağlamakta ve teknoloji yatırımları da büyük ölçüde bu bölgede yoğunlaşmaktadır (Şekil 51). Bu durum ülkenin ekonomik direncinin tek bir bölgede olmasından ötürü zafiyetine ve bölgesel olarak eşitsizliklere neden olmaktadır. Yatırımların tek bir bölgede olması bir verimsizlik problemini de beraber getirmektedir. Bu durum, Türkiye'nin sanayi altyapısının dengesiz bir şekilde gelişmesine ve diğer bölgelerde ekonomik kalkınmanın yeterince desteklenememesine yol açmaktadır. Firma ölçeklerinin il dağılımlarına bakıldığında her ölçekte Marmara Bölgesi'nin diğer bölgelerden ayrıştığı fark edilmektedir. Her ne kadar Marmara Bölgesi dışında Ankara ve İzmir'in farklılaştığı görülse de ülkenin doğusu ile Marmara Bölgesi'nin ayrıştığı her ölçekte görülmektedir. Marmara Bölgesi'ne aşırı bağımlılık, hem bölgesel eşitsizliklerin derinleşmesine neden olmakta hem de olası bir ekonomik kriz ya da doğal afet durumunda ülkenin ekonomik yapısının kırılganlığını artırmaktadır. Bu nedenle, sanayi ve teknoloji yatırımlarının ülke geneline dengeli bir şekilde dağıtılması, hem ekonomik verimliliğin artmasına hem de bölgesel kalkınmanın sağlanmasına katkı sağlayacaktır.

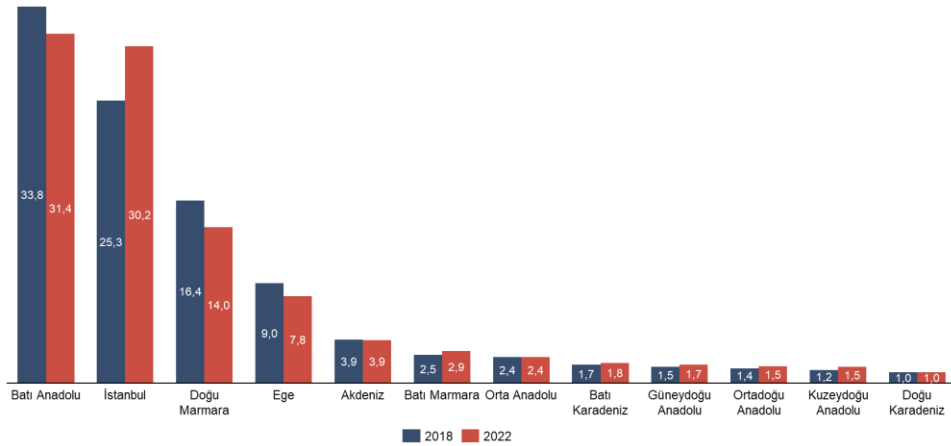
Şekil 51 Marmara Bölgesinin GSYH'den aldığı pay, %, 2004-2022



Kaynak: TÜİK, TEPAV hesaplamaları

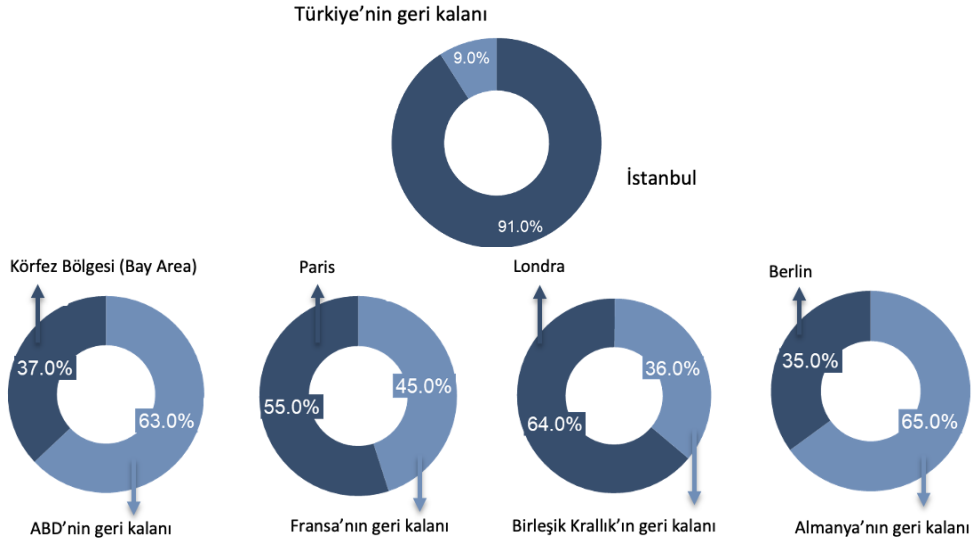
88. Teknoloji ekosistemini bölgelere göre değerlendirmek söz konusu olduğunda da tek bölgeye sıkışmışlık yeniden öne çıkmaktadır. Türkiye’de 2022 yılında yapılan Ar-Ge harcamalarının yarısı Marmara Bölgesi’ndedir. Yaklaşık yüzde 30’u ise, Batı Anadolu Bölgesi’ne yapılmıştır (Şekil 52). Türkiye sanayisinin dağılımına benzer şekilde Ar-Ge yatırımlarında da mekana sıkışmışlık ve bölgesel dengesizlik ön plandadır. Bunu destekleyen başka bir teknoloji ekosistemi göstergesi ise start-up yatırımlarının dağılımıdır. 2023 yılında Türkiye’deki start-up yatırımlarının yüzde 91’i İstanbul’daki start-up’lara yapılmıştır. Diğer ülkelerde de start-up ekosisteminin merkezi olarak görülen şehirlerde yatırımlar yoğunlaşsa da, İstanbul’daki kadar yüksek bir yoğunlaşma oranı görülmemektedir (Şekil 53).

Şekil 52 Bölgelere göre Ar-Ge harcamalarının toplam Ar-Ge harcamasının içindeki payı, %, 2018 - 2022



Kaynak: TÜİK, TEPAV hesaplamaları

Şekil 53 Seçili ülkelerin geri kalanına kıyasla teknoloji merkezlerine yapılan risk sermayesi yatırımları



Kaynak: Dealroom.co, TEPAV görselleştirmeleri

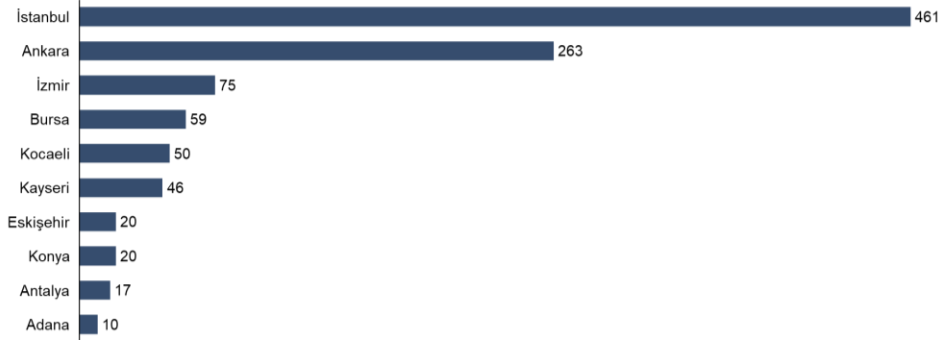
89. Patentlerin illere dağılımı, Ar-Ge harcamaları ve start-up yatırımlarındaki bölgesel dağılım dengesizliklerini destekleyecek şekildedir. 2023 yılında gerçekleşen toplam 8663 patent başvurusunun yarısı İstanbul'dan gelmektedir ve onu beklenen şekilde Ankara izlemektedir (Şekil 54). Gerek sanayinin mekansal dağılımında gerekse Ar-Ge harcamaları ve start-up yatırımlarında ortaya çıkan durumun, müdahale edilmediği takdirde devamının geleceğine işaret eden bir gösterge de patent sahipliği olan start-upların kurulduğu illerdir. Şekil 55, Türkiye'de kurulan ve patent sahibi olan start-upların illere dağılımını göstermektedir. İstanbul önemli bir farkla yine öne çıkarken, Ankara'da önceki göstergelere göre patentli girişimler söz konusu olduğunda yoğunlaşmanın daha fazla olduğunu söylemek mümkündür.

Şekil 54 Toplam patent başvuru sayısına göre ilk 20 ve son 20 il, 1995- 2023

Şehir	Toplam Patent Başvurusu	Şehir	Toplam Patent Başvurusu
İstanbul	44442	Bingöl	35
Ankara	12823	Tunceli	31
Bursa	6608	Ağrı	30
İzmir	5486	Muş	29
Kocaeli	3868	Artvin	29
Manisa	3417	Kars	26
Konya	2562	Kilis	23
Kayseri	1930	Bayburt	23
Sakarya	1851	Hakkari	19
Gaziantep	1677	Ardahan	6

Kaynak: Türkiye'nin Patent Raporu 2023, TEPAV görselleştirmeleri

Şekil 55 Patentli girişimlerin kuruldukları şehirler ve sayıları, ilk 10 şehir, 2023



Kaynak: Türkiye'nin Patent Raporu 2023, Patenteffect, TEPAV görselleştirmeleri

90. Türkiye sanayisi, son 30 yılda ihracat çeşitliliği ve pazar genişlemesiyle küresel değer zincirlerinde önemli bir yer edinmiş, bölgesel sanayi liderliği ve dünyada önemli bir tedarikçi ülke konumuna erişmiştir. Ancak, bu ilerlemelere rağmen Türkiye, orta gelir tuzağından çıkış sağlayamamış, küresel değer zincirlerinde bir üst ülke grubu olan yenilikçi faaliyetler grubuna geçiş yapamamıştır. Bunlarla ilişkili şekilde yüksek teknoloji üretim ile ihracat kapasitesinde beklenen sıçramayı gerçekleştirememiştir ve yüksek teknoloji ihracat payı artış gösterememiştir. AB ile süregelen güçlü ticaret ilişkileri ve AB'nin Avrupa Yeşil Mutabakatı ve teknoloji rekabetiyle şekillenen büyüme stratejisi, Türkiye sanayisinin ve teknoloji ekosisteminin dönüşümü için de fırsat alanı yaratmaktadır. Ancak bu potansiyelden yararlanılabilmesi için hem sanayideki teknolojik dönüşüme hem de teknoloji ekosisteminin inovasyon kapasitesinin geliştirilmesi için öncelikli ve problem ve ihtiyaç alanlarına yönelik çözüm geliştirmek gerekmektedir. Yukarıdaki analizlerde detaylandırıldığı üzere, Türkiye'de yüksek teknoloji ihracat, yeni teknolojilerle dönüşüm ve inovasyona doğru üç temel problem ve ihtiyaç alanı ortaya çıkmaktadır:

- Sanayinin yeni teknolojilerle dönüşümü ve teknoloji ekosisteminin yüksek teknoloji ihracata doğru işlevselleştirilmesi: Beşeri sermaye ve desteklerin Ar-Ge kapasitesine dönüşmemesi, özel sektör Ar-Ge harcamalarının ve Ar-Ge personelinin yetersizliği
- Firmalar arasındaki verimlilik farkları: Yüksek teknoloji sektörlerde verimlilik artışı ve ölçeklere göre farkların kapanması konusundaki potansiyele rağmen, sanayinin mevcut teknoloji seviyesi nedeniyle potansiyelin gerçeğe dönüşmemesi
- Tek mekana sıkışmışlık: Türkiye sanayisinin ve teknoloji ekosisteminin İstanbul'da yoğunlaşması

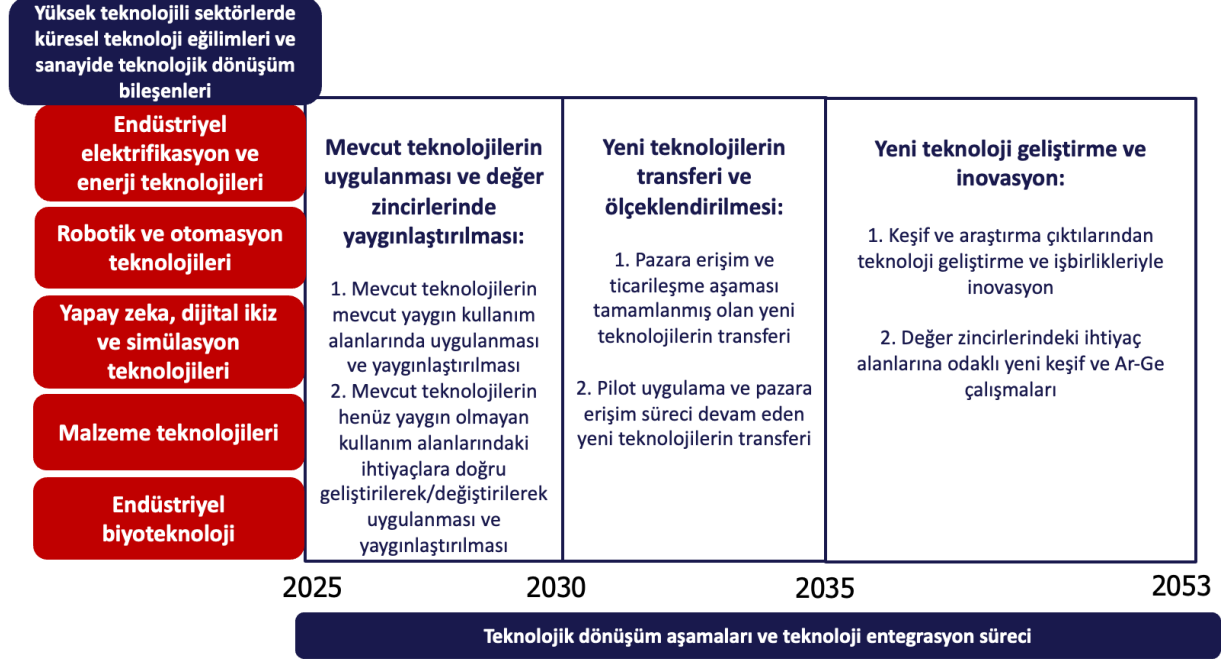
Buradan hareketle sonraki bölümde (III.Tasarım), I.Keşif bölümünde ortaya koyduğumuz güncel bölgesel ve küresel eğilimlerle yeniden şekillenen ortamda, Türkiye sanayisinin başta yüksek ve orta-yüksek teknoloji sektörler olmak üzere yeni teknolojilerle dönüşümü ve aynı zamanda inovasyonu tetikleyebilecek öncelikli adımlar ve fırsat alanları tartışılacaktır. Bu alanlarda ilerlemek için yaklaşım ve model tasarımı önerileri paylaşılacaktır.

III. Tasarım

- 91. Tedarik zincirlerinde artan belirsizlikler, iklim değişikliğiyle gelen risk faktörleri, yeni teknolojilerin yayılma hızıyla birlikte büyüyen teknoloji uçurumu ve jeoekonomik yarılma, sanayi politikası gündemini teknoloji odağıyla geri getirmiştir.** AB, teknoloji rekabetinde Çin ve ABD'nin gerisinde kalmışken, yarışa geri dönebilmek için ticaret, yatırım ve teknoloji bileşenlerinin her birine aynı amaçla odaklanan adımlar atmaya devam etmektedir. Sanayi 5.0 stratejisi, Avrupa Yeşil Mutabakatı ve yenilenen inovasyon teşvikleri, AB'nin teknoloji rekabetini artırmaya yönelik yeni büyüme stratejisi bileşenleridir. Önceki bölümlerde ortaya koyduğumuz gibi AB'nin bu çabalarının son iki yılda çıktılara yansımaya başladığını izlese de, AB'nin hala en büyük eksiği geliştirdiği teknolojileri değer zincirlerine uyumlu hale getirmek ve pazara erişimlerini sağlayarak yaratılan değeri büyütme, Çin, araştırmadan teknolojiye, üretimden pazara kadar tüm aşamaları bünyesinde toplamayı başararak teknoloji liderliğe doğru öne çıkmaya devam etmektedir. AB'nin teknoloji ve sanayi ekosistemine ilişkin tüm aşamaları kendi içinde toplaması ve aynı zamanda Avrupa Yeşil Mutabakatı ile ortaya koyduğu dekarbonizasyon hedeflerine tek başına ulaşması neredeyse imkansızdır.
- 92. Bu küresel ve bölgesel eğilimlerle şekillenen ortamda, Türkiye'de teknoloji odaklı yeni sanayi politikası gündemi üzerine, bu kez ülke koşullarına özgü bir yaklaşımla düşünmenin tam zamanıdır.** Aynı zamanda AB-Türkiye ilişkisini teknoloji odağıyla yeniden şekillendirebilmek için Türkiye'nin bu yönde hazırlık yapması önemli olacaktır. Bu bölümde, Türkiye'nin hazırlık sürecinde sanayide teknolojik dönüşüm ve inovasyon odağıyla teknoloji politikası üzerine tartışmayı başlatmak için yaklaşım ve araç tasarımı önerileri paylaşılacaktır. Önceki bölümlerde detaylarıyla yer verdiğimiz gibi yeni teknolojilerde gelişmeler hızlanırken ve ülkeler arasındaki teknoloji rekabeti artarken, Türkiye yüksek teknoloji ihracat ve teknolojik dönüşüm hedefine henüz ulaşamamıştır. Son 30 yılda Türkiye sanayisinin geçirdiği dönüşüm ihracat sepetini çeşitlendirmiş ve Türkiye'yi küresel değer zincirlerinin önemli bir parçası haline getirmiştir. Fakat beşeri sermaye ve bilimsel araştırma çıktılarındaki kapasiteye rağmen, Türkiye özel sektör Ar-Ge'sini yeterince geliştirememiş, sanayide yüksek teknolojinin payı artarak yüksek teknoloji ihracata doğru gidememiştir. Yüksek teknoloji şirketlerdeki verimlilik potansiyelinden hareketle verimlilik artışları ve şirketler arasındaki verimlilik farklarının kapanması mümkün olabileceken bu yönde bir dönüşüm gerçekleşmemiştir. Yeni teknolojiler aynı zamanda mekansal planlamada da yeni yaklaşımları beraberinde getirmesine rağmen, Türkiye'de mevcut sanayi ve teknoloji ekosistemi tek bölgeye sıkışmış halde kalmıştır. Peki Türkiye'nin bu yeni ortamı fırsata dönüştürebilmek için nasıl bir yaklaşıma ihtiyacı vardır?
- 93. Şekil 56'da, I.Keşif bölümünde analiz ettiğimiz küresel teknoloji eğilimlerinden hareketle sanayide yeni teknolojilerle dönüşüm bileşenleri beş teknoloji alanında toplanmıştır: Endüstriyel elektrifikasyon ve enerji teknolojileri, robotik ve**

otomasyon teknolojileri, yapay zeka, dijital ikiz ve simülasyon teknolojileri, malzeme teknolojileri ve endüstriyel biyoteknoloji. Türkiye'nin hem yüksek teknoloji ihracata doğru sanayide yeni teknolojilerle dönüşümü gerçekleştirmesi, hem de sürdürülebilirlik göstergelerini iyileştirerek verimlilik artışlarını sağlaması için bu beş teknoloji alanında teknolojik dönüşüm aşamalarını izlemesi ve sanayide teknoloji entegrasyon sürecini gerçekleştirmesi gerekmektedir. Farklı değer zincirlerinde farklı teknoloji alanlarının izleyeceği süreç, ilk aşama ve zamanlama farklı olacaktır. Teknolojik dönüşüm ve teknoloji entegrasyon süreci üç ana aşamadan oluşmaktadır. Birincisi mevcut teknolojilerin uygulanması ve değer zincirlerinde yaygınlaştırılmasıdır. Burada hem mevcut teknolojilerin mevcut yaygın kullanım alanlarında uygulanması söz konusu olabilir, hem de yine mevcut teknolojilerin henüz yaygın olmayan kullanım alanlarındaki ihtiyaçlara doğru geliştirilerek/değiştirilerek uygulanması ve yaygınlaştırılması mümkün olabilir. İkinci aşama, henüz yaygın olmayan yeni teknolojilerin transferi ve ölçeklendirilmesidir. Burada pazara erişim ve ticarileşme aşaması tamamlanmış olan yeni teknolojilerin transferinin yanında pilot uygulama ve pazara erişim süreci devam eden yeni teknolojilerin transferi de yapılabilir. Her biri için farklı değer zincirlerinde öne çıkan teknoloji transfer mekanizmaları ve kullanılacak araçlar farklılaşabilir. Önceki bölümlerde değindiğimiz yabancı Ar-Ge yatırımları bir teknoloji transfer kanalı olabileceği gibi mevcut yerli Ar-Ge'nin belirli odak alanlarda ihtiyaçlara yönelik kapasite artırımı ile ölçeklendirilmesi de mümkün olabilir. Üçüncü aşama ise yeni teknoloji geliştirme ve inovasyondur. Diğer aşamaların sürdürülebilir olması için ülkedeki Ar-Ge ve inovasyon kapasitesinin güçlendirilmesi ve dünyada teknolojik ilerlemeye katkı verir hale gelmesi gerekmektedir. Burada Türkiye gibi kaynakların kısıtlı olduğu ülkeler için önemli olan inovasyon ekosisteminde öncelikli alanları belirlemek ve buradan hareketle keşif ve araştırma çıktılarından yeni keşif, teknoloji ve Ar-Ge çalışmaları doğurmaktır. Bu üç aşama farklı teknoloji alanlarında ve farklı değer zincirlerinde eş zamanlı gerçekleşebileceği gibi başlangıç noktaları da farklılaşabilir.

Şekil 56 Yüksek teknolojlili sektörlerde küresel teknoloji eğilimleri ve sanayide yeni teknolojilerle dönüşüm bileşenleri ile teknoloji entegrasyon süreci

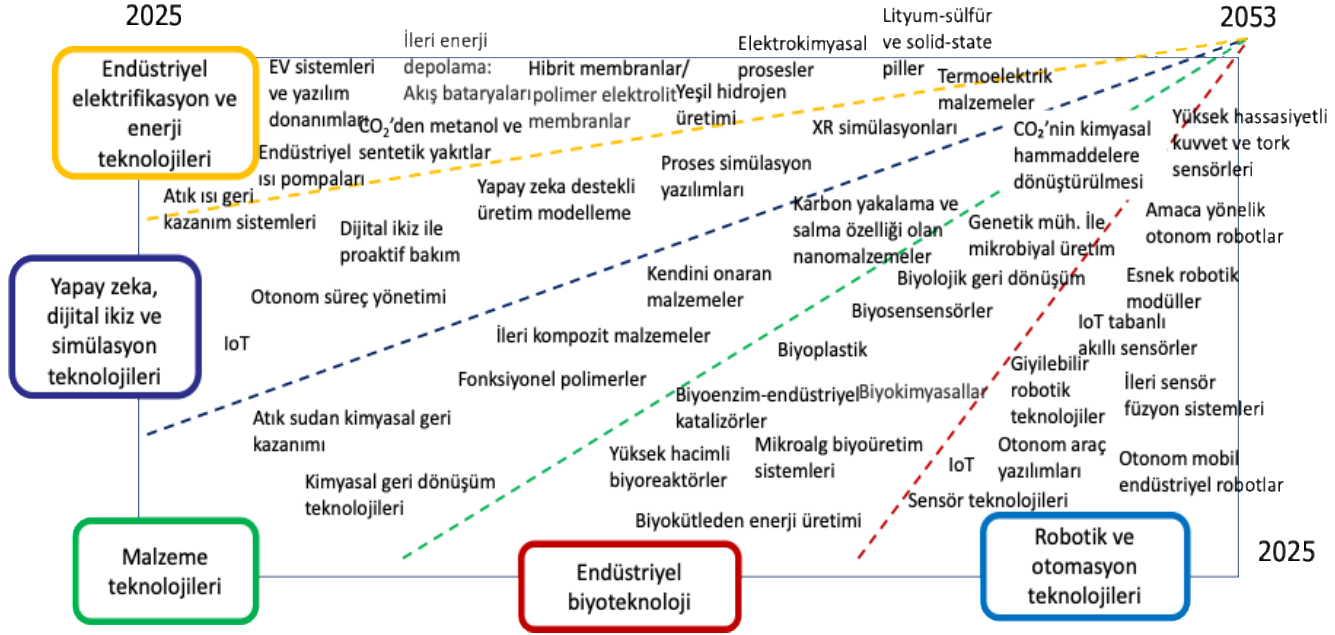


94. Enerji, yapay zeka, malzeme teknolojileri, endüstriyel biyoteknoloji ve robotik alanlarındaki inovatif çözümler, değer zincirlerinde hem verimlilik artışları hem de dekarbonizasyonu sağlayarak mevcut sektörlerin rekabet gücünü artırmakta rol oynayacaktır. Bu şekilde artan rekabet gücü, yeniden şekillenen talep ve ticaret ilişkileriyle birlikte, yüksek teknolojlili ihracatın artışını getirecektir. Önceki bölümde ortaya koyduğumuz gibi Türkiye'nin mevcut birikimi ve beceri setiyle öne çıktığı sektörlerden olan makine ve elektronik sektörleri için yeni teknolojilerin entegrasyonu potansiyeli gerçekleştirmek mümkün olacaktır. Örneğin makine sektöründe teknolojik dönüşüm ve inovasyon, yalnızca kendi değer zincirindeki verimlilik artışını ve sürdürülebilirliği sağlamakla kalmaz, aynı zamanda üretilen makineler ve ekipmanlarla diğer sektörlerin teknolojik dönüşüm ihtiyaçlarına da cevap verir. Yani yüksek teknolojlili çözümlerin entegrasyonu, makine sektöründe ihracat potansiyelini artırırken, dekarbonizasyon hedeflerine ulaşmak ve sanayide verimliliği yükseltmek için başta kimya ve enerji sektörleri olmak üzere farklı değer zincirlerinde çarpan etkisi yaratır.

95. Beş teknoloji başlığında topladığımız bu teknolojilerin değer zincirlerinde yayılması, teknoloji hazırlık seviyeleri doğrultusunda farklı aşamalar ve zamanlamalar gerektirir. Şekil 57'de beş başlıktaki teknoloji alanlarında yer alan alt teknolojiler, teknolojinin mevcut olgunluk seviyesine göre 2025 ve 2053 yılları arasında yerleştirilmiştir. Örneğin, endüstriyel ısı pompaları ve atık ısı geri kazanım sistemleri farklı değer zincirlerinde hemen kullanılabilir teknolojilerken, CO₂ yakalama özelliği olan ve CO₂'den işlevsel nanomalzemeler üretebilen teknolojik çözümler, geliştirme

süreçleri devam eden ve teknolojinin gelişim aşamasına katkı sağlanarak orta vadede değer zincirlerinde yayılabilecek teknolojilerdir. Malzeme teknolojileri, ileri kompozit malzemeler ve biyoplastiklerle elektronik cihazların hafif, dayanıklı ve çevre dostu hale gelmesini sağlarken, özellikle otomotiv ve havacılık sektörleri, enerji verimliliğini artıran malzemeler ile bu teknolojilerin kesişim noktasında yer almaktadır. Robotik ve otomasyon teknolojileri, esnek robotik üretim sistemleri ve yüksek hassasiyetli sensörlerle makine ve otomotiv sektörlerinin üretim verimliliğini artırırken, aynı zamanda değer zincirlerinde esnekliği sağlamaktadır. Bu teknolojiler aynı zamanda otomotiv sektörünü enerji depolama, yazılım ve malzeme teknolojilerinin bir araya geldiği bir platforma dönüştürmektedir.

Şekil 57 Yüksek teknolojlili sektörlerde küresel teknoloji eğilimleri ve sanayide teknolojik dönüşüm bileşenleri için teknoloji analizi, 2025-2053

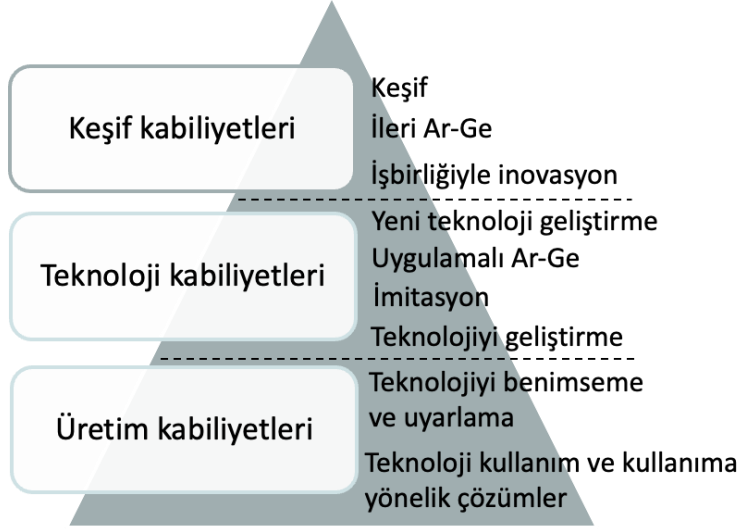


Not: Şekilde 2025-2053 arasında, teknoloji hazırlık seviyelerine (TRL) göre ilgili bileşenlerdeki alt teknolojiler yerleştirilmiştir.

96. Yüksek teknolojlili sektörlerin de yapısını değiştirdiğin bahsettiğimiz yeni teknolojilerle dönüşüm ve teknolojilerin entegrasyon süreci farklı kabiliyetleri gerektirmektedir. Şekil 58’de özetlendiği gibi sanayi ve teknoloji ekosisteminde üç tür kabiliyetten söz etmek mümkündür: Üretim kabiliyetleri, teknoloji kabiliyetleri ve keşif kabiliyetleri. Yukarıda bahsettiğimiz beş teknoloji başlığında farklı olgunluk seviyelerinde yer alan teknolojilerin farklı değer zincirlerine entegrasyonu farklı kabiliyetleri gerektirebilir. Önceki bölümlerde ortaya koyduğumuz analizlerden hareketle, Türkiye sanayisinin üretim kabiliyetleri son 30 yılda gelişmiştir ve bu bizi küresel değer zincirlerinde “Gelişmiş üretim ve hizmetler” ülke grubuna taşımıştır. Fakat Türkiye bu gruptan “Yenilikçi faaliyetler” grubuna geçiş yapamamıştır ve bunun

nedenleri arasında teknoloji ve keşif kabiliyetlerindeki yetersizlikler yer almaktadır. Türkiye’de eksik olan kabiliyetleri tamamlayabilmek için odaklı bir teknoloji politikası yaklaşımına ve şirketlerin birbirinden öğrenmesini tetikleyecek mekanizmalara ihtiyaç vardır.

Şekil 58 Yüksek teknolojlili sektörlerde rekabet ve sanayide teknolojik dönüşüm için gereken kabiliyetler



97. Yüksek teknolojlili ihracatta ihracat hacminin yanı sıra onu sürdürülebilir kılabacak teknoloji sahipliği kritik öneme sahiptir. Bu nedenle ihracatı kriterleri ele alınırken ürünlerin üretim süreçlerindeki teknoloji sahipliğinin dikkate alınması gerekmektedir. Bir ülkenin teknolojik gelişmişliği sadece yüksek teknolojlili ürünlerin ihracat miktarıyla değil, aynı zamanda; ilgili teknolojilerdeki fikri mülkiyet haklarının sahipliği, üretim süreçlerine sürekli olarak yüksek teknolojinin entegrasyonu, yüksek nitelikli insan kaynağı ve oradaki bilgi birikiminin özel sektöre aktarımı gibi yüksek teknolojlili ihracatı sürdürülebilir kılabacak bileşenlerle ilişkilidir.

98. Türkiye'nin ihtiyacı olan kendi sanayi altyapısı ve beceri setine özgün bir yaklaşım tasarlamaktır ve böyle bir yaklaşım tasarımı için üç ana başlıkta malumat setine ihtiyaç vardır. Biri değer zincirlerini tanımak, aşamaları girdi, süreç ve çıktılarla tanımlamaktır. Bu hem değer zincirlerinde verimlilik artışları ve dekarbonizasyonu sağlayabilecek ara girdi, yöntem, süreç gibi detaylara hakimiyeti, hem de teknolojik dönüşüm ihtiyaçları ve potansiyel teknoloji eşleşmelerine ilişkin malumat setini sağlayacaktır. Diğer mesele teknolojilere hakim olmakla ilgilidir. Başta Türkiye ve Avrupa ekosistemleri olmak üzere, buralardan farklı aşamalardaki teknoloji havuzuna ve değer zincirleriyle potansiyel eşleşme senaryolarına ilişkin malumat setine ihtiyaç vardır. "Hangi yeni teknoloji alanları hangi değer zincirinde nasıl bir etki yaratır ve bu Türkiye sanayisinde yüksek teknolojinin payını artırarak yüksek teknolojlili pazarlarda rekabet gücü sağlar?" sorusunun cevabı bu bilgilerle verilebilecektir. Son olarak ise,

önceki bölümlerde de bahsettiğimiz Türkiye'nin ana problem alanlarından olan tek mekana sıkışmışlık meselesine yönelik olarak teknoloji odaklı yaklaşımla ilişkilendirilen bir mekânsal plan bilgisine ihtiyaç vardır. Türkiye'nin hangi şehirlerinde nasıl bir yetenek seti ve altyapı var ve bu ne kadar sürdürülebilir, bunu belirleyebilmek için şehirlere ilişkin malumat seti gereklidir.

99. Teknoloji ve mekan odaklı akıllı uzmanlaşmaya doğru bu yaklaşımı hayata geçirmek için başlangıç adımı; hızlandırıcı araçlar tasarlamak ve bu hızlandırıcı araçların ilk uygulama örnekleriyle kamuda ve sanayide öğrenme sürecini tetiklemektir.

Teknoloji odaklı mekansal plana dayanan teknoloji arayüzleri ve bu arayüz mekanizmalarını oluşturacak ve koordine edecek teknoloji *think tank*'i yapısı bu yaklaşımın ana hızlandırıcı araçları olarak tasarlanabilir. Ekosistem öncüsü rolüyle tasarlanacak ve teknoloji arayüzlerinin oluşturulmasını sağlayacak teknoloji *think tank* yapısını, aşağıdaki kutuda detaylandırdığımız Almanya'nın Fraunhofer inovasyon ekosistem öncüsü yapısı ve farklı Fraunhofer Enstitüleri ile çalışma mekanizması örneğiyle somutlaştırmak mümkündür. Türkiye'deki daha çok TRL 1-3 arasındaki çalışmaları yürütmektedir. Buna karşılık sanayi kuruluşları ağırlıklı olarak TRL 6-9 arasında deneysel geliştirme ve ticarileştirme faaliyetleri yürütmektedir. Bu iki safha arasında TRL 4-5 arasındaki üniversite ve sanayinin ortak yapacakları uygulamalı araştırma kısmı eksik kaldığında üniversite-sanayi işbirliği de, bilim ve teknoloji ekosistemi de etkin çalışmamaktadır. Almanya ekosistemindeki Fraunhofer ise, temel araştırma ile uygulamalı araştırmanın geçiş noktasında konumlanmakta ve verimli işbirlikleri geliştirilmesine çok önemli katkılar sunmaktadır.

100. Türkiye'de Fraunhofer rolüne benzer şekilde teknoloji *think tank*'i oluşturulması ve yine kurulacak teknoloji ve mekan spesifik teknoloji arayüzlerinin koordine etmesindeki amaç; şirketlerin öğrenme mekanizmalarını hızlandırmak ve yeni teknolojileri sanayiye entegre etmek olacaktır. Örneğin mevcut yüksek teknolojili sektör kümelenmelerine teknoloji arayüzlerini konumlandırmak ve yukarıda tanımladığımız yaklaşımın ana aşamalarını gereken malumat setiyle birlikte gerçekleştirmelerini sağlamak söz konusu olabilir. Ya da teknoloji odaklı mekansal plandan hareketle ilgili teknoloji arayüzü yeni bir teknoloji kentinde oluşturulabilir. Değer zincirleri ve her bölgenin/şehrin malumat setine odaklanarak teknoloji mekanları oluşturmak ve teknoloji eşleşmelerinden teknoloji transferine ve inovasyon işbirliklerine kadar teknolojik dönüşüm aşamalarını bu arayüzler vasıtasıyla gerçekleştirmek mümkün olabilir. II.Tanımlama/Teşhis bölümündeki analizlerimizden hareketle örneklendirmek gerekirse, Türkiye'nin makine sektörüne yeni teknolojilerin entegrasyonu ve potansiyel alanlarda teknoloji arayüzleri kanalıyla izlenecek teknolojik dönüşüm ve inovasyon aşamaları, hedeflediğimiz yüksek teknoloji ihracatı için kritik bir role sahip olacaktır.

Türkiye’de Teknoloji *Think Tank* Yapısı için Fraunhofer-Gesellschaft Örneği

Fraunhofer-Gesellschaft, Almanya merkezli, Avrupa'nın en büyük uygulamalı araştırma organizasyonlarından biridir. Fraunhofer modeli, bilimsel araştırma ile özel sektör Ar-Ge projeleri arasında bir köprü görevi görmektedir ve bu kapsamda hayata geçirdiği teknoloji arayüzü mekanizmalarıyla uygulamalı araştırmaya dayalı bir teknoloji ve inovasyon ekosistemi oluşturmaktadır. Fraunhofer yapısında malzeme teknolojilerinden yapay zekaya kadar farklı teknoloji alanlarında 76 enstitü yer almaktadır. Teknoloji *think tank*'i gibi çalışan Fraunhofer inovasyon grubu, ekosistem öncüsü rolünü üstlenerek strateji, yol haritaları, koordinasyon ve işbirliklerini oluşturmakta ve yönetmektedir. Fraunhofer'ın gelir modelini, yaklaşık yüzde 30 kamu fonları, yüzde 70 özel sektör projeleri ve hizmet gelirleri oluşturmaktadır. Fraunhofer modeli, dört temel prensiple çalışmaktadır:

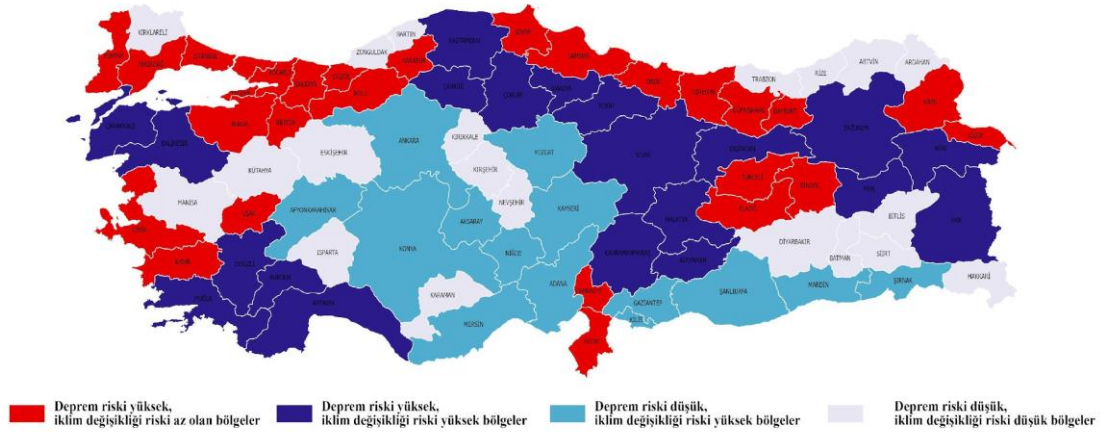
- Uygulama odaklı araştırma: Ar-Ge projeleri sanayinin ihtiyaçlarına göre şekillendirilir.
- Teknoloji transferi: Geliştirilen teknolojiler sanayiye ve/veya kamu kurumlarında uygulamaya aktarılır.
- Mekan odaklı uzmanlaşma: Fraunhofer enstitüleri, bulunduğu bölgenin teknolojik kapasitesi ve ihtiyaçlarına göre özelleşir.
- Sürdürülebilir finansman: Kamu ve özel sektör katkılarıyla oluşturulan hibrit bir finansman modeli, uzun vadeli araştırmaların ve hızlı inovasyon süreçlerinin sürdürülebilirliğini sağlar.

Fraunhofer, ekosistem öncüsü rolüyle yedi temel bileşenden oluşan bir çalışma modeline sahiptir:

- Teknoloji ihtiyaç analizi: Sektörlerin mevcut ve gelecekteki ihtiyaçları belirlenir.
- Teknoloji trend analizi: Bugünkü teknoloji eğilimlerini analiz ederek ve gelecekteki eğilimlere yönelik tahminler geliştirerek inovasyon süreçlerine yön verir.
- Ar-Ge: İhtiyaçlara yönelik projeler için ilgili enstitülerde ekipler oluşturulur, araştırma projeleri tasarlanır ve uygulanır.
- Pilot projeler ve prototipler: Geliştirilen teknolojiler, prototip ve pilot ölçekli projelerle test edilir.
- Teknoloji transferi: Test edilen yenilikler, lisanslama, ortaklıklar veya doğrudan satış yoluyla sanayiye ve/veya kamu kurumlarında uygulamaya aktarılır.
- Geri bildirim döngüsü: Uygulamadan ve sahadan alınan geri bildirimlerle süreç sürekli iyileştirilir ve geliştirilir.
- Politika geliştirme: Kamu kurumlarına ve özel sektöre, teknoloji politikaları ve stratejileri konusunda rehberlik eder.

101. Türkiye’de teknoloji ve mekan odaklı akıllı uzmanlaşmaya doğru mekansal plan tartışmasını başlatmak üzere, Şekil 59 ve Şekil 60’ta oluşturduğumuz Türkiye İklim Değişikliği ve Deprem Risk Haritası ve Türkiye Teknoloji Absorpsiyon (Özümseme) Kapasite Haritası verilmektedir. İlk haritada lacivert ile görünen şehirlerde hem deprem hem de iklim değişikliği riski yüksektir. Kırmızı ile görünen şehirlerde hem deprem riski yüksek, iklim değişikliği riski düşük iken, mavi ile görünen şehirlerde deprem riski düşük, iklim değişikliği riski yüksektir. Açık renkli şehirler ise iki riskin de düşük olduğu şehirlerdir. Risk haritası tek başına elbette yeterli değildir ve şehirlerin teknoloji absorpsiyon kapasiteleriyle birlikte düşünmek gereklidir. Teknoloji alanlarına ve değer zincirlerine göre teknoloji absorpsiyon kapasitelerinin belirlenmesi önemli olacaktır fakat başlangıç adımı olarak Şekil 59’da teknoloji alanlarından bağımsız olarak şehirlerin toplam teknoloji absorpsiyon kapasitesine yönelik oluşturduğumuz endeksten hareketle Türkiye haritası yer almaktadır. Teknoloji absorpsiyon kapasitesi endeksi, şehirlerin yüksek teknoloji ihracat, patent, üniversitelerdeki öğretim üyesi ve öğrenci ve start-up sayılarıyla hazırlanmıştır. Önceki bölümlerdeki analizlerimizden hareketle beklenen şekilde teknoloji absorpsiyon kapasitesinde İstanbul ve Ankara ön plandadır. Bu iki şehri, İzmir, Eskişehir, Bursa, Konya, Kocaeli ve Sakarya izlemektedir. İki haritayı birlikte değerlendirdiğimizde hem deprem ve iklim değişikliği riski düşük hem de teknoloji absorpsiyon kapasitesi orta-yüksek şehir olarak Eskişehir dikkat çekmektedir. Yukarıda bahsettiğimiz gibi teknoloji alanlarına göre teknoloji arayüzleri tasarlanırken teknoloji absorpsiyon kapasitesinin alan ve değer zincirlerine göre detaylandırılması gerekecektir.

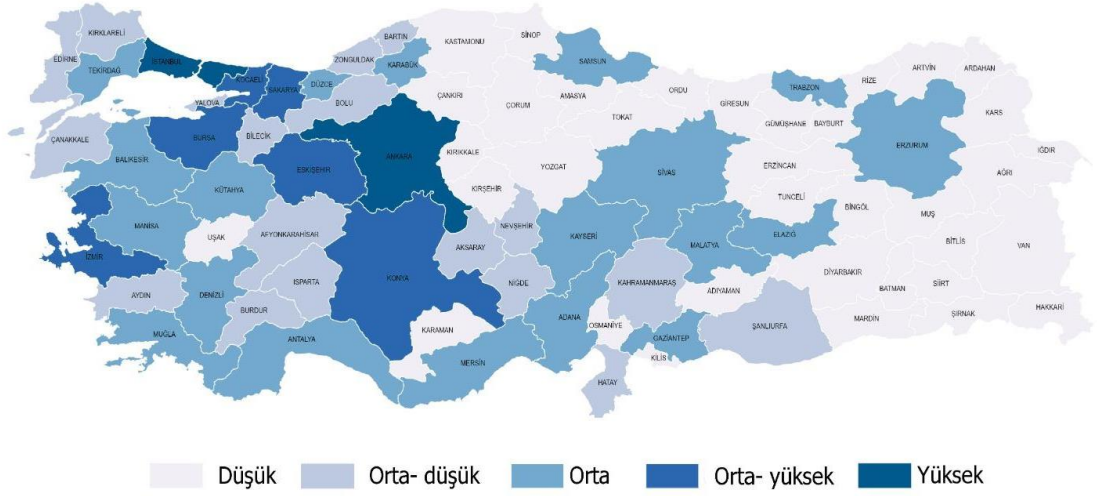
Şekil 59 Türkiye İklim Değişikliği ve Deprem Risk Haritası



Kaynak: Bütün (2022), AFAD, TEPAV hesaplamaları

Not: Sıcaklık risk skoru, kuraklık risk skoru, orman yangını risk skoru, taşkın risk skoru (Bütün Bayındır, G. D. (2022). Development of a climate risk assessment method for the provinces of Türkiye [Ph.D. - Doctoral Program]. Middle East Technical University) ve AFAD deprem risk haritası kullanılarak hesaplanmıştır.

Şekil 60 Türkiye Teknoloji Absorpsiyon Kapasitesi Haritası



Kaynak: GBS, TÜİK, YÖK, TEPAV hesaplamaları

Not: Orta-Yüksek teknoloji ihracatı, yüksek teknoloji ihracatı, teknoloji bölümlerindeki öğrenci sayısı, teknoloji bölümlerindeki akademisyen sayısı, patent tescil sayısı, Ar-Ge Merkezleri sayısı, Ar-Ge yatırımları ve start-up sayısı kullanılarak hesaplanmıştır.

102. Teknoloji ve mekan odağıyla akıllı uzmanlaşmaya doğru böyle bir yaklaşımı benimsemek ve hızlandırıcı araçları uygulamaya koymak için aynı zamanda sanayi ve teknoloji ekosistemine yönelik iyileştirilmesi gereken makro alanlar ve atılması gereken politika adımları vardır. Şekil 61’de Türkiye sanayisinde teknolojik dönüşüm ve inovasyonu tetiklemek üzere önerdiğimiz yaklaşım ve hızlandırıcı araçlar, öncelikli politika önerileriyle birlikte yer almaktadır. Tanımladığımız beş teknoloji alanında sanayide teknolojik dönüşüm bileşenlerinin teknoloji arayüzleri vasıtasıyla değer zincirlerinde teknolojik dönüşümü gerçekleştirmesi için bu arayüzleri işlevsel hale getirecek bir ortamın sağlanması ve bir takım politika adımlarının atılması gerekmektedir. Bunlar yapılmadığı takdirde pilot uygulamalar, tekrarlanan ve yaygınlaşan uygulamalara dönüşemeyecek ve sürdürülebilir şekilde işlevsel halde kalamayacaktır. Bunlardan biri İklim Kanunu mekanizmalarının teknoloji odaklı yaklaşımımızla uyumlu şekilde tasarlanmasıdır. AB’nin¹² Avrupa Yeşil Mutabakatı ve teknoloji yarışına yönelik stratejisini fırsat olarak kullanabilmemize etki edecek meselelerden biri budur. Aynı zamanda yukarıda bahsettiğimiz malumat setlerinin oluşturulmasında, teknoloji arayüzlerinin hayata geçirilmesinde ve sürdürülebilir kılınmasında yüksek düzeyli kamu-özel diyalog mekanizması büyük önem taşımaktadır. YOİKK’te başlayan adımların yeni teknolojileri odak alan sanayi politikası yaklaşımıyla ve bu yaklaşımı işlevselleştirecek bu çalışma kapsamında da önerilen mekanizmalarla somutlaştırılması gerekmektedir.

¹² European Commission Report (2024), The future of European competitiveness: In-depth analysis and recommendations.

103. Önerdiğimiz yaklaşım ve teknoloji arayüzleriyle tetiklenmesini beklediğimiz teknolojik dönüşümü inovasyona doğru sürdürülebilir kılmak için, ürün ve değer zinciri odaklı, teknoloji ve mekana dayalı akıllı uzmanlaşmayı getirecek teşvik sistemi üzerine düşünme ihtiyacı vardır. Yukarıda bahsettiğimiz farklı aşamalarda teknoloji entegrasyonu için gereken kabiliyetlerin sanayide geliştirilmesi için farklılaştırılmış destek mekanizmaları ve finansman araçları gerekecektir. Son yıllarda bu yönde atılan Sanayi Yenilik Ağ Mekanizması (SAYEM), Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı (HAMLE), HIT-30 Yüksek Teknoloji Yatırım Programı gibi adımların kapsamı ve sonuçları bu yeni yaklaşımla ele alınarak düşünme çerçevesine dahil edilmelidir. Tüm bu süreci koordine edecek ekosistem öncülerinin belirlenmesi, pilot uygulamaların koordinasyonu için kritik role sahip olacağı gibi; teknoloji ve mekana dayalı akıllı uzmanlaşma yaklaşımı için bir politika ve strateji izleme birimi olmazsa olmazdır.

Şekil 61 Teknoloji ve mekana odaklı akıllı uzmanlaşma uygulama çerçevesi



104. Raporun ilk kısımlarında da bahsettiğimiz gibi son 20 yılda Türkiye'nin farklı politika ve strateji belgelerine konu olan yüksek teknoloji ihracat, teknolojik dönüşüm ve ilerleme hedeflerini, teknoloji ekosistemine yönelik atılan birçok adıma ve önemli gelişmelere rağmen henüz gerçekleştirememiş olmasını geniş bir ekosistem meselesi olarak ele almak gerekmektedir. Türkiye'de son 20 yılda teknoparklardan Ar-Ge Merkezlerine kadar birçok yeni aktör ekosistemdeki yerine yerleştirilmiş ve sayıları giderek artmıştır. Fakat mesele bu aktörleri işlevsel hale getirecek mekanizmaları ve ortamı yaratmak ile ilgilidir. Türkiye'nin henüz gerçekleştiremedikleri tam olarak bununla ilişkilidir. Yine daha önce değindiğimiz gibi, teknoloji ekosisteminin etrafındaki büyük resimde etkili alanları da aynı hedefler çerçevesinde ele almak ve gereken yerleri iyileştirmek gerekmektedir. Şekil 61'deki Yatay Alanlar kısmında sıraladığımız makroekonomik istikrarsızlıktan hukuk sistemine

kadar makro ortamın ana bileşenleri ve yatay alanları teknoloji hedeflerimizi etkileyen unsurlardandır. Bu yatay alanlarda yatırım ortamının iyileştirilmesine yönelik ihtiyaç duyulan reformların gerçekleştirilmesinin yanı sıra, yine bu alanlarda doğrudan teknoloji meselesine dokunan boşlukları ve ihtiyaçları tespit edip nokta atışı değişiklikler yapmak önemlidir. Bunlar arasında pazara erişimi etkileyen regülasyonların yeni teknolojileri kapsayacak şekilde güncellenmesinden, yeni teknolojilerin gelişim sürecinde etkili olan gümrüklerdeki problemlerden kaynaklanan zaman maliyetini azaltmak için yapılması gereken düzenlemelere kadar farklı alt bileşenler yer almaktadır ve her biri ayrı bir çalışma konusudur.

105. Makro yatay alanlarda iyileştirmeler ve odaklı düzenlemeler yapmanın yanında, bahsettiğimiz teknoloji ekosistemi aktörlerini işlevsel hale getirecek tetikleyici mekanizmalar ve araçları koordineli ve akıllı uzmanlaşma yaklaşımına uygun şekilde uygulamaya koymak gerekmektedir. Bunlar arasında bir bileşeni bahsettiğimiz hızlandırıcı araçlar oluşturmaktadır. Teknoloji ve mekan odaklı akıllı uzmanlaşma yaklaşımını modellemek, öğretmek ve yaygınlaştırmak için mekansal plan ile ortaya konacak teknoloji arayüzleri, ekosistem aktörlerini işlevsel hale getirecek kritik bir hızlandırıcı araçtır. Bunun yanı sıra Şekil 61'in Somut Politika Önerileri kısmında görünen adımlar, teknoloji arayüzleriyle birlikte mevcut ekosistem aktörlerini çalışır hale getirmek için ortamı yaratacak mekanizmalardan ilk akla gelenlerdir. Teknoloji arayüzlerini hayata geçirmek ve koordine etmek için öncelikli adım, ekosistem öncüsü rolüyle, Almanya'daki Fraunhofer örneğindeki gibi bir yapının kurulmasıdır. Önceki kısımlarda detaylandırdığımız teknoloji odaklı yaklaşım, bilgi yoğun bir tasarım ve uygulama sürecini gerektirdiğinden bu bilgi paylaşımını artıracak yüksek düzeyli kamu-özel sektör diyalog mekanizmasının etkin şekilde çalışmasına ihtiyaç vardır. Tüm bunlarla birlikte geçiş sürecini koordine edecek ve işlevselliği sürdürülebilir kılacak ekosistem öncüleri ve politika-strateji izleme biriminin kritik önemini altını bir kez daha çizmek gerekmektedir.

106. Şekil 61'de özetlediğimiz uygulama çerçevesinden hareketle orada yer alan öneriler, Şekil 62'de yüksek teknolojili ihracata doğru tanımladığımız üç fazda uygulama adımları olarak sıralanmaktadır. Giderek karmaşıklaşan yeni teknolojiler, yayılma hızlarındaki artış ve değişen küresel pazar koşulları, yüksek teknolojili sektörlerin geleneksel yapılarını da değiştirmektedir. Yüksek teknolojili sektörler artık tekil sektörler değildir ve yeni teknolojilerin entegrasyonu yüksek teknolojili ihracatın gelişimi için ön koşul haline gelmiştir. Tanımladığımız fazlardan ilki, mevcut teknolojilerin uygulanması ve başta yüksek ve orta-yüksek teknolojili sektörler olmak üzere değer zincirlerinde yaygınlaştırılmasıdır. Türkiye'de İklim Kanunu ile Emisyon Ticaret Sistemi gibi mekanizmaların tasarımı üzerine çalışmalar devam ederken AB ile Türkiye'nin teknoloji odaklı işbirliği potansiyeli ana odaklardan biri olmalıdır. Yeni düzenlemeler ve mekanizmalar, teknoloji odaklı bu yaklaşım etrafında işlevselleştirilmeli, akıllı uzmanlaşma çerçevesinde öncelikli alanların belirlenmesi ve bu alanları destekleyecek teşvik sistemlerinin oluşturulması bu çerçevede düşünülmelidir. Bunun yanında bunları operasyonel hale getirmek için kamu-özel sektör diyalogunu yeniden şekillendirecek YOİKK gündemi ile ilgili önerilerimiz yer

almaktadır. Yüksek teknolojili ihracata doğru diğer faz, yeni teknolojilerin transferi ve ölçeklendirilmesidir. Burada, yeni teknolojileri takip edecek ve Türkiye ve Avrupa ekosistemlerinden bu teknolojilerin transferi ve ölçeklendirilmesi için projeleri hayata geçirecek teknoloji arayüzlerinin oluşturulması ile bu teknoloji arayüzlerini koordine edecek bir ekosistem öncüsü olarak teknoloji odaklı akıllı uzmanlaşma yaklaşımına odaklı bir teknoloji *think tank*'i oluşturulması öne çıkmaktadır. Ekosistemi aktif hale getirmek için kritik olduğunu düşündüğümüz teknoloji *think tank*'i yapısını, yukarıda bahsettiğimiz Fraunhofer ve farklı teknoloji alanlarındaki enstitüleri ile çalışma biçimini örnekleyerek somutlaştırmak mümkündür.

107. Yüksek teknolojili ihracatın sürdürülebilir kılınması için, üçüncü faz olarak tanımladığımız yeni teknoloji geliştirme ve inovasyon ekosistemi kritiktir. Burada ise, yeni teknoloji geliştirme ve inovasyona konu olacak teknoloji alanlarının belirlenmesine yönelik mevcut araştırma altyapıları ve beceri setini detaylarıyla ortaya koyan bir bilim ve teknoloji araştırma kapasitesi haritasının hazırlanması ile Türkiye'nin teknoloji odaklı akıllı uzmanlaşma yaklaşımı çerçevesinde hangi araştırma alanlarının öncelikli olacağını belirleneceği odak araştırma alanları çalışmasının yapılması ve bu odak araştırma alanlarında uzun vadeli araştırma ve teknoloji geliştirme desteklerin sağlanacağı odaklı Ar-Ge programlarının ve fonlarının oluşturulması yer almaktadır.

108. Raporun I.Keşif bölümünden itibaren detayla incelediğimiz küresel ve bölgesel eğilimlerle yeniden şekillenen ortamda, Türkiye'nin yüksek teknolojili ihracat, yeni teknolojilerle dönüşüm ve inovasyon hedeflerine ulaşabilmesi için önemli bir fırsat alanı söz konusudur. Dijital ve yeşil dönüşüm gündemi, Avrupa Yeşil Mutabakatı ve teknoloji yarışı dinamikleri, Türkiye'nin özellikle AB ile ilişkisini teknoloji odağıyla yeniden biçimlendirebilmesini ve mevcut sanayi kapasitesi ve birikimini hedeflerine uygun şekilde kullanabilmesini mümkün kılabilir. Yine raporun II.Tanım/Teşhis bölümünde ortaya koyduğumuz karşılaştırmalı analizlerde görüldüğü gibi Türkiye'nin önemli bir araştırma ve beşeri sermaye kapasitesi olmasına rağmen, bunun teknolojiye ve sanayiye doğru gidememesi, teknoloji odaklı yeni sanayi politikası gündemi üzerine ülke koşullarına özgü bir yaklaşımla düşünme gereğinin altını çizmektedir. Son 30 yılda Türkiye sanayisinin geçirdiği dönüşüm ihracat sepetini çeşitlendirmiş ve Türkiye'yi küresel değer zincirlerinin önemli bir parçası haline getirmiş olsa da, analizlerde gördüğümüz gibi ihracat sepetine eklenen yeni ürünlerin niteliği ve teknoloji seviyesi Polonya, Vietnam gibi ülkelerin çok gerisindedir. Bu durum, artık ihracatta çeşitlenmenin ötesinde yüksek teknolojili ihracat için teknoloji odaklı akıllı uzmanlaşmaya ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

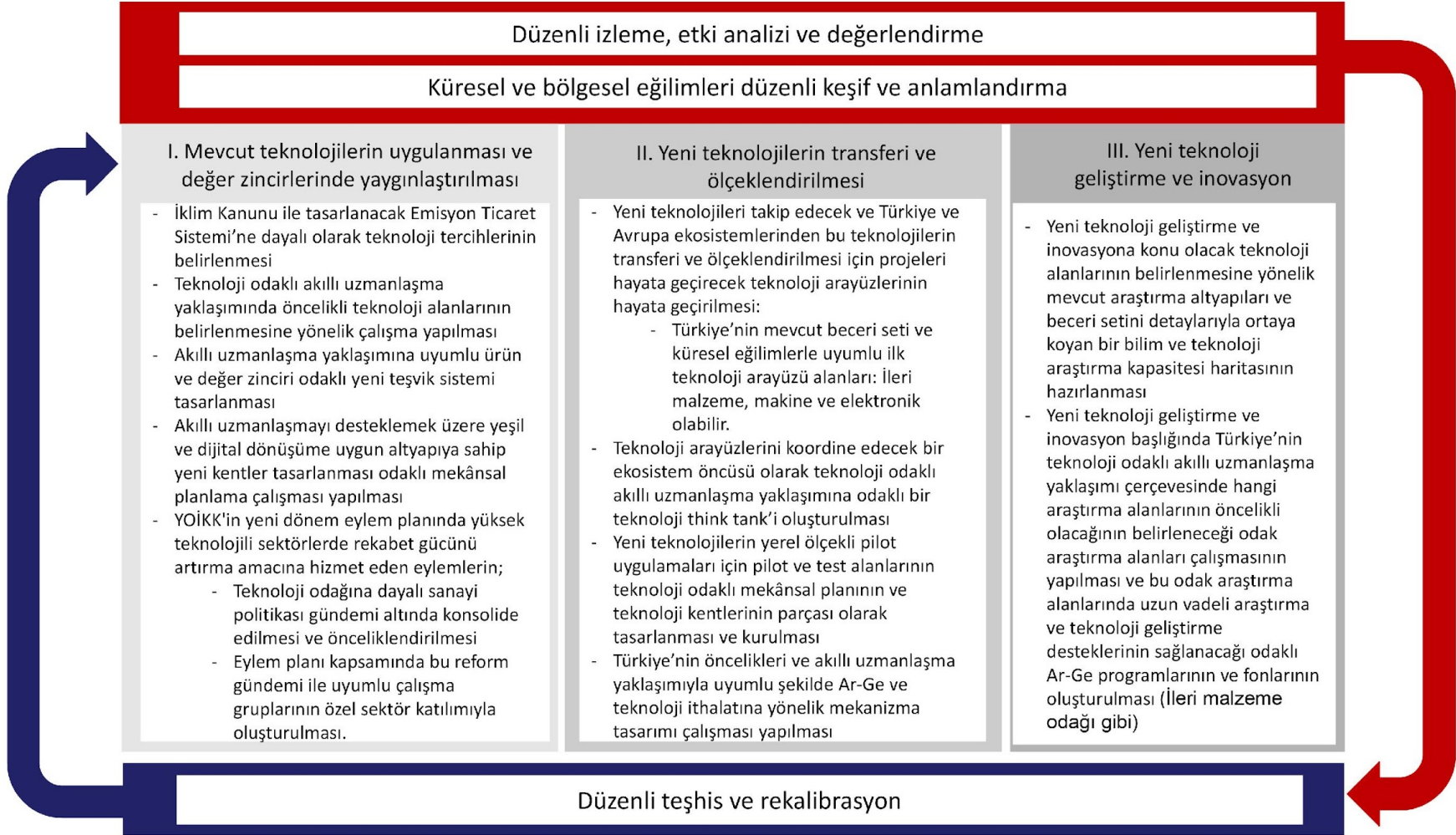
109. Küresel teknoloji eğilimleri ve değişen pazar koşulları, yüksek teknolojili sektörleri artık yeni teknolojilerden bağımsız düşünemeyeceğimizi göstermiştir. Önceki bölümlerde de gösterdiğimiz üzere giderek karmaşıklaşan yeni teknolojiler, yayılma hızlarındaki artış ve değişen küresel pazar koşulları, yüksek teknolojili sektörlerin geleneksel yapılarını değiştirmektedir. Yüksek teknolojili sektörlerde rekabet gücüne sahip olmak için yeni teknolojilerle dönüşümü gerçekleştirebilecek kabiliyet ve kapasiteyi yaratmak gerekmektedir. Bu yaklaşım, sadece yüksek

teknolojili sektörlerde rekabeti değil; aynı zamanda bu yatay teknoloji alanlarının çarpan etkisiyle, diğer geleneksel sektörler ve değer zincirlerinde de katma değer ve verimlilik artışını sağlama potansiyelini beraberinde getirmektedir.

110. Yüksek teknolojili sektörler artık tekil sektörler değildir ve yeni teknolojilerin entegrasyonu yüksek teknolojili ihracatın gelişimi için ön koşul haline gelmiştir. Burada teknoloji transfer mekanizmaları ve odaklı teknoloji programları kritik olmakla birlikte, yüksek teknolojili ürünlerin değer zincirlerinde dönüşümü teşvik etmek için, dış kaynaklı Ar-Ge'yi ve başarılı start-upların yenilikçi teknolojilerini ithal ederek doğru yerlere entegre etmek de önemlidir. İthal edilen bu teknolojiler, bir yandan ilgili ülkede ekosistemin yeteneklerini artırırken, diğer yandan küresel piyasalarda rekabet avantajı sağlayacak platformları inşa etme sürecini hızlandırabilir. İthal edilen teknolojilerin ve Ar-Ge'nin, ilgili değer zincirlerine doğru bir şekilde entegre edilmesi, teknolojik dönüşüm için tetikleyici olabilir fakat burada önemli olan hangi değer zincirine hangi modelle entegre edeceğini bilen bir hedefli politika seti ve aynı zamanda bunu yönetebilecek kabiliyet setidir. Bunun yanında özel sektörün ve şirketlerin de yeni teknolojileri absorpsiyon kapasitesi üzerinde durulması gereken bir diğer meseledir. Tüm bunlar bir ekosistem meselesine işaret etmektedir.

111. Tekil aktörlerin ekosisteme yerleştirilmesi ya da şirketlerin kendi Ar-Ge merkezlerinde tekil süreçlerde başarılı olmaları gibi geleneksel yaklaşımlar, bugün sürdürülebilir teknolojik başarılar getirmemektedir. Farklı aktörlerin etkileşimle çıktı üretebildiği, şirketlerin, üniversitelerin ve start-up'ların birbirinden öğrenme ve birbirini tamamlama mekanizmalarının aktif olduğu ve bunları işlevsel halde tutacak makro koşulların sağlandığı bir teknoloji ekosistemine ihtiyaç vardır. Akıllı teknoloji seçimlerinden hareket ederek tasarlanan odaklı bir teknoloji entegrasyon süreciyle, yüksek ve orta-yüksek teknolojili sektörlerin yeni teknolojilerle dönüşümünü ve verimlilik artışlarını sağlamak mümkün olabilecektir. Türkiye'nin içinden geçtiğimiz dönemde bahsettiğimiz fırsat alanlarını kullanabilmesi için, bu raporda önerdiğimiz gibi teknoloji ve mekan odaklı akıllı uzmanlaşma yaklaşımıyla hazırlık yapması gerekmektedir. Burada başlattığımız tartışmanın uygulamaya doğru gidebilmesi için, önerdiğimiz yaklaşımın ve hızlandırıcı araçların modellenmesi ve hayata geçirilmesine yönelik detaylı devam çalışmalarına ihtiyaç olacaktır. Tanımlanan öncelikli uygulama adımları için de benzer şekilde devam çalışmalarının bir an önce gerçekleştirilmesi ve Türkiye'nin yüksek teknolojili ihracata doğru yeni teknolojilerle dönüşüm için hazırlık seviyesini artırması kritik öneme sahiptir. Ayrıca hedefe doğru sürecin etkinliği ve sürdürülebilirliği için; düzenli izleme, etki analizi ve rekabreasyon bileşenlerinin sistematik tekrarı gerekmektedir.

Şekil 62 Yüksek teknoloji sektörlerde rekabet gücü, yeni teknolojilerle dönüşüm ve inovasyon için öncelikli uygulama adımları



Kaynakça

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2024). Erişim adresi: <https://www.afad.gov.tr>
- Arslanhan, Selin & Kurtsal Yaprak. 2010. “Güney Kore inovasyondaki başarısını nelere borçlu? Türkiye için çıkarımlar” TEPAV Politika Notu.
- Bütün Bayındır, G. D. (2022). *Development of a climate risk assessment method for the provinces of Türkiye* [Ph.D. - Doctoral Program]. Middle East Technical University.
- CEPI. (2024). BACI: International Trade Database at the Product-Level. Retrieved from https://www.cepii.fr/CEPII/en/bdd_modele/presentation.asp?id=1
- Chistruga, B. (2024). *Innovative SMEs in the globalised economy*. SWorldJournal. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/376869670_INNOVATIVE_SMES_IN_THE_GLOBALISED_ECONOMY
- Dachs, Bernhard; Wolfmayr, Anna; Stehrer, Robert: Europe’s Technology Sovereignty and the Role of Knowledge Diffusion in Global Value Chains, European Commission, Joint Research Centre, Seville, Spain, 2023, JRC134932
- Dealroom. (2024). *Dealroom database*. <https://dealroom.co> adresinden alınmıştır.
- European Commission Report (2024), The future of European competitiveness: In-depth analysis and recommendations.
- European Commission, Joint Research Centre. (2024). *The 2024 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*. Publications Office of the European Union. Erişim adresi: <https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2024-eu-industrial-rd-investment-scoreboard>
- European Commission, Joint Research Centre. (2024). *The 2024 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*. Publications Office of the European Union. <https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2024-eu-industrial-rd-investment-scoreboard> tarihinde erişildi
- Eurostat. (2024). *Comext database (DS-018995)*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat>
- fDi Insights. (2024). *fDi Report 2024: Global Greenfield Investment Trends*. Financial Times Ltd. Retrieved from <https://www.fdiinsights.com/fdi/report2024>
- Harvard Growth Lab. (2024). *Atlas of Economic Complexity*. Harvard Kennedy School. <https://atlas.hks.harvard.edu> 2024 tarihinde erişildi.
- HolonIQ. (2024). *HolonIQ database*. <https://www.holoniq.com> adresinden alınmıştır.
- International Labour Organization (ILO). (2024). *ILOSTAT database*. <https://ilostat.ilo.org> 2024 tarihinde erişildi.
- Krugman, P. (1996). *Pop Internationalism*. MIT Press.
- Mazzucato, M. (2013) *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs Private Sector Myths*. Anthem Press, London.
- Mazzucato, M. (2021) *Mission Economy: a Moonshot Guide to Changing Capitalism*, London, Allen Lane.
- OECD (2024), *OECD Compendium of Productivity Indicators 2024*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b96cd88a-en>.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2024). *Main Science and Technology Indicators (MSTI) database*. Retrieved from <https://www.oecd.org/sti/msti.htm>

- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2024). *OECD Data*. <https://data.oecd.org> 2024 tarihinde erişildi
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2024). OECD Education Database. <https://www.oecd.org/en/topics/education-and-skills.html> 2024 tarihinde erişildi
- Patent Effect. (2023). *Türkiye'nin Patent Raporu 2023*. Retrieved from <https://www.patentraporu.com/turkiyenin-patent-raporu-2023>
- PatSeer. (2024). *IP data for patent search and analysis*. Gridlogics. Retrieved from <https://patseer.com/ip-data-for-patent-search-and-analysis/>
- StartupBlink. (2024). *Global Startup Ecosystem Index 2024*. Erişim adresi: <https://lp.startupblink.com/report/>
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2024). Ar-Ge Merkezleri İstatistikleri. Erişim adresi: <https://www.sanayi.gov.tr/arge-tasarim-merkezleri-ve-tgb> 2024 tarihinde erişildi
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2024). *Girişimci Bilgi Sistemi (GBS)*
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). *Dış ticaret istatistikleri veritabanı*. Erişim adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/menu.zul?p=1>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr>
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2024). *Science, Technology and Innovation*. Retrieved from <https://unctad.org/topic/science-technology-and-innovation>
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). (2023). *Who is at the forefront of the green technology frontier? Again, it's the manufacturing sector (IID Policy Brief No. 6)*. Retrieved from <https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2023-10/IID%20Policy%20Brief%206.pdf>
- World Bank, 2019, World Development Report 2020.
- World Bank, 2024. Viet Nam 2045: Trading Up in a Changing World – Pathways to a High-Income Future.
- World Bank. (2024). *Global Innovation Index (GII) database*. <https://www.globalinnovationindex.org> 2024 tarihinde erişildi.
- World Bank. (2024). *World Bank Open Data*. <https://data.worldbank.org> 2024 tarihinde erişildi.
- World Bank. 2024. World Development Report 2024: Middle Income Trap. Washington, DC: World Bank.
- World Intellectual Property Organization (WIPO). (2024). *IP Statistics Data Center*. Retrieved from <https://www3.wipo.int/ipstats/key-search/indicator>
- Yükseköğretim Kurulu (YÖK). (2024). *Yükseköğretim istatistikleri veritabanı*. Erişim adresi: <https://istatistik.yok.gov.tr/> 2024 tarihinde erişildi.