



**T.C. CUMHURBAŞKANLIĞI
STRATEJİ VE BÜTÇE BAŞKANLIĞI**

**ON İKİNCİ KALKINMA PLANI
(2024-2028)**

ELEKTRONİK SANAYİİ

ÇALIŞMA GRUBU RAPORU

ANKARA 2023

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
TABLO LİSTESİ	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
KOMİSYON ÜYELERİ	ix
YÖNETİCİ ÖZETİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. MEVCUT DURUM ANALİZİ	3
2.1. Dünyada Genel Durum	3
2.1.1. Sensör (Algılayıcı/Duyarga) Teknolojileri	4
2.1.2. İletişim Teknolojileri	6
2.1.3. e-Mobilite	10
2.1.4. Sürdürülebilirlik ve İklim Teknolojileri	13
2.1.5. Yarı-iletken ve Bileşen Teknolojileri	15
2.1.6. Enerji, Güç Elektronik ve Batarya Teknolojileri.....	18
2.1.7. Sağlık Teknolojileri	22
2.1.8. Savunma, Havacılık ve Uzay Sistemlerine Yönelik Elektronik Teknolojiler	26
2.1.9. Bilgisayar Donanımı.....	28
2.1.10. Siber Güvenlik.....	29
2.1.11. Tüketici ve Ev Elektronik.....	31
2.2. Türkiye’de Genel Durum	33
2.2.1. Sensörler	34
2.2.2. İletişim Teknolojileri	36
2.2.3. e-Mobilite	42
2.2.4. Sürdürülebilirlik ve İklim Teknolojileri	44
2.2.5. Yarı-iletken ve Bileşen Teknolojileri	44
2.2.6. Enerji, Güç Elektronik ve Batarya Teknolojileri.....	46
2.2.7. Sağlık Teknolojileri	49
2.2.8. Savunma, Havacılık ve Uzay Sistemlerine Yönelik Elektronik Teknolojiler	50
2.2.9. Bilgisayar Donanımı.....	51
2.2.10. Siber Güvenlik.....	52
2.2.11. Tüketici ve Ev Elektronik.....	53
2.3. Hedeflere Ulaşılmasının Önündeki Başlıca Sorunlar	53
3. PLAN DÖNEMİ PERSPEKTİFİ	56
3.1. Temel Amaç ve Politikalara Dönük Uygulama Stratejileri ve Tedbirler	56

3.1.1. Mevzuat Alanında Yapılması Gereken Düzenlemeler	57
3.1.2. Kurumsal Yapıyı İyileştirmeye Yönelik Düzenlemeler	58
3.1.3. İnsan Kaynakları Alanında Yapılması Gerekenler	59
3.1.4. Altyapıyı İyileştirmeye Yönelik Yapılması Gerekenler	60
3.1.5. Önemli Projeler, Mali Yükü ve Finansmanı	61
3.2. On İkinci Plan Dönemi ve Uzun Erimli Hedefler	62
3.2.1. Sensör Teknolojileri	62
3.2.2. İletişim Teknolojileri	64
3.2.3. e-Mobilité (Hava, Kara, Deniz Araçları).....	67
3.2.4. İklim Teknolojileri.....	69
3.2.5. Yarı-iletken ve Bileşen Teknolojileri	72
3.2.6. Enerji, Güç Elektroniği, Batarya	80
3.2.7. Sağlık Teknolojileri	84
3.2.8. Savunma, Havacılık ve Uzay Sistemlerine Yönelik Elektronik Teknolojiler	92
3.2.9. Bilgisayar Donanımı	94
3.2.10. Siber-Güvenlik.....	95
3.2.11. Ekran Teknolojileri.....	101
3.3. Yatay Teknolojiler	106
4. SONUÇ VE GENEL DEĞERLENDİRME.....	110
KAYNAKÇA.....	111

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Sensörlerin Kullanım Amaçlarına Göre Pazar Payları.....	4
Tablo 2: Elektronik Sanayiinde Cari Açık Verilen Alt Sektörlerin Dağılımı (2021).....	54
Tablo 3: Bölge Bazında Biyosensör Pazarının Büyüklükleri (Milyar ABD Doları).....	87

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Elektronik Parça Maliyetinin Toplam Araç Maliyeti İçindeki Yüzdesi	11
Şekil 2: Elektrikli Araçların Satış Pazar Büyüklüğü (2012-2021)	11
Şekil 3: Elektrikli Araçların Markalara Göre Üretimleri.....	12
Şekil 4: Yakıt Türüne Göre AB’de Kayıtlı Otomobillerin 2021 Yılı İlk 10 Ayı Pazar Payı (%)	13
Şekil 5: Kâr Marjına Gelen Küresel Yarı-iletken Sanayisinin Önde Gelen 10 Şirketi	18
Şekil 6: 2022 ve Sonrasında Ülkelere Bazında Planlanan Yarı-iletken Yatırımları.....	18
Şekil 7: 2021 Yılında Dünyada Kaynak Bazında 2021 Kapasite Artışları.....	19
Şekil 8: Toplam Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Enerjinin Payı 2011 vs 2021 [3]	20
Şekil 9: Küresel Tıbbi Cihaz Endüstrisi	22
Şekil 10: Küresel Tıbbi Cihaz Endüstrisi	23
Şekil 11: Asya-Pasifik Ülkelerinde, Uygulamaya Dayalı Biyosensör Pazarındaki Büyüme Oranları (Milyar ABD doları).....	25
Şekil 12: Pazar Büyüklüğünün Ürün Gruplarına ve Bölgelere Göre Dağılımı	25
Şekil 13: ISIC 26 Sınıfındaki Ürünlerin Son 5 Yılda (2023 ilk 4 ay) Dış Ticaret Miktarları	35
Şekil 14: ISIC 26 Sınıfı Ürünler İçin İhracatın İthalatı Karşılama Oranı.....	35
Şekil 15: Toplam Mobil Abone Sayısı ve Nüfusa Göre Yaygınlık.....	41
Şekil 16: Yenilenebilir Enerji Kapasite Artışında İlk 10 Ülke (2022-2027).....	47
Şekil 17: Avrupa Biyosensör Pazarının Büyüklüğünün Ülkelere ve Uygulama Şekillerine Göre Dağılımı	49
Şekil 18: YOLE Development MEMS Dönüölçer Pazar Araştırması	63
Şekil 19: Yarı-iletken Sektörü Değer Zinciri	73
Şekil 20: Segmentlere Göre Elektronik Sektörü Gelirleri	76
Şekil 21: Uygulama Şekillerine Göre Biyosensör Pazarının Büyüklüğü ve 2026 Senesinde Beklenen Pazar Büyüklüğü (Milyar ABD Doları)	84
Şekil 22: Gömülü Cihaz Tabanlı Biyosensörlerin Uygulama Şekillerine Göre Pazar Büyüklükleri (Milyar ABD Doları).....	85
Şekil 23: 2021-2024 Arasında Giyilebilir Sağlık Cihazlarının Dünya Çapındaki Sipariş Miktarı	86
Şekil 24: Haziran 2021’de Yapılan Bir Anket Çalışmasına Göre İnsanların Akıllı Saatleri Kullanım Amaçları	86
Şekil 25: Northrop-Grumman Modüler Navigasyon Sistemi Mimarisi	94
Şekil 26: GAIA-X Üye Ülkelerinin Dağılımı.....	101
Şekil 27: En Temel OLED Aygıt Katman Mimarisi	104
Şekil 28: Pasif Matris Piksel Düzeni (PMOLED).....	105
Şekil 29: Aktif Matris Piksel Düzeni (AMOLED).....	105

KISALTMA LİSTESİ

3GPP	: 3. Nesil Ortaklık Projesi
4K	: Ultra Yüksek Çözünürlüklü
5GTR	: Yeni Nesil Mobil Haberleşme Teknolojileri Türkiye
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AC	: Alternatif Akım
ADAS	: İleri Sürücü Destek Sistemleri
ADU	: Hava Veri Birimi
AI	: Yapay Zekâ
AMOLED	: Aktif Matris OLED
A-PNT	: Garantili Konumlandırma, Navigasyon ve Zamanlama
APT	: Gelişmiş Kalıcı Tehdit
AR	: Arttırılmış Gerçeklik
AUS	: Akıllı Ulaşım Sistemleri
BTK	: Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
BTYPK	: Bilim, Teknoloji, Yenilik Politikaları Kurulu
CAGR	: Yıllık Bileşik Büyüme Oranı
CBDDO	: Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi
CMOS	: Bütünleyici Metal Oksit Yarı-iletken
CO2	: Karbondioksit
CRA	: Siber Dayanıklılık Yasası
DC	: Doğru Akım
EDA	: Elektronik Tasarım Otomasyonu
EKG	: Elektrokardiyografi
eMBB	: Gelişmiş Mobil Geniş Bant
ENISA	: Avrupa Birliği Siber Güvenlik Ajansı
EPC	: Çekirdek Şebeke
ERP	: Kurumsal Kaynak Planlama
EUV	: Ekstrem Mor-Ötesi
EV	: Elektrikli Araçlar
FPGA	: Özellikle Alan Programlanabilir Kapı Dizisi
GaN	: Galyum Nitrür
GDPR	: Genel Veri Koruma Tüzüğü
GNSS	: Küresel Navigasyon Uydu Sistemi

GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
HBT	: Haberleşme ve Bilgi Teknolojileri
HD	: Yüksek Çözünürlüklü
HEMT	: Yüksek Elektron Hareketliliğine Sahip Transistör
HTK	: Haberleşme Teknolojileri Kümelenmesi
HVDC	: Yüksek Gerilim Doğru Akım
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IGBT	: Yalıtımlı Kapılı Bipolar Transistör
IMS	: IP Multimedya Alt Sistemi
IMT	: Uluslararası Mobil Haberleşme
IoT	: Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
IPCC	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneline
ISIC	: Uluslararası Standart Sanayi Sınıflandırması
IT	: Bilgi Teknolojisi
ITO	: İndiyum Kalay Oksit
ITU	: Uluslararası Telekomünikasyon Birliği
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
KDT	: Temel Dijital Teknolojiler
KVKK	: Kişisel Verilerin Korunması Kanunu
LCD	: Sıvı Kristal Ekran
LTE	: Uzun Vadeli Gelişim
MDR	: Tıbbi Cihaz Yönetmeliği
MEMS	: Mikro Elektro-Mekanik Sistemler
MGEO	: Mikroelektronik, Güdüm ve Elektro-Optik
MIMO	: Çoklu Giriş Çoklu Çıkış
mMTC	: Devasa Makine Tipi İletişim
MOSFET	: Metal Oksit Yarı-iletken Alan Etkili Transistör
MR	: Karma Gerçeklik
MVDC	: Orta Gerilim Doğru Akım
NACE	: Ekonomik Faaliyet Koduna
NEMS	: Nano Elektro-Mekanik Sistemler
NFV	: Şebeke Fonksiyonu Sanallaştırma
NIS	: Şebeke ve Bilgi Güvenliği
NR	: Yeni Radyo
NSA	: Bağımsız Olmayan (Non Standalone)

ODTÜ	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
OLED	: Organik Işık Yayan Diyot
OSS	: Operasyonel Destek Sistemleri
PFD	: Birincil Uçuş Gösterimi
PMOLED	: Pasif Matris OLED
POC	: Hasta Başı Test
PPG	: Fotopletismografi
RAN	: Radyo Erişim Ağları
RED	: Radyo Ekipmanı Direktifi
REHİS	: Radar ve Elektronik Harp Sistemleri Sektör Başkanlığı
RFID	: Radyo Frekanslı Tanımlama
RIS	: Yeniden Yapılandırılabilir Akıllı Yüzey
SA	: Bağımsız (Standalone)
SCADA	: Merkezi Denetim ve Veri Toplama
SDN	: Yazılım Tanımlı Şebeke
SOME	: Siber Olaylara Müdahale Ekipleri
STB	: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
STEM	: Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik
TEY	: Telsiz Ekipmanları Yönetmeliği
TFT	: İnce Film Transistör
TSE	: Türk Standardları Enstitüsü
TSMC	: Tayvan Yarı-iletken Üretim Şirketi (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TÜTEL	: Tümdevre Tasarım ve Eğitim Laboratuvarı
UAB	: Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
UAM	: Kentsel Hava Hareketliliği
UDHAM	: Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Araştırmaları Merkezi Başkanlığı
UMC	: Birleşik Mikroelektronik Şirketi (United Microelectronics Corporation)
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
uRLLC	: Ultra Güvenilir ve Düşük Gecikmeli İletişim
USOM	: Ulusal Siber Olaylara Müdahale Merkezi
UUYM5G	: Uçtan Uca Yerli ve Milli 5G Haberleşme Şebekesi
V2X	: Her Şeye Giden Araç
VR	: Sanal Gerçeklik

WP : Çalışma Grubu
WSTS : Dünya Yarı-iletken Ticaret İstatistikleri
XR : Genişletilmiş Gerçeklik

KOMİSYON ÜYELERİ

BAŞKAN

Şakir Yaman TUNAOĞLU

KAREL-TEŞİD

RAPORTÖR

İsmail BAYEZİT

İstanbul Teknik Üniversitesi

KOORDİNATÖRLER

Uğur GELİR

Strateji ve Bütçe Başkanlığı

Zeynep ÖZDEMİR

Strateji ve Bütçe Başkanlığı

ÜYELER

Ali KALDIRIMCI

Elektrik ve Elektronik İhracatçıları Birliği

Alper ÜLKÜ

ASELSAN

Altuğ ÇİL

TÜBİTAK

Asım ADIGÜZEL

VESTEL

Ayşe KILIÇASLAN

ASELSAN

Ece DEMİRKOL

Multitek-TEŞİD

Emrullah EMEN

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı

Erhan AKIN

Fırat Üniversitesi

Fuat AKÇAYÖZ

TTGV

Fulya KAYRAN

VESTEL

Gizem YETİM

TEŞİD

Hacer SELAMOĞLU

ASELSAN

Hüseyin ARSLAN

İstanbul Medipol Üniversitesi

İlknur ADIGEÇER

Strateji ve Bütçe Başkanlığı

Mehmet İlky ÇELİK

GESK- TEŞİD

Mine TEZGİDEN

BTK

Muhammed Ali AYDIN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Namık ŞENGEZER

ASELSAN

Oğuzhan YAVUZ

VESTEL

Ömer BULUT

Strateji ve Bütçe Başkanlığı

Ömer Kemal KINACI

İstanbul Teknik Üniversitesi

Ömer Tunç AKDENİZ

Daiichi - TEŞİD

Pelin ANGIN

ODTÜ

Ramazan GÜNAY
Raşit ÇİLOĞLAN
Sedat ALANTAR
Şevket CONKER
Tunahan YILDIRIM
Yunus Emre ŞAKAR

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
VESTEL
DEİCO-TEŞİD
TRTEST
Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
HAVELSAN

YÖNETİCİ ÖZETİ

Geçtiğimiz on yıl süresince ülkemiz gerek savunma sanayii gerekse elektronik ile ilişkili iş geliştirme alanlarının ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilen yerli tasarım ve üretim ekipmanları ile elektronik endüstrisinin çeşitli alt sektörlerinde büyük atılımlar gerçekleştirdi. Ancak hali hazırda dünya elektronik endüstri pazarı oldukça hızlı büyümektedir. Bu konuda Türkiye raporda sunulmaya çalışılan yarı-iletken ve tümdevre teknolojileri, 5G/6G mobil ağlar, e-mobilite ve batarya sistemleri, vb. alt teknolojilerde ivme yakalaması ve bu sektörlerin özel olarak desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca dijital ikiz teknolojileri ve yapay zekâ temelli teknolojilerin kullanımı ve gelişimi oldukça ivme kazanmıştır ve gelişmeye devam etmesi beklenmektedir. Ülkemiz kaynaklarının bu alanlardaki gelişmelere daha fazla yönelmesi ve bu alanlardaki insan kaynağını geliştirmeyi hedeflemesi oldukça önem arz etmektedir.

Bu anlamda elektronik endüstrisi yıllardır sürekli bir büyüme deneyimlemektedir. Bu büyüme, teknolojik gelişmeler, elektronik cihazlara olan artan tüketici talebi ve Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazlarının yaygınlaşması tarafından desteklenmiştir. Endüstri, özellikle yarı-iletken üretimi, yapay zekâ ve 5G/6G teknolojisi gibi alanlarda önemli teknolojik gelişmeler yaşamaktadır. Bu gelişmeler, yenilikçiliği teşvik etmiş ve yeni elektronik ürünlerin gelişimini desteklemektedir.

Elektronik endüstrisi, özellikle Covid-19 pandemisi sırasında tedarik zinciri kesintileri ve zorluklarla karşı karşıya kalmıştır. Yarı-iletken kıtlığı ve lojistik sorunlar gibi konular üretimi etkilemiş ve tedarik zinciri dayanıklılığına olan talebi artırmıştır. Endüstrinin içinde sürdürülebilirlik ve çevresel sorumluluk vurgusu giderek artmaktadır. Bu, elektronik atıkları azaltma, enerji verimliliğini artırma ve daha yeşil üretim uygulamalarını benimseme çabalarını içermektedir.

Ticari çıkar çatışmaları ve jeopolitik faktörler, elektronik endüstrisini etkilemiştir. Bu faktörler, tarifeler, ihracat kontrolleri ve fikri mülkiyet koruması gibi konuları içerir. Bu kapsamda geçtiğimiz kalkınma planı döneminde ilgili çıkar çatışmalarının bir yansıması olarak kamuoyuna yansımış hadiseler meydana gelmiştir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Avrupa menşeli çok büyük otomotiv şirketine çevre kirliliği ve emisyon düzenlemelerine uyulmaması gibi gerekçelerle, Avrupa Komisyonu da Amerika merkezli bilgi teknolojisi (IT) şirketlerine fırsat eşitliği ihlali sebebiyle ciddi cezalar kesmiştir. Bu çatışmalar bölgemiz endüstrisinin yayılımını ve nüfuzunu iyi ilişkiler içinde olduğumuz dost ve komşu ülkelerde dahi olumsuz etkileyebilmektedir. Geliştirdiğimiz savunma sanayii ve elektronik

sanayii ürünlerinin satış süreçleri yavaşlayabilmektedir.

Akıllı telefonlar, tabletler ve akıllı ev cihazları gibi tüketici elektroniği pazarı güçlü kalmıştır. Bu ürünler endüstrinin başlıca itici güçlerinden olmaya devam etmektedir. Otomotiv sektörü, ileri sürücü destek sistemleri (ADAS) ve elektrikli araçlar (EV) dâhil olmak üzere elektronik sistemlerin entegrasyonunda önemli bir artış yaşamıştır. Endüstriler ve işletmeler genel olarak dijital dönüşüme tabi tutulmaktadır. Bu da elektronik ve bağlantı çözümlerine artan talebi beraberinde getirmiştir.

Elektronik endüstrisinde rekabet hala yoğun bir şekilde devam etmektedir ve başlıca oyuncular Asya, Kuzey Amerika ve Avrupa'da bulunmaktadır. Özellikle Çin ve Güney Kore gibi Asya ülkeleri, elektronik üretiminin ana merkezleri olarak önemli bir rol oynamaya devam etmektedirler. Elektronik sistemler daha fazla birbirine bağlandıkça, siber tehditlere ve veri ihlallerine karşı korumaya yönelik vurgu artacaktır.

Bu kapsamda Milli Teknoloji Hamlesinin özellikle ilgili sektördeki gelişmelere yönelik başlıkları On İkinci Kalkınma Planı Elektronik Sanayii Raporu'ndaki gündemlerle birleşerek daha güçlü bir Elektronik Sanayii ve daha güçlü bir Türkiye misyonunda özdeşleşmelidir. Bu tür çaba için de devletimizin rolü ise kaçınılmazdır.

1. GİRİŞ

Elektronik sanayii bir dizi farklı sektör ve uygulama için bileşenler ve sistemler sağlar. Bu, tüketici elektroniği, endüstriyel otomasyon, otomotiv elektroniği, askeri ve savunma uygulamaları, tıbbi cihazları, vb. teknolojileri içermektedir ve ülke ekonomisi ve gelişme düzeyi için kritik öneme sahiptir. Son yıllarda, elektronik sektörü büyümeye devam etti ve bu büyüme, özellikle IoT, otomobil elektrifikasyonu ve otomasyon ve yapay zekâ gibi teknolojilerin yaygınlaşması ile hızlandı. Ancak, küresel tedarik zinciri sorunları ve belirsiz ekonomik koşullar, bu sektörün geleceğini hali hazırda olumsuz etkilemektedir. Bu duruma karşın teknolojik atılımlar ve elektronik ürünlere yönelik artan talep nedeniyle, elektronik endüstrisi son yıllarda dikkate değer bir genişleme ve gelişme yaşadı. Yonga teknolojilerindeki gelişmeler, akıllı telefonların ve diğer mobil cihazların yaygınlaşması, IoT ve bağlantılı cihazların yükselişi, yapay zekâ ve makine öğreniminin kullanımının yaygınlaşması sektördeki önemli gelişmelerden bazılarıdır. Gelecekteki teknolojik gelişmeler arasında 5G ağlarının, esnek ve katlanabilir elektroniklerin benimsenmesi ve çeşitli ürün ve uygulamalara yapay zekâ ve makine öğreniminin dâhil edilmesi yer alıyor. Elektronik ürünlerin üretiminde de çevre dostu malzeme kullanımı ve sürdürülebilirlik giderek daha fazla önem kazanıyor. Sonuç olarak önümüzdeki 5 yıl içerisinde, elektronik endüstrisinin yukarıda belirtilen ilgili teknolojilere yönelik detaylı genişlemesi ve gelir getirmesi beklenmektedir.

Elektronik sektöründe teknolojik ilerleme, değişen müşteri tercihleri ve yeni iş modelleri gibi çeşitli nedenlerle önümüzdeki birkaç yılda daha fazla gelişme bekleyebiliriz. Önümüzdeki yıllarda, aşağıdaki önemli eğilimlerin elektronik sektörü ve pazarı üzerinde etkisi olacağı tahmin edilmektedir:

- 5G ağları hali hazırda kullanılmaya başladığından ve önümüzdeki yıllarda tüm dünyada yaygın olarak kullanılacağından, bağlı cihazların sayısında ve veri aktarım hızlarında büyük bir artış beklenmektedir. Sonuç olarak, IoT ve akıllı şehirler gelişecek ve sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik dâhil olmak üzere yeni uygulama ve hizmetlerin yaratılmasına yol açacaktır.
- Sürdürülebilirliğe odaklanmak daha önemli hale geliyor. Elektronik sektörü, çevresel etkiyi en aza indirmeye ve küçük aygıtların üretiminde çevre dostu malzemeler kullanmaya özel bir vurgu yaparak, sürdürülebilir uygulamaları benimseme konusunda artan bir baskı altında.
- Yapay zekâ, kuantum bilgi işlem ve IoT gibi alanlardaki yenilikler, giyilebilir cihazlar,

sürücüsüz arabalar ve akıllı evler gibi yeni cihazların ve teknoloji kullanımlarının yaratılmasını teşvik edecektir.

- Elektronik endüstrisinin, dijital teknolojilerin artan kabulü ve veri analitiği talebinin bir sonucu olarak bir dijitalleşme kayması geçirmesi bekleniyor. Daha fazla işletme, operasyonlarını geliştirmek ve rekabet avantajı elde etmek için dijital araçları ve platformları kullanacak.
- Elektronik sektörü geliştikçe muhtemelen yeni iş modelleri de ortaya çıkmaya başlayacak. Bu modellerin örnekleri arasında kullanım başına ödeme, abonelik tabanlı ve döngüsel ekonomi modelleri yer almaktadır.

Genel olarak, elektronik sektörünün teknolojinin yönünü ve nasıl yaşadığımızı ve çalıştığımızı belirlemede önemli bir rol oynamaya devam edeceği tahmin edilmektedir. Şirketler, sektör geliştikçe rekabet gücünü koruyabilmek için eğrinin değişen pazar koşullarına uyum sağlamalıdır. On İkinci Kalkınma Planı Elektronik Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu kapsamında ilerleyen bölümlerde sektöre yönelik öne çıkan teknolojilerin dünyadaki durumu, ülkemizdeki durumu ele alınacak ve sonuç olarak sektörün ve kritik alt teknolojilerin gelişmesine yönelik öneriler yer alacaktır.

2. MEVCUT DURUM ANALİZİ

2.1. Dünyada Genel Durum

Bilgisayarlar, elektronik ve optik ürünlerin ihracat değerleri dünya ticaretinde önemli bir yer tutmaktadır. 2021 yılı ve sonrasına gelindiğinde, bu ürünlerin dünya ihracatındaki değerinde, önceki 5 yıla kıyasla %26.4'lük bir artış yaşanmıştır. 2017 yılında sektörün ihracatının %24.3'ü Çin tarafından yapılmışken, 2021 yılında bu oran %23.8'e düşmüştür. Bu dönemde, sektörde en çok ihracat gerçekleştiren ilk 10 ülke incelendiğinde, Çin, ABD, Kore Cumhuriyeti, Almanya ve Japonya'nın dünya ihracatındaki payları 2017'ye kıyasla azalırken, Hong Kong, Taipei, Singapur, Vietnam ve Hollanda'nın ihracat paylarında ise artış olduğu görülmüştür [1].

2021 itibarıyla, küresel elektronik endüstrisi, teknolojik ilerlemeler ve çeşitli sektörlerde artan talep nedeniyle sürekli bir büyüme göstermekte olup, 2021 yılı itibarıyla küresel tüketici elektroniği pazarının değeri yaklaşık olarak 1 trilyon Amerikan doları olarak belirlenmiştir. (Statista, 2021). Küresel elektronik endüstrisinin 2021'den 2028'e kadar yıllık bileşik büyüme oranının (CAGR) %4.2 olması beklenmektedir. (Grand View Research, 2021).

Büyümeyi sürükleyen anahtar sektörler arasında iletişim, tüketici elektroniği, otomotiv elektroniği ve endüstriyel elektronik bulunmaktadır. Özellikle akıllı telefonlar, giyilebilir cihazlar, akıllı ev cihazları ve IoT cihazları önemli talep görmektedir. Elektronik üretimi ve tüketimi konusunda lider bölge Asya-Pasifik bölgesi olup en önemli katkı büyük ölçüde imalat gücü olan Çin'in katkısıdır. Kuzey Amerika ve Avrupa da küresel elektronik pazarına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Dijitalleşme, küçülme, akıllı ve bağlantılı cihazlar ve enerji verimli elektronikler gibi devam eden trendlerin, endüstrinin büyümesini sürdürmesi beklenmektedir.

Bu kısmın ilerleyen alt bölümlerinde elektronik sanayiinin dünyadaki genel durumu sektörde önümüzdeki 5 yılda öne çıkacağı öngörülen sensör (algılayıcı/duyarga) teknolojileri, iletişim teknolojileri, e-mobilite, sürdürülebilirlik ve iklim teknolojileri, yarı-iletken bileşenler, enerji, güç elektroniği ve batarya teknolojileri, sağlık teknolojileri, savunma, havacılık ve uzay sistemlerine yönelik elektronik teknolojiler, bilgisayar donanımı, siber güvenlik, tüketici ve ev elektroniği alanlarında detaylı olarak ele alınmıştır.

2.1.1. Sensör (Algılayıcı/Duyarga) Teknolojileri

Sensör teknolojilerinin dünya genelindeki durumu, dikkate değer gelişmeler sergilemektedir ve çeşitli uygulamalar için büyük potansiyel taşımaktadır. Küresel sensör teknolojileri pazarı son yıllarda hızla genişlemiştir. Sensörlerin küresel pazarına ait istatistiklere bakarsak, 2022’de 204,8 milyar ABD doları olarak gerçekleşen pazarın 2023’te 226,91 milyar ABD doları düzeyine erişmesi ön görülmektedir. Bu pazarın 2032 yılına kadar yıllık ortalama %8,4 oranında büyümeyle 508,64 milyar ABD dolarına ulaşması beklenmektedir.¹

Kullanım amacına göre sensörler başlıca, biyosensörler, görüntü sensörleri, basınç sensörleri, optik sensörler, RFID sensörleri, sıcaklık sensörleri, seviye sensörleri, akış sensörleri, dokunma sensörleri olarak sınıflandırılabilir. Kullanım amacına göre sensörlerin Pazar payı dağılımı Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1: Sensörlerin Kullanım Amaçlarına Göre Pazar Payları¹

Tür	Pazar Payı
Biyosensör	11,43%
Görüntü Sensörü	5,37%
Basınç Sensörü	4,44%
Optik Sensör	3,91%
RFID Sensör	3,42%
Sıcaklık Sensörü	3,13%
Seviye Sensörü	2,72%
Akış Sensörü	2,69%
Dokunma Sensörü	2,44%
Diğer	60,45%

Teknolojisine göre sensörler, CMOS (Bütünleyici Metal Oksit Yarı-iletken), MEMS (Mikro Elektro-Mekanik Sistemler), NEMS (Nano Elektro-Mekanik Sistemler) ve diğerleri olarak sınıflandırılabilir. Tüketici elektroniğinde yoğun olarak kullanılan CMOS tabanlı sensörler pazarda en büyük paya sahiptir. Algılayıcı/sensör sektöründeki başlıca firmalar ABD, Avrupa ve uzak doğuda yer almaktadır. Bunlar arasında ST-Microelectronics NV, Bosch Sensortec GmbH., ABB Group, Siemens AG, OMRON Corporation, Texas Instrumental Incorporated, Drägerwerk AG & Co. KGaA, Samsung Electronics Co Ltd., International Sensor

¹ Precedence Research, Sensör Pazarı Raporu, Ocak 2023 / <https://www.precedenceresearch.com/sensor-market>

Technology, DENSO Corporation, NXF Semiconductors, Honeywell International Inc. sayılabilir.

Sensörler, fiziksel ve çevresel verileri yakalama ve yorumlama konusunda kritik bir rol oynar, bilinçli karar verme ve sistem kontrolüne imkân tanır. Burada sensör teknolojilerinin gelişimi, uygulamaları, sınırlamaları ve ortaya çıkan trendleri göz önünde bulundurarak, sensör teknolojilerinin mevcut durumunu değerlendirmek gerekmektedir. Öncelikle çevresel izleme alanında, sensör teknolojileri büyük ilerlemeler kaydetmiştir. Küçültme, kablosuz iletişim ve veri analitiği ilerlemeleri, çevresel izleme sistemlerinde devrim meydana getirmiştir. Hava kalitesi izleme, su kalitesi değerlendirmesi ve hava durumu tahmininde kullanılan sensörler, çevresel sürdürülebilirlik için gerçek zamanlı veri toplama, analiz ve bilinçli karar verme imkânı sağlar. Bu sensörler, kirliliğin azaltılmasına, doğal afetlerin erken tespitine ve etkili kaynak yönetimine katkıda bulunmaktadır.

Sensör teknolojileri, sağlık sektöründe de büyük potansiyel göstermektedir. Giyilebilir sensörler, vücuda yerleştirilebilir cihazlar ve uzaktan izleme sistemleri, hasta bakımını ve hastalık yönetimini büyük ölçüde dönüştürmüştür. Hayati belirtilerin sürekli olarak izlenmesi, ilaç uyumu ve sensörler tarafından kolaylaştırılan erken anomali tespiti, kişiselleştirilmiş sağlık hizmeti sunumuna olanak tanır ve hastaneye yatış oranlarını azaltır. Bu ilerlemeler, iyileştirilmiş hasta sonuçlarına, sağlık sistemlerinde artan verimliliğe ve erken müdahale potansiyeline katkıda bulunur. Endüstriyel uygulamalarda da sensör teknolojileri vazgeçilmez hale gelmiştir. Sensörler sayesinde üretim süreçlerinin gerçek zamanlı izlenmesi, tahminsel bakım ve kalite kontrol mümkün kılınmıştır. İlgili üretim operasyonlarında artan üretkenlik, maliyet tasarrufu ve güvenliğin iyileştirilmesine destek vermektedir. Ayrıca, sensörler robotik, lojistik ve tedarik zinciri yönetiminde önemli bir rol oynar, hassasiyet, otomasyon ve operasyonel verimliliği sağlar.

Akıllı cihazların ve IoT'un yaygınlaşması, sensör teknolojilerine olan talebin artmasına yol açmıştır. Akıllı telefonlar, giyilebilir cihazlar ve akıllı ev cihazlarında yer alan sensörler, insanlar ile teknoloji arasında sorunsuz etkileşim sağlamaktadır. Bu sensörler mimik tanıma, biyometrik kimlik doğrulama, çevresel algılama ve bağlamsal farkındalık gibi işlevlere sahiptir. Böylece kullanıcı deneyimlerini geliştirir ve daha bağlantılı ve akıllı bir ekosistemi mümkün kılmaktadır. Tüm bu gelişmelere rağmen, ilgili alana yönelik zorluklar devam etmektedir. Güç tüketimi, veri güvenliği ve gizlilik endişeleri, uyumluluk ve sensör kalibrasyonu, sensör teknolojisi geliştiricileri ve kullanıcıları için önemli engeller olarak ortaya çıkmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek sensör teknolojilerinin potansiyelini tam olarak ortaya çıkarmak

açısından büyük öneme sahiptir. Geleceğe yönelik araştırmacılar ve geliştiriciler, sensör performansını artırmak ve mevcut sınırlamaları ele almak için yeni malzemeler, üretim teknikleri ve veri işleme algoritmaları üzerine çalışmaktadırlar. Nanoteknoloji, yapay zekâ ve makine öğrenmesi gibi alanlardaki gelişmeler, sensör yeteneklerini daha da ilerletme potansiyeline sahiptir, bu da algılama ve verimliliği iyileştirerek insanlığın refahını artıracaktır.

Dünyada hava verisi ölçümünü gerçekleştiren hava veri bilgisayarı, hava veri birimi, akıllı hava veri sondaları gibi ekipmanları tasarlayıp üreten çok sayıda ülke mevcuttur. Bu türden ekipmanların ihtiyaç duyduğu basınç sensörlerini tasarlayıp üreten ülke sayısı ise çok sınırlıdır. Açık kaynaklardan ulaşılabilen bilgilere göre, hava verisi ekipmanlarında kullanılabilecek hassasiyette basınç ölçümü yapabilen sensörleri tasarlayıp üretebilen ABD, İsviçre ve Norveç vb. ülkeler bulunmaktadır. Açık kaynaklarda ispatı bulunamamış olmasına rağmen, Rusya ve Çin'in de uygun hassasiyetlerde ölçüm yapabilen basınç sensörlerini tasarlayıp üretebildikleri tahmin edilmektedir.

Önceleri sadece yüksek performans gerektirmeyen ticari uygulama alanlarına hitap eden MEMS dönü-ölçerler ve ivmeölçerler, özellikle MEMS üretim teknolojilerindeki gelişmeler ve artan tasarım/üretim tecrübeleri doğrultusunda günümüzde pek çok taktik seviye askeri uygulamanın performans gereksinimlerini sağlayabilecek seviyelere ulaşmış durumdadır. MEMS ivmeölçer ve dönü-ölçerler GPS destekli taktik füze ve güdümlü mühimmatlarda, elektro-optik, radar ve silah sistemlerinin stabilizasyonunda, minyatür platformların GPS/INS çözümlerinde yoğun olarak kullanılmaya başlamıştır. Küçük, hafif, ucuz olup az güç tükettiklerinden ötürü hassas pozisyon ve yönelim hassasiyeti gerektirmeyen tipteki mühimmat ve insansız sistemlerde tercih edilmektedir.

Sonuç olarak, sensör teknolojilerinin mevcut durumu çeşitli alanlarda önemli ilerlemeler ve potansiyel göstermektedir. Sensörler, çevre izleme, sağlık, endüstri ve akıllı cihazlarda veri toplama, karar alma süreçleri ve kullanıcı deneyimlerini dönüştürmüştür. Ancak, güç tüketimi ve veri güvenliği gibi zorluklar daha geniş kabul ve optimal kullanım için ele alınmalıdır. Araştırmacılar sürekli olarak sensör teknolojilerini yenilikçi bir şekilde geliştirerek teknolojik olarak bağlantılı ve sürdürülebilir bir geleceğe katkı sunmaktadırlar.

2.1.2. İletişim Teknolojileri

Mobil telefonların ve IoT'un hayatımıza daha fazla girmesiyle akıllı cihaz sayısındaki artış, kullanıcıların hız, kapsama ve hizmet kalitesinin artması yönündeki beklentileri; sanayi, tarım, ulaşım, enerji, sağlık, eğitim, medya ve eğlence gibi dikey sektörlerin dijital dönüşüm

süreçleri ve her birinin kullanım senaryolarına göre değişen, yüksek hız, çok düşük gecikme süreleri gibi ihtiyaçları; büyük veri, yapay zeka, makine öğrenmesi, robotik, otomasyon uygulamaları, bulut, kuantum teknolojileri gibi ileri teknolojilerin hızlı gelişimi özellikle kablosuz haberleşme teknolojilerinde önemli değişimlere yol açmıştır. Dünyanın 2020 yılında Covid-19 pandemisi ile karşı karşıya kalması, telekomünikasyon teknolojilerinin ve özellikle bağlanabilirliğin günlük hayatın birçok alanındaki önemini bir kez daha göstermiş, yüksek kaliteli dijital telekomünikasyon altyapısını güvence altına alma ve yatırım yapma ihtiyacı toplumların gündemindeki yerini sürdürmüştür.

2022 yılı haziran ayında yayımlanan Ericsson Mobility Report'a göre, dünyada 2021 yılı sonunda yaklaşık 8,2 milyar mobil abonelik bulunurken, 2027 yılı sonunda yaklaşık 9,1 milyar olacağı, bu aboneliklerdeki mobil geniş bant aboneliklerinin payının ise %84'ten %93'e çıkacağı tahmin edilmektedir. Toplam küresel mobil veri trafiği 2021 yılının sonunda ayda 84 EB'a çıkmış olup 2027 yılı sonunda aylık 368 EB olacağı öngörülmektedir. Dünyada yaygın olarak kullanılan mevcut mobil iletişim teknolojilerinin, bu yüksek artışı ve yeni talepleri karşılama konusunda yetersiz kalacağı öngörülmektedir.

5G'ye yönelik standart çalışmaları Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union, ITU) ve Üçüncü Nesil Ortaklık Projesi (3rd Generation Partnership Project, 3GPP) başta olmak üzere çok sayıda uluslararası standart kuruluşu bünyesinde yürütülmektedir. 5G standartlarını belirlemek üzere ITU-R tarafından IMT 2020 ve Ötesi (IMT-2020 and Beyond) adlı bir çalışma grubu kurulmuştur.

IMT 2020'de üç temel kullanım senaryosu belirlenmiştir. 5G şebekelerinin temel olarak geliştirilmiş mobil geniş bant (enhanced Mobile Broadband, eMBB), ultra güvenilir ve düşük gecikmeli iletişim (ultra-Reliable and Low Latency Communications, uRLLC) ve yoğun makine tipi iletişim (massive Machine Type Communications, mMTC) olarak sınıflandırılan üç ana ihtiyacı karşılama öngörülmüş, öncelikle eMBB'ye yönelik, ardından da uRLLC ve mMTC'ye yönelik standardizasyon çalışmaları sürdürülmüştür. 3GPP'nin ilk uygulanabilir 5G Yeni Radyo (New Radio, NR) tanımlaması, 2017 Aralık ayında 3GPP Sürüm (Release) 15'in parçası olarak tamamlanmış, ilk özellikler 4G LTE (Long Term Evolution, LTE) ağlarına entegre edilmiş bağımsız olmayan (Non Standalone, NSA) 5G radyo sistemlerini içerirken, Sürüm 15'in kapsamı, bağımsız (Standalone, SA) 5G'yi kapsayacak şekilde genişletilmiştir. 5G'nin ikinci aşama özellikleri 2020 yılında başlayan Sürüm 16 ile devam etmiştir. 2022 Mart ayında Sürüm 17'nin 3. fazı tamamlanmıştır. 5G-Advanced teknolojisinin Sürüm 18 ile geleceği ve Sürüm 18 çalışmalarının 2024'ün 2. çeyreğinde tamamlanacağı beklenmektedir.

Birçok ülkede 5G'ye geçiş sağlanmış, ticari lansmanları yapılmış, çeşitli deneyimler kazanılmıştır. 2022 Mayıs ayı itibarıyla dünya genelinde 210'dan fazla ticari 5G şebekesi çalışmaya başlamıştır. 5G abone sayısının 2022 yılı ilk çeyrekte yaklaşık 620 milyona, 2022 yılı sonunda 1 milyara ulaştığı, 2027 yılında ise tüm mobil aboneliklerin %48'ini oluşturarak 4,4 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. 2021 yılı sonunda dünya nüfusunun yaklaşık %25'inin 5G kapsamında olduğu, 2027 yılında bu oranın %75'e çıkacağı tahmin edilmektedir [2]. 5G'nin getirdiği yenilikçi çözümlerin küçük bir kısmını oluşturan ve NSA (Non Stand Alone) eMBB (enhanced Mobile Broad Band) mimarisine sahip ürünler Dünya'da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Dünyada 5G hizmetlerinin başlaması sebebiyle, sektörde daha çok abone sayılarındaki değişim, 5G şebeke performansları, konuşlandırmada karşılaşılan güçlükler, elde edilen deneyimler, planlanan çalışmalar, ortaya çıkan fırsatlar, bu doğrultuda 5G ötesine ilişkin çıkarılan dersler paylaşılarak tartışılmaktadır. 5G'de gelinen aşamada öne çıkan konuların 5G şebeke tabanlı akıllı fabrikalar, akıllı şehir uygulamaları gibi farklı dikey sektör uygulamalarının dijital dönüşümdeki önemi, yaygınlaştırılması ve finansmanı, 5G özel şebekeler, şebeke güvenliği, açık şebeke topolojisi ve açık radyo erişim şebekesi (Open Radio Access Networks, Open RAN), robotik uygulamalar, metaverse gibi konular olduğu görülmektedir.

6G teknolojileri şu anda gelişimin ilk aşamalarında ve dünyanın dört bir yanındaki araştırmacılar ve mühendisler bu teknolojiler üzerinde çalışmaktadır. Çalışmaların ana odak noktasının daha yüksek hızlar, daha fazla kapasite ve gelişmiş güvenilirlik sağlayacak teknolojilerin geliştirilmesi olduğu görülmektedir. 6G teknolojisinin 2030 civarına kadar kullanıma sunulması, ancak yaygınlaşmasının daha fazla zaman alması beklenmektedir. Artan hızlara ek olarak, 6G'nin ultra güvenilir düşük gecikmeli iletişim, enerji verimliliği ve güvenlikte iyileştirmeler getirmesi beklenmektedir. 6G ayrıca yapay zekâ ve nesnelerin interneti gibi teknolojilerde bir dizi ilerleme kaydedilmesini sağlayacaktır. Ek olarak 6G'nin dokunsal internet gibi yeni kullanım durumlarını etkinleştirmesi beklenmektedir.

Her yeni nesil için teknik standartların geliştirilme hızı göz önüne alındığında, 6G'nin 2030 yılı civarında ticarileşmesi ve kullanıcılara sunulabilmesi beklenmektedir. ITU tarafından 2021 yılında 6G vizyonunu belirleme çalışmalarına başlanacağı belirtilmiş olup bu kapsamda bir dizi çalışma gerçekleştirilmektedir. ITU-R Çalışma Grubu 5D (WP 5D) tarafından 2022 yılı haziran ayında 2030 ve Ötesi için Uluslararası Mobil Haberleşme (IMT) konulu bir çalıştay düzenlenmiştir. Bu çalıştay 6G'nin standartlaşması açısından oldukça önemli bir adım olarak

görülmektedir. Bu kapsamda çeşitli kuruluşlar 2030 yılını ve ötesini hedefleyen mobil iletişim sistemlerinin gelişimi hakkında çalışmalarını ve görüşlerini sunmuştur. 2021 yılının ortalarından itibaren ITU 6G vizyonunun kurulmaya başlamasıyla birlikte 6G standardizasyon çalışmalarının başladığı görülmekte; 2023 yılında, gerekliliklerin tanımlanmaya başlanacağı, 2026 yılında aday teknoloji önerilerinin değerlendirilmeye başlanacağı ve 2029 yılından 2030'a kadar da standardın kabulü öngörülmektedir. Dolayısıyla 6G teknolojileri ve standardı üzerine küresel yarışın başlamış olduğu görülmektedir. 6G'nin her zaman ve her yerde bağlantıyı hedeflemesi beklenmekte olup, 6G gereklilikleri, 6G'de kullanılacak yeni teknolojiler, 6G spektrumu, modülasyon teknikleri, anahtar uygulamalar tartışma aşamasında olmakla birlikte temel eğilimlerin var olduğu görülmektedir. Bu aşamada dünyada 6G'de öne çıktığı görülen konu başlıkları şu şekilde sıralanabilir:

- 6G Ar-Ge çalışmaları, yatırımları ve fonları,
- 6G'de aşırı performansa yönelik çok yüksek kapasite, yüksek hız, çok düşük gecikme, güvenilirlik çalışmaları,
- 4G'de 1Gb/sn hızlar konuşulurken, 5G'de 10 Gb/sn, 6G'de 1 Tb/sn hızlar;
- 4G'de 10 msn gecikme süreleri konuşulurken, 5G'de 1 msn, 6G'de 0,1 msn gecikme süreleri konuşulmaktadır,
- Olası 6G spektrumuna ilişkin olarak çeşitli kurum ve kuruluşlarca telaffuz edilen frekans bantları aşağıda belirtilmiş olup en çok üst orta bant ve alt THz frekanslarının dikkate alındığı görülmektedir:
 - Orta Bant
 - Düşük orta bant; 1 GHz-7 GHz
 - Üst orta bant: 7 GHz-24 GHz
 - Yüksek Bant
 - mm dalga: 24 GHz-92 GHz
 - Alt THz: 92 GHz-300 GHz
- Radyo teknolojilerinde, aşırı (extreme) MIMO, hücreless masif MIMO, kullanıcı merkezli RAN, dalga şekli, kodlama ve modülasyon, full duplex radyo, dinamik spektrum paylaşımı, THz haberleşme, mm dalga, yeniden yapılandırılabilir akıllı yüzeyler, (RIS, Reconfigurable Intelligent Surface), yapay zekâ destekli hava

arayüzü gibi teknolojiler,

- 6G süper kapsama alanı için karasal olmayan şebekelerle ara bağlantı ve kentsel hava hareketliliği (UAM-Urban Air Mobility),
- Sürdürülebilirlik kapsamında enerji ve maliyet verimli yeşil şebekeler için radyo teknolojilerinin; baz istasyonu ve kullanıcı ekipmanlarında enerji tasarrufunun 6G'de giderek daha önemli hale geleceği,
- Cloud-Native (bulut tabanlı), AI-Native (yapay zekâ tabanlı) ve Quantum-Native (Kuantum tabanlı) teknolojiler,
- Güvenli kimlik protokolleri, esneklik, güvenilirlik, kuantum güvenliği,
- Öne çıkan uygulamalar arasında, üç boyutlu genişletilmiş gerçeklik XR, yüksek güvenilirlikli mobil hologram ve dijital ikiz teknolojileri,
- Robotik uygulamalar ve kitlesel tüketici robotlarının olanaklı hale gelmesi.

2.1.3. e-Mobilite

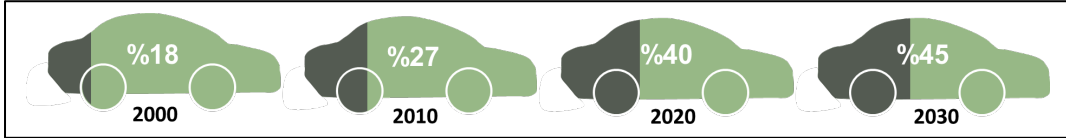
Elektrikli araçlar (EV) ve hibrit araçlar, otomotiv sektöründe giderek daha büyük bir pazar payı kazanmaktadır. Bu durum düşen batarya maliyetleri, artan şarj altyapısı ve hükümet teşvikleri gibi faktörlere bağlıdır. Ek olarak, bazı ülkeler ve şehirler, öncü olarak ise Avrupa Birliği, emisyonları azaltmak için içten yanmalı motorlu araçları tamamen yasaklama planları açıklamıştır. Bu durum elektrikli araçlara olan talebi daha da artıracak bir faktördü.

İkinci olarak e-mobilite sadece elektrikli araçları içermez. E-Mobilite elektrikli scooter, elektrikli bisiklet gibi mikro mobilite araçlardan şehir içi kullanıma uygun küçük/orta/büyük sınıf elektrikli araçlar, toplu ulaşım için kullanılan elektrikli minibüs ve otobüslere kadar uzanan pek çok farklı araç, bunlarla beraber sunulan servisleri (araba paylaşım, bitaksi, über, getir vb.) ve altyapıları (şarj istasyonları, çevreci enerji üretim tesislerini, doğalgaz ve hidrojen yakıtları, vb.) kapsamaktadır. Otomotiv sektöründe araç özelinde elektronik sistem kullanımına yönelik ilerleme oransal olarak aşağıdaki görselde IHS, Deloitte kaynaklarında görülmektedir. Burada araç içi otomotiv elektroniği kullanım oranı çok kısa süre çok yüksek oranlara ulaşacaktır.

İlgili alandaki elektronik sistemlere olan ihtiyaç elektrikli araçların son yıllarda piyasayı domine etmeye başlamasıyla birlikte önemli bir büyüme yaşamıştır. 2020 yılında dünya genelinde yaklaşık 3 milyon elektrikli araç satılmıştır. Bu, elektrikli araç satışlarının önceki

yıllara göre yaklaşık %43'lük bir artış gösterdiği anlamına gelmektedir. Elektrikli araçların Otomotiv Endüstrisindeki pazar payı da sürekli olarak artmaktadır. Bu durum aşağıda otomobil markalarının satış rakamlarını gösteren grafikte açıkça gözükmemektedir.

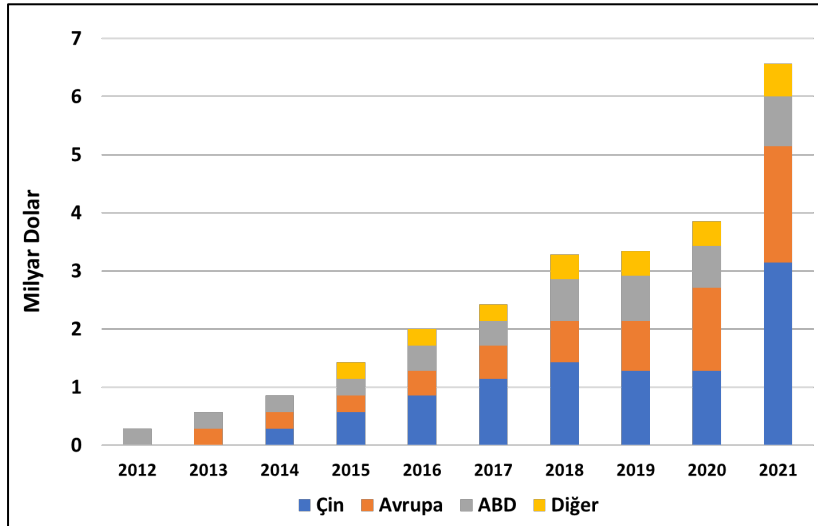
Şekil 1: Elektronik Parça Maliyetinin Toplam Araç Maliyeti İçindeki Yüzdesi



Kaynak: Bloomberg²

Devlet öncülüğünde birçok ülke, elektrikli araçların yaygınlaşmasını teşvik etmek için çeşitli teşvikler ve politikalar uygulamaktadır. Bu teşvikler, satın alma sübvansiyonları, vergi indirimleri, şarj altyapısının geliştirilmesine yönelik destekler gibi çeşitli şekillerdedir. Bu politikalar, elektrikli araç pazarının büyümesini desteklemektedir. Elektrikli araçların yaygınlaşması için etkili bir şarj altyapısı geliştirilmesi önemlidir. Birçok ülke ve şirket, elektrikli araç şarj istasyonlarının sayısını artırmak ve hızlı şarj teknolojilerini geliştirmek için çaba sarf etmektedir. Bu kullanıcıların elektrikli araçlarını daha kolay şarj edebilmelerini sağlayacak ve dünyada talebi artıracaktır.

Şekil 2: Elektrikli Araçların Satış Pazar Büyüklüğü (2012-2021)



Kaynak: STATISTA³

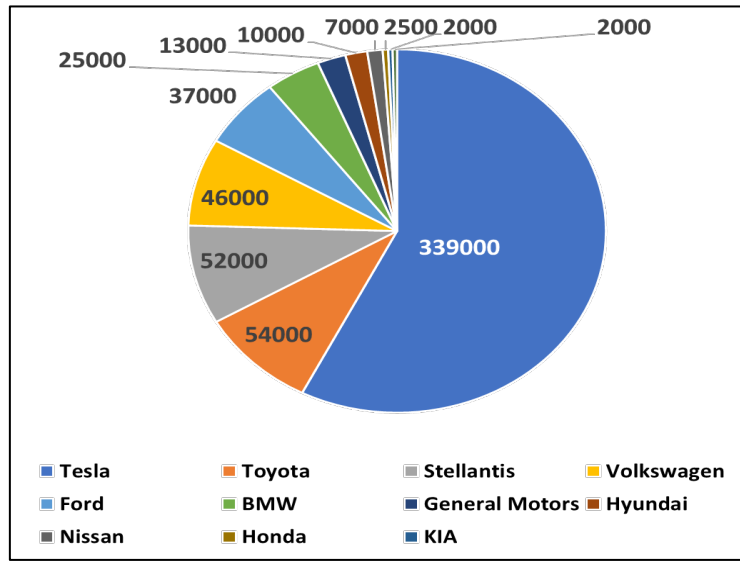
² <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-04-04/spain-plans-to-invest-12-4-billion-in-chips-semiconductors#xj4y7vzkg>

³ <https://opinyu.com/denizmutlu3/elektrikli-araclar-ve-lityum/>

Birçok otomobil üreticisi, elektrikli araçlara olan talebi karşılamak ve emisyonları azaltmak için ürün yelpazesinde elektrikli araçları artırmaktadır. Bazı otomobil üreticileri ise tamamen elektrikli araçlara odaklanarak içten yanmalı motorları aşamalı olarak azaltmayı planlamaktadır. Bu durum sıfır emisyon araçların sektöre hâkim olması ve iklim sürdürülebilirliği açısından çok önemlidir. Ayrıca elektrikli araçlar için gelişmiş batarya teknolojileri, menzili artırmak, şarj süresini kısaltmak ve maliyetleri düşürmek büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda batarya teknolojilerinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir ve bu da elektrikli araçların daha cazip hale gelmesine yardımcı olmaktadır.

Çip kullanım artışına paralel araç içi elektronikleşme ile ilgili aşağıdaki grafikte dünyanın son on yıldaki elektrikli otomobil kullanımındaki değişimi görülmektedir. Özellikle son 3 senedeki eksponansiyel artış Türkiye'nin de dikkat etmesi ve odaklanması gereken alanı açıkça göstermektedir.

Şekil 3: Elektrikli Araçların Markalara Göre Üretimleri

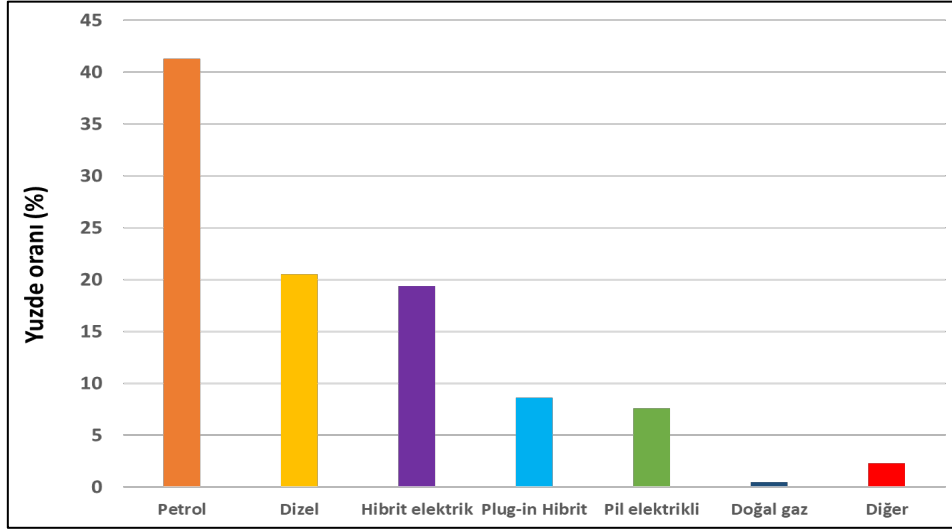


Kaynak: EPA, InsideEVs, Elecreek, Nasdaq⁴

Genel olarak, e-mobilite dünya genelinde hızla büyüyen bir trenddir. Elektrikli araç satışları ve pazar payı sürekli olarak artmaktadır. Son olarak, otonom sürüş teknolojileri de e-mobilitenin önemli bir parçasıdır ve bu alanda da büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu teknolojiler hem bireysel taşımacılık hem de ticari taşımacılık için potansiyel olarak devrim niteliğinde olacaktır.

⁴ <https://markets.businessinsider.com/news/stocks/how-long-can-tesla-continue-to-dominate-the-us-ev-market-1031995423>

Şekil 4: Yakıt Türüne Göre AB’de Kayıtlı Otomobillerin 2021 Yılı İlk 10 Ayı Pazar Payı (%)



Kaynak: ACEA⁵,STATISTA⁶

2.1.4. Sürdürülebilirlik ve İklim Teknolojileri

İklim değişikliği, ekosistem sürdürülebilirliğini ve özellikle biyolojik çeşitliliği tehdit ederek her geçen gün daha da şiddetlenen çevresel bir sorundur ve öngörülen sera gazı emisyonları yakın gelecekte dünyamız için ciddi bir problem oluşturmaktadır. İklim değişikliği ile mücadele kapsamında, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) tarafından 2015 yılında 196 uluslararası üye tarafından kabul edilen Paris Anlaşması, küresel ısınmayı 2°C'nin altında, tercihen 1,5°C ile sanayi öncesi seviyelerin üzerinde sınırlamayı amaçlamaktadır.

Paris Anlaşması'nın kabul edilmesinden sonra tarafların Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneline (IPCC) verdikleri görev sonucunda 2018 yılında IPCC'nin 1,5°C Özel Raporu yayımlanmıştır. Raporu göre sıcaklık artışını 1,5°C ile sınırlamak hayati önem taşıdığı vurgulanmıştır. 2021 yılında Türkiye, 2053 yılında net sıfır emisyon hedefini kabul ederek, Paris Anlaşması'nı onayladığını duyurmuştur. Küresel öncelikler paralelinde, iklim değişikliği ile mücadele edilmesi ve iklimle uyumlu bir şekilde yaşamın sürdürülmesi için iklim teknolojilerine yönelim ve iklim teknolojilerinin fırsatlarından yararlanılması gerekliliği gündeme gelmektedir.

⁵ European Automobile Manufacturers Association [<https://www.acea.auto>]

⁶ <https://www.statista.com/chart/26037/market-share-of-cars-registered-in-the-eu-by-fuel-type/>

İklim değişikliğinin nedenlerinin azaltılması veya önlenmesine hizmet eden, iklim değişikliğine karşı uyumu veya dayanıklılığı artıran, iklim değişikliği sebebiyle ortaya çıkmış ya da ortaya çıkacak zararlı etkilerle mücadelede insanlığı veya doğayı destekleyen, iklim değişikliğini yönetmeyi kolaylaştıran, iklim değişikliğini yönetecek veri ve bilgiyi artıran teknolojiler iklim teknolojileri olarak bilinmektedir. İklim teknolojisi terimi, sera gazı emisyonlarını ve uygulandıkları çok çeşitli endüstrileri ele almak için kullanılan birçok teknolojiyi ve yeniliği dâhil etmek için kapsayıcıdır. İklim teknolojilerini sektörel olarak örneklendirmek mümkün olsa da birçok iklim teknolojisi temelde, sera gazlarını yakalama ve depolama teknolojilerinde olduğu gibi sektör bağımsızdır. İklim teknolojilerinin dünyadaki durumunu ele aldığımızda ise aşağıdaki hususlar öne çıkmaktadır:

- Yenilenebilir Enerji Kapasitesi: Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı giderek artmaktadır. 2020 yılı itibarıyla dünya genelinde kurulu güneş ve rüzgâr enerjisi kapasitesi toplamda 1,2 TeraWatt'tı. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik üretimi, toplam elektrik üretimindeki payını sürekli olarak artırmaktadır.
- Karbondioksit Emisyonları: İklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir adım, karbondioksit (CO₂) emisyonlarını azaltmaktır. Bazı ülkeler ve şirketler, sera gazı emisyonlarını azaltmak için politikalar ve hedefler belirlemişlerdir. Örneğin, Avrupa Birliği 2050 yılına kadar net sıfır emisyon hedeflemiştir.
- Elektrikli Ulaşım: Raporun 2.1.3 kısmında detaylıca bahsedildiği gibi elektrikli araçlar, çevresel ve iklim özelinde sürdürülebilir ulaşımın teşvik edilmesi için önemli bir rol oynamaktadır. 2020 yılında dünya genelinde elektrikli araç satışları %43 artarak 3 milyon adedi aşmıştır. Elektrikli araçların yaygınlaşması ile ulaşım sektöründeki karbondioksit emisyonlarının azaltılması hedefine katkı sağlanmaktadır.
- Enerji Verimliliği: Enerji verimliliği, enerji tüketimini azaltarak sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir faktördür. Birçok ülke ve şirket, binaların enerji verimliliğini artırmak ve endüstriyel süreçlerde enerji tasarrufu sağlamak için çeşitli önlemler almaktadır.

- Yeşil Finansman: Yeşil finansman, sürdürülebilir projelerin finansmanını desteklemek amacıyla giderek daha popüler hale gelmektedir. Yeşil tahviller, yeşil krediler ve yeşil yatırım fonları gibi finansal araçlar, sürdürülebilirlik ve iklim teknolojilerinin geliştirilmesine kaynak sağlamaktadır.

Genel olarak, sürdürülebilirlik ve iklim teknolojileri alanında bir ilerleme kaydedilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artmakta, elektrikli ulaşım yaygınlaşmakta ve karbondioksit emisyonlarının azaltılması, ilgili teknoloji düzeyinde ilerleme ve yatırımlar anlamında önümüzdeki 5 yıl içinde hedeflenen en önemli hususlardan biri olacaktır.

2.1.5. Yarı-iletken ve Bileşen Teknolojileri

Yarı-iletken çip üretimi elektronik, kimya, fizik, malzeme gibi farklı disiplinlerin iç içe girdiği son derece hassas bir teknolojiye dayanır. Silikon, Silisyum Karbür, Galyum Nitrür, Galyum Arsenit gibi birçok pul [wafer] türü, farklı özelliklerde çiplerin üretiminde girdi olarak kullanılır. Bu malzemelerin üzerine oksidasyon, kaplama, litografi, aşındırma, depolama, iyon ekme, metal depolama gibi işlemler ile entegre devreler katmanlar halinde işlenir. Sonuçta işlenmiş bir pul ortaya çıkar, ince testereyle dilimlenir, kırmıklar paketlenerek bağlantı ayakları eklenir.

Dünya yarı-iletken teknolojilerinde büyük bir dönüşüm geçirmektedir. 2020 yılında toplam 1 trilyon tümleşik devre üretimi gerçekleştirilmiştir; dolayısıyla yer yüzünde kişi başına 130 entegre devre düştüğü görülmektedir.⁷ Otomotiv sektörünün elektrikli araçlara yönelmesi, pandeminin getirdiği dijitalleşme, kripto para madenciliğinin yaygınlaşması, çeşitli doğal afetler ile çip üretimlerinin yavaşlaması ve dijital ürünlere olan tahmin edilemeyen talep artışı gibi nedenler çip krizini tetiklemiştir ve bir kar topu etkisi oluşturmuştur. SEMI raporuna göre dünya genelinde 2021–2023 yılları arasında kurulan 84 yeni fabrika ve 500 milyon ABD doları tutarında yatırım⁸ sonucunda çip krizi etkisini yitirmeye başlasa da birçok alanda hala ürün tedarik süreleri 26 haftadan 52 haftaya kadar değişmektedir⁹ Özellikle küresel salgın sırasında ortaya çıkan çip krizi sonucu yarı-iletken tümleşik devre üretim endüstrisinin sadece doğru

⁷ <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/83080>

⁸ <https://www.hpcwire.com/off-the-wire/global-chip-industry-projected-to-invest-more-than-500-billion-in-new-factories-by-2024-semi-reports/>

⁹ <https://www.jabil.com/blog/global-chip-shortages.html>

Asya ülkelerinde yapılabilirliği oluşu gerek Amerika Birleşik Devletleri (ABD) gerekse Avrupa Birliği (AB) ülkeleri için önemli bir uyarı niteliğinde olmuştur. Kendi ülkelerinde yüksek maliyetler sonucu giderek küçülen yarı-iletken sanayisini ayağa kaldırmak amacıyla hem ABD hem de AB büyük ölçekli yatırım planları açıklamıştır. ABD’de yürürlüğe giren Chips Act programına göre 2022–2026 yılları arasında toplam 278.2 milyar doların yarı-iletken teknolojisine ayrılması planlanmıştır.¹⁰ Bu bütçenin 200 milyar doları bilimsel araştırma ve geliştirme çalışmaları için, 52.7 milyar doları yarı-iletken üretimi ve yetkin iş gücü eğitimi için, 24 milyar doları çip tasarımı geliştirme için ve 3 milyar doları da lojistik çalışmalar için harcanacaktır. AB’nin ortaya koyduğu programa göreyse 2030 yılına kadar 43 milyar avroluk bir bütçenin yarı-iletken temelli araştırma-geliştirme projelerine ayrılacağı belirlenmiştir.¹¹

2022 yılı global yarı-iletken endüstrisi için zorlu bir süreç olarak geçmiştir. Artan enflasyon ve faiz oranları, düşük tüketici talebi ile birleşince en fazla satış gerçekleştiren yarı-iletken şirketlerinin pazar toplamları Kasım 2022’de bir yıl öncesine göre %34 gerileyerek 1.9 trilyon dolara inmiştir.¹² Kişisel bilgisayar, veri merkezi ve cep telefonu tümleşik devrelerinde bekleme süreleri normale dönmüştür. Bununla birlikte otomotiv sanayinde kullanılan entegreler ve bazı mikro-denetleyicilerin üretiminde gecikmeler ve kısıtlar mevcuttur.

Hali hazırda sektörün en önemli 10 şirketi ve bu şirketlerin sıralamasının on-yıllara bağlı olarak değişimi Şekil 1’de gösterilmiştir. Buna göre 1990’larda Japonya’nın başat rol sahibi olduğu elektronik sanayisi 2020’lerde daha çok Amerikan şirketleri tarafından yönlendirilmektedir. Ancak bu şirketlerin büyük çoğunluğunun üretimlerini Tayvan’da TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) ve UMC (United Microelectronics Corporation) üzerinden gerçekleştirdiği göz ardı edilmemelidir.

Avrupa Birliği (AB) yarı-iletken sektörlerinin canlandırılması için bir dizi önlem planı açıklamıştır. Bu kapsamda, Avrupa Komisyonu tarafından hazırlanan yasa tasarısında özetle 5 temel hedef ortaya konmaktadır:

¹⁰ <https://www.mckinsey.com/industries/public-and-social-sector/our-insights/the-chips-and-science-act-heres-whats-in-it>

¹¹ Investments to support the Chips Act [<https://www.theverge.com/2023/7/25/23806813/eu-chips-act-approved-semiconductor-manufacturing>]

¹² <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/technology-media-telecommunications/us-tmt-semiconductor-industry-outlook.pdf>

- i. Avrupa'nın araştırma ve teknoloji alanında liderliğini güçlendirmek,
- ii. İleri teknoloji barındıran, enerji verimli ve güvenli çiplerin tasarımında, üretiminde ve paketlenmesine yönelik AB'nin inovatif kapasitesini oluşturmak ve güçlendirmek,
- iii. AB'nin 2030 yılı itibarıyla üretim kapasitesini, AB Yeşil Mutabakatındaki hedefler gözetilerek geliştirmek (mevcut üretimin iki katına çıkarılması, enerji verimli olunması),
- iv. Birliğin insan kaynağı/beceri eksikliğini ortaya koyabilmek, yeni yetenekleri çekmek ve vasıflı bir işgücünün ortaya çıkmasını desteklemek,
- v. Küresel yarı-iletken tedarik zincirleri hakkında derinlemesine bir anlayış geliştirmek (işleyişini izleyin, gelecekteki eğilimleri anlayın, kesintileri tahmin edin, uluslararası ortaklıklar kurun).

Bu hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için üç sütunlu bir eylem tasarımı oluşturulmuştur:

- i. The Chips for Europe Initiative: Söz konusu inisiyatif, Horizon Avrupa ve Dijital Avrupa programlarını tamamlayıcı mahiyette ve bu iki program üzerine inşa edilmektedir. Ayrıca, Çip Kanunu ile yarı-iletken yatırımlarına özel 2 milyar avro değerinde bir fon kurulması öngörülmektedir (the Chips Fund). Böylelikle, bu alanda yatırım yapmak isteyen KOBİ'lerin ve start-up'ların sermayeye erişim sorunu ortadan kalkacaktır. 2030 yılına kadar toplamda "the Chips for Europe Initiative" kapsamında yapılacak kamu yatırımı tutarı 11 milyar avro'dur.
- ii. Tedarik Zincirlerinin Güvenliği: Türünün ilk örneği (first-of-a-kind' facilities) entegre yatırımların tesis edilebilmesi için yatırımın belli koşulları sağlaması ve eğer kamu desteği olmadan söz konusu spesifik alanlarda üretim yapılmasının mümkün olmaması halinde kamu desteğinin %100 oranında sunulmasına imkân tanınacaktır. Böylelikle, ileri teknoloji yatırımlarının AB'ye çekilmesi hedeflenmektedir. AB, bu yolla, Avrupa çip üretimini 2030 yılına kadar küresel üretimin %9'undan %20'sine çıkarma hedefi gerçekleştirilmeyi planlamaktadır.
- iii. Hazırlıklı Olma ve İzleme: Son sütun ise üye ülkeler ile Avrupa Komisyonu arasında tedarik zincirlerinin takibinin yapılması ve olası arz sıkıntısının tespit edilip önlenmesi için koordinasyon mekanizması öngörülmektedir.

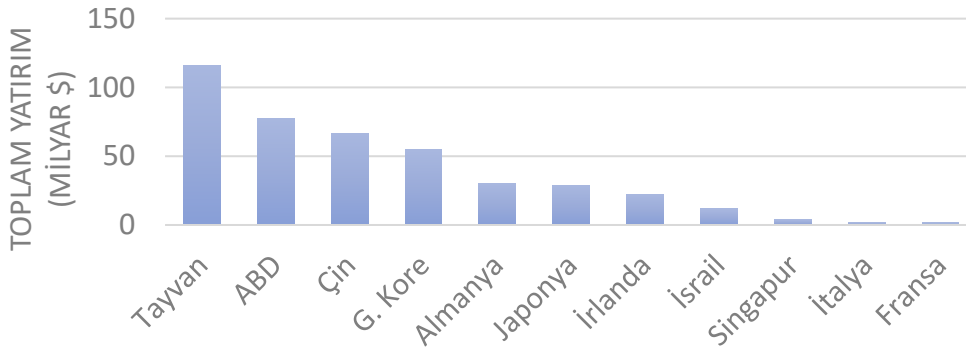
Şekil 5: Kâr Marjına Gelen Küresel Yarı-iletken Sanayisinin Önde Gelen 10 Şirketi

Sıralama	1990	2000	2010	2020	2030
1	NEC	Intel	Intel	Intel	Liderlik belirlenecek
2	Toshiba	Toshiba	Samsung	Samsung	
3	Hitachi	NEC	Toshiba	SK Hynix	
4	Intel	Samsung	Texas Instruments	Micron	
5	Motorola	Texas Instruments	Renesas	Qualcomm	
6	Fujitsu	Motorola	SK Hynix	Broadcom	
7	Mitsubishi	STMicroelectronics	STMicroelectronics	Nvidia	
8	Texas Instruments	Hitachi	Micron	Texas Instruments	
9	Philips	Infineon	Qualcomm	Apple	
10	Matshusita	Philips	Elpida	Infineon	

Kaynak: semiconductors¹³

Pazardaki talebi karşılamak için yarı-iletken üretim altyapısına sahip ülkeler, üretim altyapılarını genişletme kararı alarak, toplamda yüz milyarlarca dolarlık kaynağı bu alanda yapılacak yatırımlar için ayırmıştır.

Şekil 6: 2022 ve Sonrasında Ülkelere Bazında Planlanan Yarı-iletken Yatırımları



Kaynak: Semiconductors¹⁴

2.1.6. Enerji, Güç Elektronikleri ve Batarya Teknolojileri

Dünya nüfusundaki artışa paralel olarak enerjiye tüketimi de her yıl düzenli olarak artış göstermektedir. Öyle ki, 2035 yılına gelindiğinde 1998 yılında tüketilen enerji miktarının iki katı, 2055 yılında ise üç katı enerji tüketimi olacağı tahmin edilmektedir. Ülkeler, dünyamızın geleceğini yakından ilgilendiren küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında Net Sıfır Emisyon hedefleri açıklamaya başlamışlardır. Avrupa Birliği tarafından karbon

¹³ https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2022/11/2022_The-Growing-Challenge-of-Semiconductor-Design-Leadership_FINAL.pdf

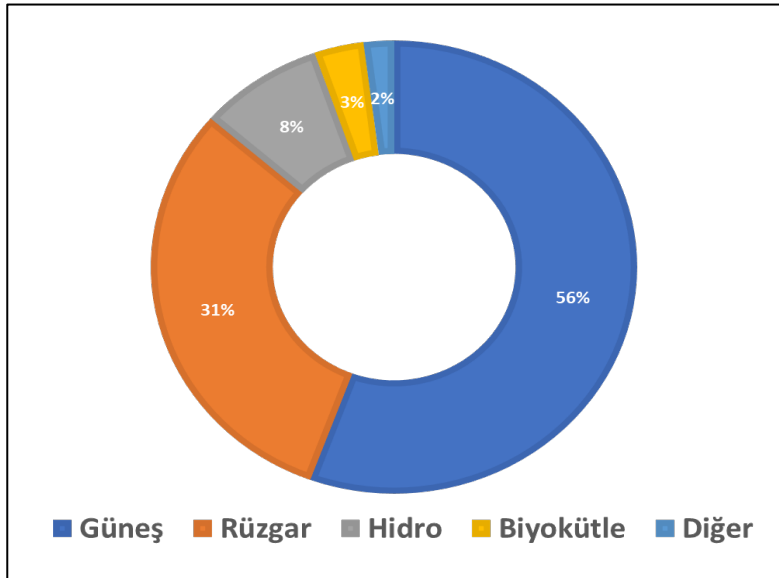
¹⁴ https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2022/11/2022_The-Growing-Challenge-of-Semiconductor-Design-Leadership_FINAL.pdf

emisyonlarının 1990 seviyelerine kıyasla 2030'a kadar %55 azaltılması ve 2050'de net sıfıra ulaşılması taahhüdü verilmiştir.

Dünyada yenilenebilir enerjiye geçiş ve yenilenebilir kaynakları kullanma çağı başlamış ve hız kesmeden devam etmektedir. Yaşanan küresel enerji krizinin sürdürülebilir enerji sistemlerine dönüşümü hızlandırmasıyla dünyada yenilenebilir enerjiye eğilim de artış göstermiştir. Pandemiye rağmen 2020 yılında dünyada yenilenebilir enerji kapasitelerinde rekor artış yaşanmış olup, Avrupa'da ilk kez yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik, fosil yakıtı geride bırakmıştır. 2021'e gelindiğinde ise dünyada toplam yenilenebilir enerji kurulumları 300 Gigavatı aşmış olup, bunun yarısından fazlasını (%56) güneş enerjisi kurulumları oluşturmuştur. Onu %31 ile rüzgâr takip etmiştir¹⁵.

Küresel karbon salınımının neredeyse %88'ini oluşturan 135 ülke bir şekilde net sıfır hedefi paylaşmış olup, bu bağlamda yenilenebilir enerji yatırımlarına hız vermişlerdir. 2021 yılında dünya çapında yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımlar 366 milyar doları bulmuştur. Dünyada yenilenebilir kaynakların toplam enerji üretimindeki payında yaşanan artışa bakıldığında bu kaynaklara olan eğilim açıkça görülmektedir. Son 10 yıldaki değişime bakılırsa 2011'de %20 olan yenilenebilir enerji oranı 2021'de %28'in üzerinde gerçekleşmiştir. Kaynak bazında ise en hızlı büyüme güneş ve rüzgârda yaşanmıştır.

Şekil 7: 2021 Yılında Dünyada Kaynak Bazında 2021 Kapasite Artışları

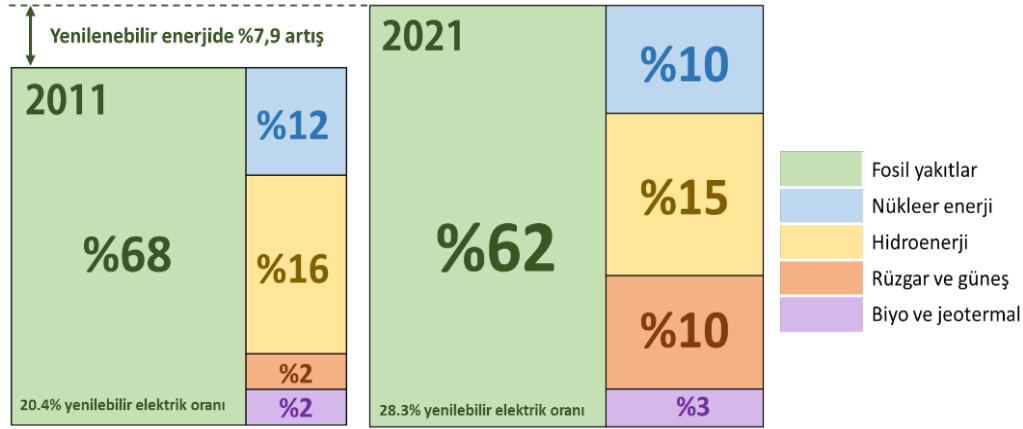


Kaynak: Solar Power Europe's Global Market¹⁶

¹⁵https://api.solarpowereurope.org/uploads/Solar_Power_Europe_Global_Market_Outlook_report_2022_2022_V2_07aa98200a.pdf

¹⁶https://constructalia.arcelormittal.com/en/news_center/articles/solarpower-europe-global-market-outlook-for-solar-power-2022

Şekil 8: Toplam Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Enerjinin Payı 2011 vs 2021 [3]



Kaynak: solarpowereurope.org¹⁷

Enerji depolama, enerji güvenliği ve bağımsızlığından ödün vermeden karbon salınımını azaltmanın en temel ve kesin yollarından biridir. Sıfır emisyonlu güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynakları, İhtiyaca göre yakılabilen kömür, petrol ve doğal gazın aksine, sadece rüzgâr estiğinde ve güneş parlarken üretilebildiğinden enerji arzının kesintisizliği noktasında yetersiz kalmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik şebekesindeki payının artmasıyla birlikte üretilen bu temiz enerjinin depolanmasına yönelik sistemlerin de önemi artmaktadır.

Enerji depolama sayesinde üretilen enerjinin ihtiyaç duyulana kadar yedekte tutulması sağlanmakta ve enerjiyi gerektiğinde şebekeye geri verilebilmektedir. Distribütörler enerji talebinin yoğun olmadığı ucuz zaman dilimlerinde elektrik enerjisini depolayıp, talep edildiğinde şebekeye satarak şebeke esnekliği sağlayabilmektedir. Sunmakta olduğu bu avantajlara rağmen enerji depolama sektörü henüz yeni gelişme aşamasında olmakla birlikte, önümüzdeki yıllarda baş döndürücü bir büyüme performansı göstermesi beklenmektedir. Ülkemizde enerji depolama, Cumhurbaşkanlığı Bilim, Teknoloji, Yenilik Politikaları Kurulu (BTYPK) tarafından, teknolojilerinin etki-yapılabilirlik eksenlerinde değerlendirilerek belirlenen 11 öncelikli teknoloji alanından biridir.

Artan nüfus artışı ve sanayileşme ile birlikte enerji ve güç ihtiyacı günden güne artmaktadır. Diğer taraftan artan çevre bilincine bağlı olarak karbon yayılımının azaltılmasına

¹⁷ [Processes | Free Full-Text | Existing Stature and Possible Outlook of Renewable Power in Comprehensive Electricity Market \(mdpi.com\)](#)

yönelik oluşturulan politikalar doğrultusunda kullanımı artan elektrikli araçlar gibi temel enerji tüketim mekanizmaları alternatif enerji kaynaklarına yönelimi zorunlu kılmıştır. Bu kapsamda güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve hidro-enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları son yıllarda daha çok önem kazanmıştır.

Enerjinin üretimi ile birlikte iletimi ve dağıtımında da geleneksel sistemlere alternatif yeni teknolojilerin ve sistemlerin kullanımı gerekmiştir. Artan güç ihtiyacına bağlı olarak iletim hatlarındaki kayıpların azaltılmasına yönelik gerilim seviyeleri yükselmiş, AC iletim hatlarına alternatif olarak orta-gerilim DC (medium-voltage DC, MVDC) veya yüksek-gerilim DC (high-voltage DC, HVDC) iletim sistemleri de kullanılmaya ve yaygınlaşmaya başlanmıştır. Bu tür sistemlere geçişte sistem cevabı, dengeli yük aktarımı, hata yönetimi ve sistem kararlılığı gibi temel performans parametrelerinin etkilenmemesi gerekmektedir. Bununla birlikte esas olarak farklı yapıdaki sistemlerin birlikte/hibrit kullanımı gerekmektedir. Modern hibrit enerji sistemlerinde fiziksel arayüzlerde, haberleşme arayüzleri ile karar destek mekanizmalarında üst seviye koordinasyon ve güvenlik gerekmektedir. Bunun için gerçek zamanlı izleme ve karar sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler için geleneksel kontrol donanımları yerine dağıtık mimaride görev yapabilecek çok daha akıllı izleme ve yönetim donanımları ile yazılımlara (tümü birlikte SCADA sistemleri olarak ifade edilebilir) ihtiyaç duyulmaktadır.

Endüstriyelleşme ile sanayi üretimindeki artış ve tedarik zincirindeki süreklilik talebi geleneksel enerji üretim, iletim ve dağıtım noktalarındaki kesintilerden etkilenmeyecek yapıların tasarımını gerektirmiştir. Özellikle iklim ve hava koşullarına bağlı, zaman zaman düzensiz bir kaynak olarak faaliyet gösteren yenilebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin verimli kullanılması ve sürekliliğin sağlanabilmesine yönelik tüketimin gerçekleştiği sahalarda ve daha küçük ölçekli şebekelerde (mikro-şebeke, microgrid) kullanılmak üzere enerji depolanmaktadır. Enerji depolama üniteleri/istasyonları içeren sahalarda kullanılmak üzere batarya başta olmak üzere çeşitli depolama yöntemleri kullanılmaktadır. Elektrikli araçlar başta olmak üzere enerji depolama tesislerinde kullanılan batarya sistemlerinde farklı kimyada (LFP, NMC vb.) batarya hücresinin geliştirilmesi ile modül ve paket tipi yapıların oluşturulması ve batarya yönetim sistemlerinin (battery management system, BMS) tasarımı önem kazanmıştır. Hücre kimyasında; kullanım alanı, enerji yoğunluğu, güç kapasitesi, çevrim ömrü ve emniyet gibi parametreler göz önüne alınarak geliştirme faaliyetleri yürütülmektedir. LG, Samsung, CATL gibi küresel üreticiler ile birlikte otomotiv sektöründe faaliyet gösteren TESLA gibi firmalar hücre üretim fabrikalarını hayata geçirmektedir. Batarya yönetim sistemlerinde de hücre üreticileri ile birlikte paketleme faaliyeti yürüten birçok firma kendi

çözümlerini sunmaktadırlar. Enerji ve otomotivdeki pazarın büyüklüğüne bağlı olarak batarya sistemlerinde ve alt bileşenlerde rekabetçiliğin günden güne arttığı gözlenmektedir.

Tüketilen enerjinin çevre dostu kaynaklardan temin edilmesi ve depolanması kadar verimli bir şekilde kullanılması önem arz etmektedir. İletim ve dağıtım hatlarında yüksek gerilime geçiş (MVDC, HVDC gibi) ile birlikte bu sistemlerdeki güç dönüştürücülerin artan gerilim ve güç seviyelerine rağmen yüksek verimde çalışması beklenmektedir. Ayrıca tanımlanan regülasyonlar ışığında son kullanıcı tarafındaki elektronik cihazlar içerisindeki güç kaynaklarının da maksimum verimde çalışması talep edilmektedir. Verim artışı ile birlikte, sanayide ve gündelik hayatta kullanımı artan elektronik sistemlerin kısıtlı fiziksel alanlarda daha fazla güç sağlaması gerektiğinden güç dönüştürücülerin hacme ve ağırlığa bağlı güç yoğunluğunda artış gerçekleşmiştir. Bu amaç doğrultusunda güç elektroniği topolojileri, bu topolojilerin kullanımını mümkün kılan kontrol yöntemleri, kontrolcü/işlemci platformları ile yüksek gerilime geçişi mümkün kılan pasif ve yarı-iletken malzeme (SiC, GaN vb.) teknolojilerinde büyük gelişmeler yaşanmıştır. Yüksek performans beklentisini sağlayacak yenilikçi teknolojilerin hayata geçirilmesi, bileşen ve sistem maliyetlerinin düşürülmesi ve modüler sistemlerin tasarımı güç elektroniğinin temel odağını oluşturmaktadır.

Yukarıda paylaşılan temel çalışma alanları kapsamında başta ABB, Siemens, Schneider, GE gibi küresel firmalar güç elektroniği tabanlı sistemlere Ar-Ge ve Ür-Ge boyutunda büyük yatırımlar yaparak enerji, ulaşım ve endüstriyel alanlarda geniş bir ürün portföyü sunmaktadır. Son yıllarda Çin, Japonya ve Güney Kore başta olmak üzere uzak doğuda faaliyet gösteren firmalar sundukları maliyet etkin çözümlerle küresel oyuncu olma yönünde önemli yol kat etmişlerdir.

Yarı-iletken sektöründe ise Cree, Infineon, ST, OnSemi gibi firmalar SiC ve GaN tabanlı yarı-iletken teknolojilerine büyük ölçekli yatırım yaparak teknolojik gelişmelerin önünü açmaktadırlar.

2.1.7. Sağlık Teknolojileri

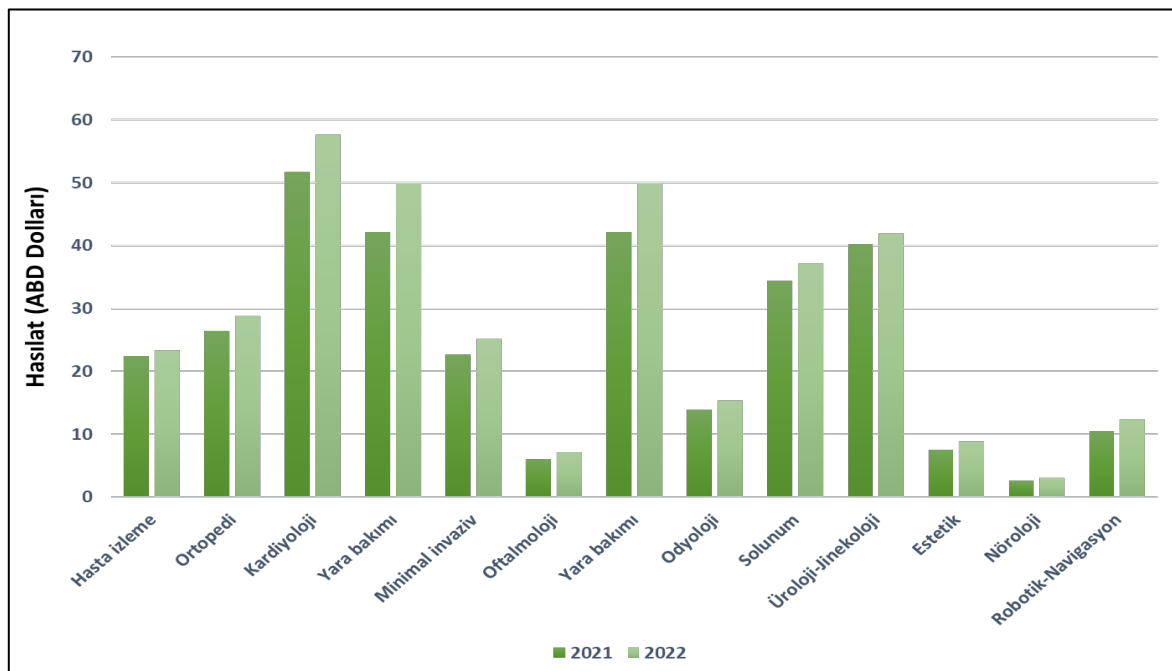
Dünya Pazarı Büyüklüğü yaklaşık 430 milyar ABD dolarıdır. Aşağıda görüldüğü gibi birçok alt başlıktan oluşmaktadır:

Şekil 9: Küresel Tıbbi Cihaz Endüstrisi

Hasta izleme	Ortopedi	Kardiyoloji	Yara bakımı	Solunum
<ul style="list-style-type: none"> Kardiyak Hemodinamik Solunum Diğer 	<ul style="list-style-type: none"> İmplant Travma fiksasyonu Omurga Ortopedi 	<ul style="list-style-type: none"> Perkütan koroner girişim Kardiyak ritim yönetimi Yapısal kalp cihazı Terapötik cihaz 	<ul style="list-style-type: none"> Geleneksel yara bakımı Önceden yara bakımı Erken teşhisyara İyileşmesi ve kapanması 	<ul style="list-style-type: none"> Vantilatörler Astım çözümleri Uyku apnesi cihazı Diğer
Minimal invaziv	Odyoloji	Üroloji-Jinekoloji	Oftalmoloji	Nöroloji
<ul style="list-style-type: none"> Laparoskopik Endoskopi Yapay zeka destekli minimal invaziv cerrah 	<ul style="list-style-type: none"> İşitme cihazları Koklear implantla Teşhis cihazları 	<ul style="list-style-type: none"> İyi huylu prostat hiperplazi cihazları İdrar kaçırma cihazları Lazer ve taş kırma cihazları Sarf malzemeler 	<ul style="list-style-type: none"> Oftalmik teşhis cihazları Oftalmik cerrahi cihazlar Görme bakım cihazları 	<ul style="list-style-type: none"> Nörolojinörolojik cihazlar Sarf malzemeleri ve araçlar
	Robotik-Navigasyon	Estetik	Diğer	
	<ul style="list-style-type: none"> Cerrahi robot Cerrahi navigasyon cihazları Cerrahi robotik aletler 	<ul style="list-style-type: none"> Yüz ve kafa prosedürleri Vücut ve ekstremiteler Diş estetiği Diğer 	<ul style="list-style-type: none"> Enfeksiyon kontrolü Sterilizatörler Tıp teknolojisi ekipmanı Böbrek bakımı 	

Aşağıdaki grafikteki alanların dışında sınıflandırılmayan diğer alanların toplamı 150 Milyar USD'dir. Sağlık Teknolojileri/ Akıllı Yaşam ve Sağlık Yol Haritası konusundaki çalışma alanlarından biri olan "Biyosensör Teknolojileri" ile ilaç keşfi, teşhis, biyotıp, gıda güvenliği, çevresel izleme ve biyo-savunma gibi geniş bir uygulama yelpazesine sahip biyolojik algılama unsurunu içeren güçlü ve yenilikçi analitik cihaz ifade edilmektedir. Son birkaç yılda, biyosensörler öne çıkan ve ihtiyaç duyulan bir teknoloji haline gelmiştir.

Şekil 10: Küresel Tıbbi Cihaz Endüstrisi

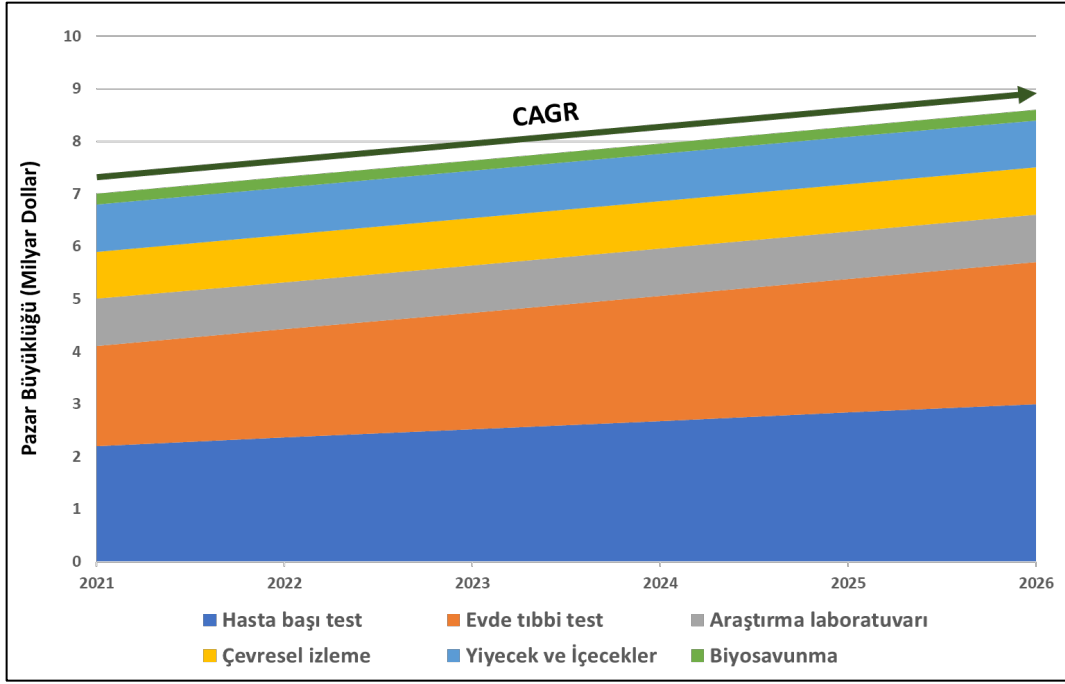


Sağlık hizmetlerinde kullanılan nesnelerin interneti (IoT) tabanlı çözümler arasında mobil merkezi sağlık sistemi, akıllı sağlık hizmetleri, akıllı medikal sensörler, giyilebilir cihazlar, koruyucu sistemler, uzaktan hasta takip, teşhis ve takip sistemleri yer almaktadır. Bunlardan giyilebilir sağlık cihazlarına örnek olarak kulak sensörleri, akıllı lensler, akıllı yamalar (smart biopatch), akıllı saatler ya da aktivite saatleri, kardiyak kemerleri, kardiyak t-shirtleri, aktivite bileklikleri sayılabilir [4]. Biyosensör pazarı, 2021 yılında 25,5 milyar ABD doları değerini bulmuştur [5,6].

Şekil 1’de örnek olarak Asya-Pasifik ülkelerinde uygulamaya bağlı olarak biyosensör pazarının nasıl büyüdüğü gösterilmektedir. Asya-Pasifik ülkelerinde olduğu gibi küresel boyutta; hasta başı test [Point-of-Care (POC)] pazarındaki büyüme, biyosensör teknolojisindeki gelişmelere ve hızlı test sonuçlarına yönelik artan talebe bağlanmaktadır. Daha hızlı test sonuçları almanın kolay ve kullanışlı yolları konusunda insanlar arasındaki farkındalık da artan talebe katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, hekimler ilaçları reçete etmede hızlı karar vermek için hasta başı testleri tercih etmektedir. Biyosensör pazarı, öncelikle fiyat duyarlılığı nedeniyle yavaş ticarileşmektedir. Nanoteknoloji tabanlı biyosensörlerin ortaya çıkışı, son birkaç yıldaki önemli teknolojik gelişmeler, Covid-19 pandemisi nedeniyle ev tabanlı bakım cihazları için artan talep ve teşhise yönelik hükümet girişimlerinin artması, biyosensör pazarının büyümesini sağlamıştır.

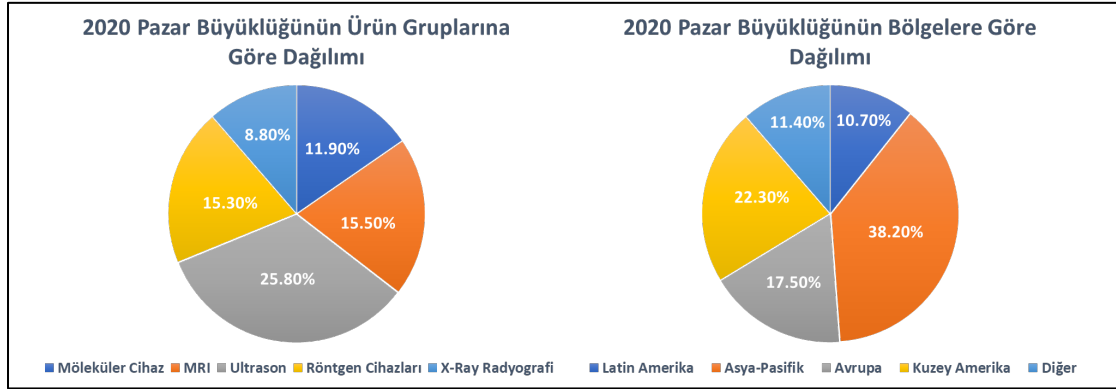
Tüm bu gelişmelere ek olarak sağlık sektöründe medikal görüntülemenin önemi gittikçe artmaktadır. Teknolojideki bu gelişmeler hastalıkların erken teşhisinde ve tedavilerin etkili bir şekilde yürütülmesinde önemli rol oynamaktadır. Dünyada medikal görüntüleme sistemleri pazar büyüklüğü yaklaşık 30 milyar ABD dolarıdır. İlgili pazar büyüklüğünün ürün gruplarına ve pazarlara göre sınıflandırılması aşağıda verilmiştir.

Şekil 11: Asya-Pasifik Ülkelerinde, Uygulamaya Dayalı Biyosensör Pazarındaki Büyüme Oranları (Milyar ABD doları)



Kaynak: Global Forecast¹⁸

Şekil 12: Pazar Büyüklüğünün Ürün Gruplarına ve Bölgelere Göre Dağılımı



Kaynak: Frost Sullivan

Röntgen Cihazları alanında Dünya’da üretici sayısı fazladır. Diğer alanlarda, pazarı yönlendiren ve pazardan büyük pay alan üretici firma sayısı çok daha azdır. Bunlara örnek olarak GE Healthcare, Siemens, Philips, Canon gibi büyük küresel firmalar verilebilir. Pazarı girmek için yüksek yatırım ve know-how gerekmektedir. Bu sebeplerle pazara girme eşiği yüksektir.

¹⁸ Biosensors Market with Covid-19 Impact, Global Forecast to 2026”, Report Code: SE 3097, Markets and Markets™, 2021

Tıbbi cihaz geliştirmesi ve üretiminin en temel adımlarından birisi piyasaya sürülmeden önce ürünlerin belirli belgelendirme süreçlerinden geçmesidir. CE, FDA şeklinde kabul edilen bu belgelerin alımı hem Avrupa'da hem de Amerika'da maddi olarak da külfetli olan testlerden geçmeyi gerektirmektedir. Bu süreçler özellikle AT için güncellenmiş ve koşullar daha da ağırlaştırılmıştır. Bu durumda ancak büyük şirketler bu süreçleri sonuna kadar götürebilmeyi başarabilmekte, girişimciler içinse ancak büyük fonlar bulanlar su yüzünde kalabilmektedir. Bu durumda tıbbi cihazlarda rekabet pek olamamakta, tekelleşmeye doğru bir eğilim ortaya çıkmaktadır. Testlerin yapılabileceği belirli sayıda kurum yüksek ücretlerle bu işleri yapabilmektedir. Bu yüzden tıbbi cihaz üretimi (sarf malzemeleri dâhil) uzun ve maddi/manevi olarak zahmetli olmaktadır. Bunun karşılığında da bu ürünler piyasaya çıktıklarında yüksek fiyatlarla satılmakta ve bunlara ulaşım gittikçe zorlaşmaktadır. Tıbbi cihazlar için CE/FDA onayı alma kriterlerini gevşetmek asla düşünülemez gibi bu testleri yapan kuruluşların sayısının azlığından dolayı talebin yüksek oluşu bu test ücretlerinin de rekabetçi olamamasına yol açmaktadır. Çeşitli fonlayıcı kuruluşlar (devlet fonları dâhil) bu açmazın farkında olduklarında yeni teşvik mekanizmalarıyla bu darboğazın önüne geçmeyi planlamaktadır. Ülkelerin sağlık harcamalarının azaltılabilmeleri için bu onay süreçlerinin hızlandırılması, ucuzlatılması için mekanizmaların yaratılması ve bunları yeni girişimciler açısından da ulaşılabilir olması elzemdir. Şu anda AT de bu tür bir açmaz içindedir. Nitekim 2021 yılında devreye sokmayı planladıkları yeni MDR (Tıbbi Cihaz Yönetmeliği) uygulamasını, büyük şirketlerin de itirazıyla 2027'ye kadar ötelemek zorunda kalmışlardır. Demek ki bu açmaza hala onlar da bir çözüm getirememiştir.

2.1.8. Savunma, Havacılık ve Uzay Sistemlerine Yönelik Elektronik Teknolojiler

Çin ve Tayvan özellikle mikro elektronik üretiminde dünya lideri durumundadırlar. Elektronik tasarım alanında liderliğini sürdüren ABD, bu alandaki pazarın %85'ine sahip olmasına rağmen, üretim alanında payı sadece %10'dur. Özellikle 5 nm ve 7 nm ölçekli ileri seviye tasarımlar ve üretimlerde Tayvan ve Güney Kore merkezli firmalar ön plana çıkmaktadır. Bu durum, savunma sanayiini de etkileyerek ulusal güvenlik açısından tehdit oluşturabilecek bir bağımlılık yaratmaktadır. Dolayısıyla ABD, bu yeteneklerin kendi ülkesindeki firmalara kazandırılmasını amaçlamaktadır.

Savunma elektroniğindeki kritik yeni teknolojilerden biri yapay zekâ çipleridir. Bu çipler, yapay zekâ uygulamalarında genel amaçlı çiplere göre çok daha yüksek performans sergileyebilmekte, hatta en gelişmiş yapay zekâ çipleri, geleneksel çiplerden binlerce kat daha hızlı olabilmektedir. Bu özellikle savunma sanayii için büyük önem taşımaktadır.

İleri destek uygulamaları da geleceğin savunma, havacılık ve uzay teknolojileri için önde gelen kritik konulardan biridir. Dünya genelinde bu konu “Assured Positioning, Navigation and Timing (A-PNT)” olarak anılmakta ve aktif bir disiplin olarak çalışılmaktadır. Honeywell, Northrop-Grumman gibi büyük firmalar da bu alanda kendi mimarileri üzerinde çalışmaktadır. Ana navigasyon sisteminin ataletsel sensörler üzerine kurgulandığı ve uydu, manyetik, RF sensörlerinin ana sistemi desteklemek için kullanıldığı dağıtık/modüler yapılar, geleceğin navigasyon mimarileri olarak değerlendirilmektedir.

Ataletsel navigasyon sistemleri için ana destek kaynağı, hassas ve ulaşılabilir olmalarından ötürü uydu sinyalleri (GPS/GNSS) olmuştur. Ancak uydu sinyallerine erişimin doğal (kapalı alan, vadiler vb.) veya yapay nedenlerle (karıştırma, aldatma, engelleme vb.) kısıtlandığı durumlarda, ataletsel navigasyon sistemleri tek başlarına uzun süre hassas navigasyon sağlayamamaktadır. “İleri Destek Sistemleri (Advanced Navigation Aiding)” olarak adlandırılan ve kamera, radar altimetre, odometre gibi harici olarak engellenmesi zor olan sensör sistemlerinin destek olarak kullanılması konsepti yaygınlaşmıştır. Bu tip sensörlerin kullanımıyla, uydu sinyallerine bağımlılığın azaltılarak taktiksel zafiyetin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır.

Özellikle derin uzay uygulamalarında, uydu desteğinin hiç kullanılmayacağı durumlarda, ataletsel sensörler ile farklı sensör verilerinin füzyonu, hayati önem taşımaktadır. Bu amaçla, kamera, yıldız takipçisi, harita desteği gibi uygulamalar uzay navigasyonu kapsamında öne çıkmaktadır.

SVS teknolojisi kapsamında dünya genelinde aviyonik alanda faaliyet gösteren firmaların kendilerine ait SVS sistemleri bulunmaktadır. Kokpitlerde yer alan PFD (Primary Flight Display) sayfalarında durumsal farkındalığı artırmak için arazi ve engel verileri 3 boyutlu olarak gösterilmektedir. Honeywell ve Thales gibi firmalar PFD sayfalarında gösterilen göstergelerin arka planına SVS entegre etmiş ve kullanıma sunmuş durumdadır.

AR/VR/MR sistemleri ilk olarak askeri uçak ve helikopterler için geliştirilmiş olup kaska entegre gösterge sistemleri olarak bilinmektedir. Thales, Elbit, BAE Systems, Collins gibi savunma alanında büyük ölçekli şirketlerin farklı platformlar için ürünleri bulunmaktadır. Kara birliklerinin kullanımına yönelik olarak Amerikan ordusu tarafından IVAS isimli proje Microsoft firmasının Hololens isimli ticari ürününü baz alan askeri bir ürün şeklinde kurgulanmıştır.

Sivil piyasada özellikle oyun sektöründe kullanılmakta olan sanal gerçeklik gözlükleri son dönemlerdeki gelişmelerle birlikte eğitim başta olmak üzere simulator vb. uygulamalarında kullanılmaktadır. Dalga kılavuzu (waveguide) tabanlı gösterge sistemlerindeki gelişmelerle birlikte artırılmış/karma gerçeklik gözlük seçenekleri de oldukça artmış olup uzun vade de Sanal Evren'in (Metaverse) de devreye girmesiyle birlikte sivil piyasa için trilyon dolarlar mertebesinde öngörüler yapılmaktadır. Göze yakın sistemlerin diğer bir uygulama alanı sağlık olup ABD kökenli bir firma omurga ameliyatlarında kullanılmak üzere FDA onayı almıştır.

2.1.9. Bilgisayar Donanımı

Küresel bilgisayar donanımı pazarının 862 milyar dolardan ve 2023 yılına kadar 1,2 trilyon dolara çıkması beklenmektedir. Bilgisayar donanımı, teknolojik gelişmelerin paralelinde hızla gelişmekte ve daha güçlü, hızlı ve verimli hale gelmektedir. Mobil cihazların yaygınlaşmasıyla birlikte daha ince, hafif ve taşınabilir bilgisayar donanımları geliştirilmiştir. Günümüz dünyada bilgisayar donanım endüstrisi çeşitli faktörler tarafından desteklenen önemli bir büyüme görmektedir. İlgili faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Yüksek Performanslı Hesaplama sistemlerine, yapay zekâ, makine öğrenimi ve veri bilimi uygulamalarının yükselişi nedeniyle, dünyadaki talepte bir artış yaşanmıştır. İlgili trend hesaplama gücünün sınırlarını zorlamakta ve daha gelişmiş ve verimli donanım gerektirmektedir. Mordor Intelligence tarafından yayınlanan bir rapora göre, yüksek performanslı hesaplama pazarı 2020 yılında yaklaşık olarak 39.1 milyar dolarlık bir değere sahipti ve 2025 yılına kadar 49.4 milyar dolar seviyesine ulaşması ve 2020-2025 tahmin döneminde %6.5 yıllık bileşik büyüme oranında artması beklenmektedir.

Covid-19 pandemisinin de etkisiyle Uzaktan Çalışma ve Çevrimiçi Öğrenmeye yönelik bir geçiş yaşandı. Bunun sonucu olarak PC'lere ve tabletlere olan talep içinde bulunduğumuz beş yılda önemli ölçüde arttı. Gartner'a göre, dünya genelinde PC sevkıyatı 2020'nin dördüncü çeyreğinde 79.4 milyon birime ulaşarak, 2019'un aynı dönemine göre %10.7 artış gösterdi.

Teknolojinin hızlı gelişmesi ile birlikte bilgisayarlarda kullanılan programların kaynak ihtiyaçları da hızlı bir şekilde artmaktadır. Artan kaynak ihtiyaçlarını karşılamak ve donanımdan bağımsız bir şekilde hızlı ürünler çıkarabilmek isteyen geliştiriciler günümüzde Bulut üzerinde çalışmalarını yürütmeyi tercih etmektedir. Bulut bilişime artan kullanıcı talebini karşılamak adına lisanslı yazılım ve donanım geliştirme ürünlerinin büyük çoğunluğu bulut uyumlu olacak şekilde uygulamalarını geliştirmektedir.

Bu durumun bir sonucu olarak Bulut ortamında kullanılan bilgisayar donanım kaynaklarına (sunucu, Ethernet anahtarları, bellekler vb.) ihtiyaç önemli ölçüde artmıştır ve önümüzdeki dönemde artacağı beklenmektedir.

Oyun Endüstrisi etkileyici bir büyüme görmekte olup, gelişmiş video oyunları yüksek performanslı grafik kartları ve işlemciler gerektirmektedir. Bulut oyunlarına yönelik eğilim ayrıca sunucu donanımına olan talebi artırmıştır. Mordor Intelligence tarafından yayınlanan bir rapora göre, küresel oyun pazarı 2020 yılında 162.32 milyar dolar değerindeydi ve 2026 yılında 295.63 milyar dolar değerine ulaşması ve 2021-2026 tahmin döneminde %10.5 yıllık bileşik büyüme oranı ile artması bekleniyordu.

Tedarik Zinciri 2020 ve 2021 yıllarında, birçok diğer sektör gibi bilgisayar donanım endüstrisi de Covid-19 nedeniyle aksamaya uğradı. Dünya Yarı-iletken Ticaret İstatistikleri (WSTS), yonga endüstrisinin 2021'de 433 milyar dolarlık seviyeden %8.4 büyüyerek 469 milyar dolara ulaşmasını bekliyordu. Ancak, yonga kıtlığı nedeniyle bu rakamlarında etkilenmesi beklenmektedir.

Günümüzde ayrıca yapay zekâ, veri analizi, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik gibi alanlarda daha güçlü ve hızlı bilgisayarlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgisayar donanımı, bu teknolojik alanlarda birçok yenilik ve gelişme sağlamaktadır. Bilgisayar donanımı konusunda, sürdürülebilirlik ve atık yönetimi gibi konular da önemli bir sorun haline gelmektedir. Donanım bileşenlerinin üretimi, çevre kirliliği ve kaynak tüketimi gibi çevresel etkiler yaratmaktadır. Bu kapsamda Open Compute Project isimli açık kaynak organizasyon karbon ayak izini azaltabilmek adına Sustainability başlığı altında çalışmalarını gündemine almıştır.

Bilgisayar donanımı pazarındaki büyük şirketler arasında yer alan HP, Apple ve IBM gibi firmaların AI özellikleri barındıran cihazlar ve donanımlar geliştirilmesinde bir artış görmüştür. Ayrıca daha hızlı, daha güçlü ve daha verimli donanım ve yazılım sağlaması beklenen kuantum hesaplama gibi yeni teknolojilerde de bir artış görülmektedir.

2.1.10. Siber Güvenlik

Siber güvenlik, günümüzde özellikle teknolojik gelişmelerin hızla ilerlemesi, internetin yaygınlaşması, mobil cihazların kullanımı ve bulut bilişim gibi yeni teknolojilerin kullanımı ile birlikte giderek artan bir önem kazanmaktadır. Bu süreçte, siber tehditler de artmakta ve gelişmektedir. Dünya genelinde, siber güvenlik konusuna ilişkin farkındalık artmaktadır ve birçok kurum, şirket ve hükümet, bu alanda daha fazla yatırım yapmaktadır. Bununla birlikte, siber saldırıların sayısı ve karmaşıklığı hala artış göstermektedir. Özellikle, son yıllarda fidye

yazılımı (ransomware) saldırıları, devlet kurumlarına ve özel şirketlere yönelik siber casusluk faaliyetleri, kimlik avı saldırıları ve veri sızıntıları gibi olaylar artmıştır. Dünya Ekonomik Forumunun 2023 yılı küresel risk raporuna göre kritik altyapılar üzerine gerçekleştirilecek siber saldırılar tüm riskler arasında 5'inci risk olarak kabul edilmiştir.¹⁹

Siber güvenlik konusundaki önemli başlıklar ve ilgili istatistikler aşağıda sıralanmaktadır:

- Fidyeye Yazılımları (Ransomware): Fidyeye yazılımları, son yıllarda siber güvenlik tehditleri arasında önemli bir yer tutmaktadır. 2020 yılında, fidyeye yazılım saldırılarının sayısı %485 artarak 305 milyon saldırıya ulaşmıştır. Avrupa Birliği Siber Güvenlik Ajansı'na (ENISA) göre etkilenen kuruluşların %60'ının fidyeye taleplerini ödemiş olabileceği belirtilmektedir.²⁰
- Zararlı Yazılım: Zararlı yazılım, bir sistemin gizliliği, bütünlüğü veya erişilebilirliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olacak yetkisiz bir işlem gerçekleştirmeyi amaçlayan herhangi bir yazılımı tanımlamak için kullanılan kapsayıcı bir terimdir. Geleneksel olarak, zararlı yazılım türlerinin örnekleri arasında virüsler, solucanlar, truva atları veya bir ana bilgisayara bulaşan diğer kod tabanlı varlıklar bulunur. Zararlı yazılımlar dünya genelinde etkili olarak bireyleri, şirketleri ve hükümetleri hedef almaktadır.
- Veri Sızıntıları: Veri sızıntıları hem büyük şirketleri hem de bireysel kullanıcıları etkileyen bir sorundur. 2020 yılında, toplamda 37 milyar veri kaydı sızdırılmış veya ihlal edilmiştir.
- Kimlik Avı Saldırıları: Kimlik avı saldırıları, kullanıcıların hassas bilgilerini elde etmek amacıyla dolandırıcılık yöntemlerinin kullanıldığı saldırılardır. 2020 yılında, kimlik avı saldırılarına maruz kalan şirketlerin sayısı %11 artarak 2019 yılına göre 19 milyon olarak kaydedilmiştir.
- Dağıtık Hizmet Dışı Bırakma Saldırıları (Distributed Denial-of-Service – DDoS), siber savaşta kullanılan mobil ağlara ve nesnelerin internetine doğru giderek daha büyük ve daha karmaşık hale gelmektedir.

¹⁹ https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2023.pdf

²⁰ <https://www.enisa.europa.eu/topics/cyber-threats/threats-and-trends>

- Advanced Persistent Threat (APT) saldırıları yetkisiz ağ erişimlerinden sonra bu ağda uzun bir süre kalıcı olan saldırı türüdür. Genellikle kurum, kuruluş ve şirketlerin güvenlik sistemlerini hedefleyerek ortamda fark edilmeden gizlenen, verileri sızdıran veya daha büyük zarar verme amacıyla saldırı zamanını bekleyen saldırılardır. Küresel gelişmiş kalıcı tehdit (APT) koruma pazarının bulut alt segmenti hızlı bir büyüme trendine girerek 2019'da 1,957.6 milyon dolar iken 2027'de 12,184.5 milyon doları aşacağı tahmin edilmektedir. Diğer bir istatistiğe göre ise şirketlerin %78'inin bir APT saldırısı sonucunda kesinti yaşadığı ortaya çıkmıştır.²¹
- Siber Casusluk: Devletler ve siber suç örgütleri arasında gerçekleşen siber casusluk faaliyetleri giderek artmaktadır. Özellikle, endüstriyel casusluk ve siber istihbarat toplama amacıyla yapılan saldırılar dikkat çekmektedir.
- Devletlerin Artan Yatırımları: Siber güvenlikle ilgili olarak, birçok ülke ve şirket, siber tehditlerle başa çıkabilmek için daha fazla yatırım yapmaktadır. 2020 yılında, dünya genelinde siber güvenlik pazarının 156 milyar dolarlık bir değere ulaşması beklenmektedir.

Genel olarak, dünyadaki siber güvenlik durumu sürekli değişen ve büyüyen bir alan olarak öne çıkmaktadır. Siber tehditler giderek daha sofistike ve yaygın hale gelmekte ve her büyüklükteki kuruluş hedef alınma riski altındadır. Siber güvenlik uzmanları, saldırıları engellemek ve riskleri azaltmak için sürekli çaba sarf etmektedir, ancak tehdit ortamı hızla değişmeye devam etmektedir. Bununla birlikte aktarılan veri miktarının artması ve atak yüzeyinin genişlemesi dikkat çekmektedir.

2.1.11. Tüketici ve Ev Elektronikleri

Tüketici ve ev elektronikleri, günümüzde teknolojik gelişmelerin etkisiyle hızla gelişmektedir. Bu alanda en önemli ürünler arasında akıllı telefonlar, tabletler, dizüstü ve masaüstü bilgisayarlar, televizyonlar, ses sistemleri, akıllı ev sistemleri, robot süpürgeler, dijital fotoğraf makineleri, oyun konsolları ve diğer giyilebilir cihazlar gibi birçok ürün yer almaktadır.

Akıllı cihazların kullanımının artmasıyla birlikte, tüketicilerin ihtiyaçlarına yönelik geliştirilen yeni teknolojiler de ortaya çıkmaktadır. Bunlar arasında daha hızlı ve verimli

²¹ <https://purplesec.us/resources/cyber-security-statistics/#APTs>

işlemciler, daha büyük ve yüksek çözünürlüklü ekranlar, daha uzun pil ömrü, daha iyi kamera teknolojileri, daha akıllı yapay zekâ teknolojileri ve daha gelişmiş bağlantı seçenekleri gibi özellikler yer almaktadır. Tüketici ve ev elektroniğinin dünyadaki durumuyla ilgili istatistikleri göz önünde bulundurduğumuzda ilgili sektöre yönelik aşağıda listelenen alt teknolojiler öne çıkmaktadır:

- Akıllı Telefon: Akıllı telefonlar, tüketici elektroniği sektörünün önemli bir bileşenidir. 2020 yılında dünya genelinde yaklaşık 1.4 milyar akıllı telefon sevkiyatı gerçekleşti. Bu, önceki yıllara kıyasla %12.5'lik bir artışa işaret etmektedir. Ayrıca, akıllı telefonların özellikleri ve işlevleri sürekli olarak gelişmektedir.
- Televizyon: Televizyonlar, ev elektroniği sektörünün temel ürünlerinden biridir. 2020 yılında dünya genelinde 225 milyon televizyon sevkiyatı gerçekleşmiştir. Bu sevkiyatların büyük bir kısmı, yüksek çözünürlüklü (HD) veya ultra yüksek çözünürlüklü (4K) televizyonlardı.
- Giyilebilir Teknoloji: Giyilebilir teknoloji ürünleri, son yıllarda büyük bir popülerlik kazanmıştır. Akıllı saatler, fitness bileklikleri ve akıllı gözlükler gibi giyilebilir teknoloji ürünlerinin küresel satışları, 2020 yılında yaklaşık olarak 400 milyon adedi geçmiştir. Giyilebilir teknoloji, sağlık izleme, spor ve yaşam tarzı uygulamaları için kullanıcıların ilgisini çekmektedir.
- Ev Otomasyonu: Ev otomasyonu, evlerin güvenliği, enerji verimliliği ve konforunu artıran teknolojileri kapsamaktadır. Akıllı termostatlar, akıllı aydınlatma sistemleri ve güvenlik kameraları gibi ev otomasyonu ürünlerinin kullanımı artmaktadır. Özellikle enerji verimliliği konusunda farkındalık artmış olup tüketiciler evlerini daha akıllı hale getirmek için bu teknolojileri benimsemektedir.
- e-Ticaret: e-Ticaret, tüketici elektroniği sektöründe büyük bir etkiye sahiptir. İnternet üzerinden satışlar, tüketicilerin elektronik ürünleri çevrimiçi olarak satın alma tercihlerinde önemli bir artış olduğunu göstermektedir. Pandemi döneminde özellikle, e-ticaretin önemi daha da artmış ve tüketiciler çevrimiçi platformlardan ürün satın almaktadır.

Yukarıda belirtilen alt teknoloji bileşenlerinin de önemi göz önüne alındığında sektör teknolojik gelişmelerin hızlı bir şekilde etkisi altında kalmakta ve tüketicilerin ihtiyaçlarına göre genişlemekte ve gelişmektedir.

2.2. Türkiye’de Genel Durum

Türkiye elektronik sanayiinde önemli bir aktördür ve bu alanda çeşitli ulusal ve uluslararası şirketlere ev sahipliği yapmaktadır. Ülkemiz tüketici elektroniği, telekomünikasyon ekipmanları, savunma elektroniği ve daha fazlası gibi bir dizi elektronik ürün ve bileşen üretmekte ve ihracat yapmaktadır. Türkiye’deki birçok şirket, elektronik tasarım ve üretimde ileri teknolojiler geliştirmek için önemli miktarda Ar-Ge yatırımı yapmaktadır.

Bilgisayarlar, elektronik ve optik ürünlerin ihracat değerleri açısından Türkiye’nin performansına bakıldığında, önceki beş yıla göre 2021 yılı ve sonrasında Türkiye’nin ihracat rakamlarının %20.6 oranında bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, Türkiye’nin 2017’de dünya sektör ihracatının %0.1’ini gerçekleştirdiği, bu oranın 2021’de sabit kaldığı ve değişmediği görülmüştür [1].

2021 yılı itibarıyla, Türkiye’nin elektronik sanayiindeki en büyük zorluklardan biri, küresel tedarik zinciri sorunları ve belirsiz ekonomik koşullardır. Covid-19 pandemisi, elektronik bileşenlerin tedarikini etkileyen bir dizi küresel tedarik zinciri sorununu tetikledi. Son birkaç yıl boyunca Türkiye’nin elektrik ve elektronik sektörü, iç tüketimde bir küçülme olmasına rağmen ihracata dayalı olarak büyümeye devam etmiştir. Üretilen malların yaklaşık %75’i ihracat için kullanılmaktadır. Sektör, beyaz eşyadan tüketici elektroniği, telekomünikasyon ekipmanlarından bilgisayar cihazlarına ve profesyonel ile endüstriyel cihazlardan savunma elektroniğine kadar çok çeşitli alt sektörlerde ürünler üretmektedir. Hızlı teknolojik gelişim, sektörün üretim yelpazesini gün geçtikçe genişletmektedir. Ürün çeşitliliğinin artmasında özellikle savunma sektöründeki yatırımlar önemli bir rol oynamıştır. Bilgisayar, elektronik ve optik ürünlerin üretimi son beş yılda 2016’ya kadar sürekli artmış, ancak 2017-2020 yılları arasında bir miktar düşüş yaşanmıştır. Elektrikli ekipman üretimi geliri son üç yılda düzenli olarak artış göstermiştir.

Türkiye’nin elektrik ve elektronik sektörünün alt sektörlerinden biri olan beyaz eşya (elektrikli ev aletleri imalatı) sektörü, Türkiye’nin oldukça güçlü olduğu bir alandır. Türkiye, yaklaşık 29 milyon adetlik üretim kapasitesiyle, daha önce durağan bir seyir izlerken Avrupa’da 1. ve dünyada 3. sıraya yükselmiştir. Beyaz eşya sektörü, diğer ülkelerde de önemli yatırımlara sahiptir. Elektrikli ev aletleri sektörü, yan sanayi ile birlikte Türkiye’nin hem üretim hem de ihracat konusunda dördüncü büyük sanayi sektörü konumundadır. Sektör, mevzuat açısından AB ile eşzamanlı düzenlemeler yapmaktadır. İç tüketimde yaşanan yavaşlama nedeniyle üretim miktarında bir azalma görülmüştür ve 2018’deki ÖTV indirimi sayesinde sektör, stoklar

üzerinden satışlarına devam etmiştir. Ancak, kurdaki artış nedeniyle, elektrikli ev aletlerinin ithalatında bir azalma görülmüştür. Bununla birlikte, kurdaki dalgalanmalar, ara mal ve yatırım malı ithalatı ve kura bağlı diğer girdi maliyetlerindeki artışlar, 2018 sonunda üretimin durgunlaşmasına neden olmuştur.

Öte yandan, üretim ve ihracattaki artışa paralel olarak, Türkiye'nin elektrik ve elektronik sektörünün ithalatı da artmıştır. 2021 yılında sektörün ihracatı 17 milyar dolar, ithalatı ise yaklaşık 23 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Sonuç olarak ülkemizdeki elektronik sanayi, aşağıda belirtilen bir dizi faktör tarafından şekillendirilmektedir:

Büyüme Potansiyeli: Türkiye coğrafi konumu, genç nüfusu ve teknolojiye olan artan talebi nedeniyle elektronik sanayi için büyük bir potansiyele sahiptir. Ülkemiz elektronik ürünlerin yerli üretimine yönelik çabalarını artırmış ve böylelikle elektronik ekipman üretim oranları ve ihracat rakamlarını artırabilmiştir.

Savunma Sanayii: Türkiye'nin savunma sanayiindeki büyümesi, elektronik sanayiye de yansımaktadır. Özellikle radar, haberleşme ekipmanları, sensor teknolojileri ve diğer savunma elektronikleri konusunda önemli gelişmeler kaydedilmiştir.

Yatırımlar ve Teşvikler: Ülkemizde, yerli ve yabancı yatırımcıları çekmek ve yerli üretimi teşvik etmek için çeşitli teşvik uygulamaları ve yatırımlar yapılmıştır. Türkiye'de teknoloji ve Ar-Ge'ye yapılan yatırımlar artmaktadır. Örneğin, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, Türkiye'nin 2019'da Ar-Ge harcamaları bir önceki yıla göre %15.3 artarak 49 milyar TL olmuştur.

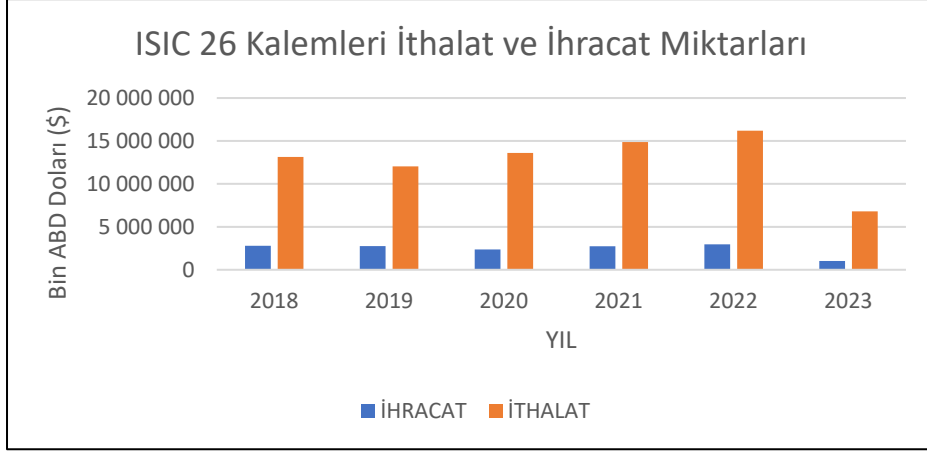
2.2.1. Sensörler

Sensörler, Tüm Ekonomik Faaliyetlerin Uluslararası Standart Sanayi Sınıflandırması 4. Revizyonunda (ISIC/NACE rev.4) 26.11 kod numarası ile "Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı" altında sınıflandırılmakta ve TÜİK dış ticaret istatistiklerinde bu sınıftaki ekipman ve bileşenler ile birlikte yer almaktadır. ISIC 26 sınıfındaki ürünler için ülkemizin TÜİK tarafından açıklanan son 5 yıldaki (2023 yılı ilk 4 ay) ithalat ve ihracat tutarları Şekil 13'te verilmektedir.

Aşağıdaki şekilden de görüldüğü üzere son yıllarda bu sınıftaki ürünlerin ithalat miktarlarında gözle görülür bir artış yaşanmaktadır. İhracat miktarında da bir miktar artış olsa da bu ithalattaki artışın yanında düşük kalmaktadır. Yine son beş yıldaki ihracatın ithalatı karşılama oranına bakacak (Bknz. Şekil 14) olursak son beş yılda bu oranın gittikçe düşmekte

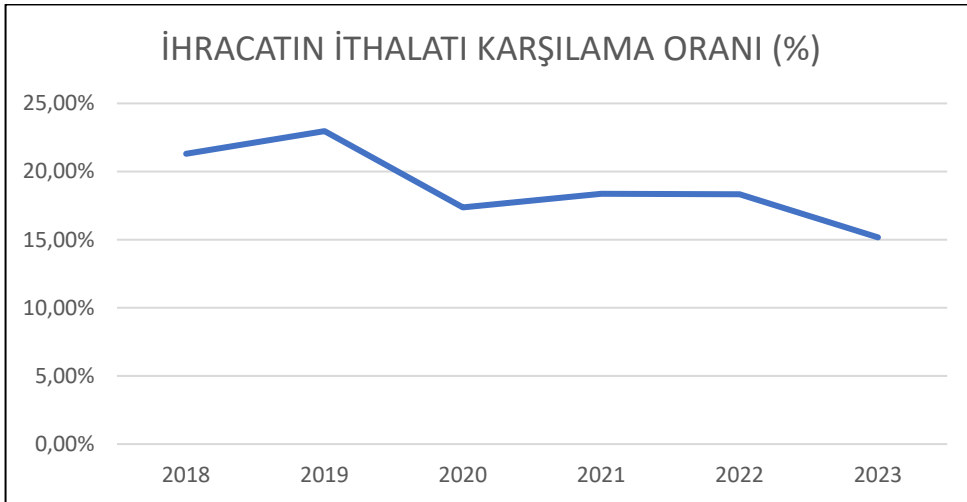
olduğunu, 2023'ün ilk 4 ayı için %15 civarına indiğini görebiliriz. Bu tablolar, söz konusu ürünlerin yerli üretiminin artırılmasına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Şekil 13: ISIC 26 Sınıfındaki Ürünlerin Son 5 Yılda (2023 ilk 4 ay) Dış Ticaret Miktarları



Ülkemizde başlıca tüketici elektroniği, otomasyon, inşaat, enerji ve savunma sanayii alanlarında kullanıma yönelik sensör üretimi yapılmakta fakat bu üretimlerdeki yerlilik oranına dair genel bir istatistik (yazarın bilgisi dâhilinde) bulunmamaktadır. Daha karmaşık bir yapıya sahip olan MEMS ve NEMS bileşeni sensörler alanında ise Ar-Ge faaliyetleri dışında, ticari ölçekte üretim yapan yerli üretici tespit edilememiştir²².

Şekil 14: ISIC 26 Sınıfı Ürünler İçin İhracatın İthalatı Karşılama Oranı



²² Ankara İli Sensör ve Eyleyici Üretimi Ön Fizibilite Raporu, Ankara Kalkınma Ajansı, TC Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2021.

Sensörlerin araştırma-geliştirme, üretim ve pazarlama faaliyetlerine yönelik olarak Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, TÜBİTAK, KOSGEB, kalkınma ajansları ve Ticaret Bakanlığında destekler alınabilmektedir. Sensörler yardımıyla veri toplama ve ölçüm teknolojileri konusu aşağıda belirtilen TÜBİTAK 2022-2023 Öncelikli Ar-Ge ve Yenilik konu başlıkları ile ilişkilidir:

- Yapay Zekâ,
- Performansı Yüksek Pekiştirmeli Derin Öğrenme,
- İleri Malzeme Teknolojileri,
- Sağlık Sektörü,
- Sensör Malzemeleri,
- Tüketici Elektroniği Sektörü
- Sensör Malzemeleri ve Savunma Sektörü
- Kamufraj Malzemeleri.

Ayrıca Avrupa Yeşil Mutabakatı ve İklim Değişikliğine Uyuma Yönelik Ar-Ge ve Yenilik Konularından İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik, Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı, Temiz ve Döngüsel Ekonomi ve Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım konularıyla da ilişkilidir. Sensör teknolojileriyle yapılagelen (yüz tanıma, nesne tanıma, nesnelerin ayrıştırılması ve kimliklendirilmesi) sağlık, enerji, lojistik, ulaşım ve tarım gibi çeşitli sektörel uygulamaların etkinliğini artırmaya yönelik teknolojilerin geliştirilmesi gibi yenilikçi yönler içermesi beklenen çalışmalar desteklenmektedir. Bu kapsamdaki çalışmalar için kamu kurumları, üniversiteler, araştırma merkezleri, büyük ölçekli sanayi kuruluşları, KOBİ'ler, teknopark firmaları ve uluslararası ortaklar ile iş birlikleri oluşturulması tavsiye edilmektedir.

2.2.2. İletişim Teknolojileri

On Birinci Kalkınma Planında öncelikli sektörler arasında yer alan Elektronik sektöründe temel amaç “Ar-Ge’ye dayalı rekabetçi üretim ve ihracatın artırılması” olarak ifade edilmiş; politika ve tedbirler arasında ilk sırada 5G ve ötesi teknolojiler dâhil olmak üzere yerli elektronik haberleşme şebeke ve altyapı bileşenlerinin Ar-Ge ve üretim faaliyetlerinin teşvik edilmesi; ikinci sırada tüm dikey sektörler dâhil olmak üzere M2M ve IoT ekosisteminde kullanılan donanım ve yazılım ürünlerinin yerli imkânlar ile üretilmesi belirtilmiştir.

Politika ve tedbirlerde öne çıktığı görülen yeni nesil mobil haberleşme teknolojileri alanında plan döneminde yapılan çalışmalar incelendiğinde, bu sahada sürdürülebilir bir ekosistem oluşturmak amacıyla çeşitli projeler gerçekleştirildiği görülmektedir. 5G ve ötesi yeni nesil haberleşme sistemlerinde ulusal ve uluslararası pazarlarda yer alacak yerli/milli ürün, hizmet ve teknolojilerin geliştirilmesini sağlamak ve bu alanda verimli bir ekosistem oluşturmak amacıyla, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) koordinasyonunda, 2016 yılında Yeni Nesil Mobil Haberleşme Teknolojileri Türkiye Forumu (5GTR Forum) kurulmuş; işletmeciler, tedarikçiler, teknoloji şirketleri, STK'lar ve üniversitelerden oluşan, mevcut durumda 80 kuruluşun üye olduğu 5GTR Forum'un Çalışma Grupları tarafından, alandaki öncelikler ve yol haritalarının belirlenmesi için hazırlanan 5G ve Ötesi Beyaz Kitap 2018 yılı Temmuz ayında yayımlanmış; 5GTR Forum tarafından Japonya ve Kore 5G Forumları ile işbirliği anlaşmaları yapılmış, dikey sektörler de dâhil olmak üzere birçok ulusal ve uluslararası etkinlik düzenlenmiş, çalışmalar takip edilerek katılım sağlanmıştır.

5G ve ötesi alanlarda ülkemizde geliştirilen uygulama ve teknolojilerin testlerinin gerçekleştirilebileceği ortamın oluşturulması amacıyla, 5G Vadisi Açık Test Sahası (5G VATS) Projesi, BTK, Hacettepe Üniversitesi, İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi (Bilkent), Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ), Türk Telekomünikasyon A.Ş., Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş. ve Vodafone Telekomünikasyon A.Ş. işbirliği ve Ulak Haberleşme A.Ş. (ULAK Haberleşme), İzi Bilişim Danışmanlık Teknoloji A.Ş., Netaş, Spark Ölçüm Teknolojileri A.Ş., Huawei Telekomünikasyon Dış Ticaret Ltd. Şti.'nin katkıları ile hayata geçirilmiştir. Ankara'da yer alan 5G Vadisi'nde 2018 yılı Kasım ayında 5G'nin ilk sinyalleri yayımlanmış, kurulan test şebeke altyapıları bu alanda çalışan tüm tarafların ücretsiz kullanımına sunulmuştur:

- **Ulak Test Şebeke Altyapısı:** ULAK 4.5G baz istasyonu ile 4.5G çekirdek şebeke fonksiyonları, IMS Uygulamaları ve SDN kontrolcü de dâhil olmak üzere SDN/NFV sistem altyapısından oluşan test şebekesi 5G Vadisi'nde konuşlandırılmıştır.
- **İzİ Systems Test Şebeke Altyapısı:** 4G LTE Çekirdek Şebeke (EPC) ve IMS'ten (IP Multimedia Subsystem) oluşan altyapı 5G Vadisi'nde konuşlandırılmıştır.
- **Netaş IoT Platformu Test Altyapısı:** Sahadaki veya simülasyonu yapılandırılan IoT cihazlarından anlık veri alınması, komut gönderilmesi, toplanan verilerin saklanabilmesi ve üçüncü parti sistemlerle bütünleştirilmesi işlevlerini yerine getirmektedir.

- **Spark Test Altyapısı:** Özellikle fiziksel katmana yönelik Ar-Ge faaliyetlerinde kullanılan ölçüm cihazları geçici süreliğine 5G Vadisinde konuşlandırılmıştır. İmzalanan protokole göre, cihazlarının kullanım süresi 2019 yılı Ekim ayında sona ermiştir.
- **Huawei Test Altyapısı:** Çekirdek ve radyo katmanları ile kullanıcı test ekipmanlarından oluşan prototip 5G ekipman seti 5G Vadisinde konuşlandırılmıştır.

5G Vadisinde yer alan test şebeke altyapılarında bugüne kadar bilişsel pasif radar ile drone/helikopter tespiti, güç amfisi modelleme verimlilik ve doğrusallaştırma, 5.9 GHz C-V2X kanal ölçümü ve 26-28 GHz yeni nesil RF frontend ve anten ölçümleri benzeri ortak projeler tamamlanmıştır. 5G Vadisi'nde yer alan test şebeke altyapılarının güncellenmesine ilişkin çalışmalar devam etmektedir.

5G VATS çalışmaları kapsamında ayrıca ülkemizin bu alandaki nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesine katkı sağlamak üzere 5G ve Ötesi Ortak Lisansüstü Destekleme Programı başlatılmıştır. Program kapsamında 2018 yılı Ekim ayından itibaren, Hacettepe, Bilkent ve ODTÜ'de Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği bölümlerinde 5G ve ötesi konularda yüksek lisans veya doktora yapan toplam 99 araştırmacı öğrenci mobil işletmeciler tarafından desteklenmiştir. Program ile ileri iletişim teknolojileri üzerinde sürdürülebilir yetkinlik oluşturması ve yapılan tez çalışmalarının yanı sıra, makaleler, patentler, projeler, girişimci teknoloji firmaları gibi çok çeşitli formlarda çıktıların üretilmesi hedeflenmektedir.

Elektronik haberleşme sektöründe ayrıca Ar-Ge çalışmalarının gelişmesi, yerli üretimin desteklenmesi amacıyla çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Ülkemizde 2015 yılında gerçekleştirilen 4.5G yetkilendirmesi ile mobil işletmecilere şebeke yatırımlarının (donanım-yazılım) %45'e varan oranlardaki kısmını yerli malı belgeli ürünlerden karşılamasına ilişkin yükümlülük getirilmiştir. İlk yatırım döneminde %1 seviyesinde olan yerlilik oranı 2020-2021 yatırım döneminde %33'e ulaşmıştır.

Bu çerçevede 5G altyapılarının yerli ve milli imkânlarla üretimi konusunda sektörde yürütülen çalışmalar önem taşımaktadır. 2013 yılında başlatılan ULAK Projesiyle, 4.5G teknolojisinde baz istasyonu geliştirilerek üretilmesi planlanmış, Türkiye'nin ilk yerli ve milli baz istasyonu olan ULAK 4.5G baz istasyonu, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın (UAB) desteği, Savunma Sanayii Başkanlığı koordinasyonunda, Aselsan, Netaş ve Argela Ar-Ge tasarım ekipleriyle tasarlanmıştır. ULAK baz istasyonu hâlihazırda evrensel hizmet sahaları ve

Türk Telekom, Turkcell, Vodafone'un ticari sahalarında olmak üzere, ülkemizde 1700'den fazla sahada hizmet vermektedir²³. ULAK Haberleşme tarafından 4.5G teknolojilerinde elde edilen tecrübelerle 5G çalışmaları devam etmekte, 5G baz istasyonunun yanı sıra SDN (Yazılım Tanımlı Şebeke, Software Defined Networking) ve NFV (Şebeke Fonksiyonu Sanallaştırma, Network Functions Virtualization) tabanlı şebeke, 5G çekirdek şebeke ve görev kritik hizmetlere ilişkin projeler devam etmektedir.

BTK'nın desteği ile OSTİM Organize Sanayi Bölgesi tarafından, Haberleşme Teknolojileri Kümelenmesi (HTK) 2017 yılında haberleşme teknolojileri sektöründeki üreticileri bir araya getirerek yerlilik çalışmalarını geliştirmek amacıyla kurulmuştur²⁴. HTK üyesi 14 firma ve 3 mobil işletmecinin katılımıyla 2018 yılında geliştirilen Uçtan Uca Yerli ve Milli 5G Haberleşme Şebekesi Projesi (UUYM5G) TÜBİTAK tarafından desteklenmiş, projeye 2020 yılında ULAK Haberleşme dâhil olmuştur. İlk fazı 2021 yılı Mart ayında tamamlanan ve 2021 Haziran ayında prototipleri kamuoyuna tanıtılan projede, ürünlerin güncel ve daha yüksek kapasiteli versiyonlarının geliştirilmesine ilişkin ilgili firmaların UAB Ar-Ge fonu kapsamında desteklenmesine yönelik çalışmalara devam edilmektedir.

Ülkemizdeki 4.5G yetkilendirmesi kapsamında frekanslar teknoloji tarafsız olarak tahsis edilmiş, mobil veri trafiğindeki büyümenin desteklenmesi ve yeni teknolojilerin sunumunun sağlanması amaçları çerçevesinde ilave spektrum tahsisine yönelik olarak BTK tarafından hazırlanan Mobil Genişbant Spektrum Stratejisi Çalışma Raporu tamamlanarak UAB'ye iletilmiştir. Bakanlık tarafından rapor uygun bulunmuş olup raporun nihai halinin mobil spektrum çalışmalarında yol gösterecek çerçevede bir doküman olarak ele alınması ve buna göre hareket edilmesi hususu BTK'ya bildirilmiştir. Ayrıca 5G çalışmaları kapsamında yerli üreticilere, üniversitelere ve mobil işletmecilere test ve deneme izinleri BTK tarafından verilmekte olup 700 MHz, 3.5 GHz ve 26 GHz frekans bantları 5G ve ötesi teknolojilerde deneme amaçlı kullanılmıştır. Bu kapsamdaki önemli çalışmalardan biri olarak, 2022 yılı Temmuz ayında İstanbul Havalimanının belirli bölgelerinde üç işletmeci tarafından 5G uyumlu cihaza sahip kullanıcılara ücretsiz olarak test deneme amaçlı 5G hizmeti verilmeye başlanmıştır.

²³ Kaynaklar: UAB, Haberleşme Genel Müdürlüğü, ULAK Projesi, [Projelerimiz - Haberleşme Genel Müdürlüğü \(uab.gov.tr\)](https://projelerimiz-haberlesme-genel-mudurlugu.uab.gov.tr), (01.02.2023); ULAK Haberleşme A.Ş., <https://ulakhaberlesme.com.tr/tr/kurumsal/hakkimizda>, (01.02.2023)

²⁴ Kaynak: Haberleşme Teknolojileri Kümelenmesi, <https://www.htk.org.tr/haberlesme-teknolojileri-kumelenmesi-icerik-77>, (01.02.2023)

5809 sayılı Elektronik Haberleşme Kanunu gereği frekans gibi kıt kaynaklara dayanan elektronik haberleşme hizmetlerine ilişkin politika BTK'nın önerisi üzerine UAB tarafından belirlenmektedir. 5G yetkilendirme politika önerilerinin oluşturulmasına yönelik çalışmalara BTK tarafından sektör paydaşlarının görüşleri alınarak devam edilmektedir. 26/09/2011 tarihli ve 655 sayılı Ulaştırma ve Altyapı Alanına İlişkin Bazı Düzenlemeler Hakkında Kanun Hükmünde Kararname, 5809 sayılı Elektronik Haberleşme Kanunu ve Araştırma Geliştirme Projelerinin Desteklenmesine İlişkin Yönetmeliğe istinaden; UAB Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Araştırmaları Merkezi Başkanlığı (UDHAM) tarafından 5G mobil haberleşme altyapısı geliştirme projelerinin desteklenmesi amacıyla çağrı programı hazırlanmış, destek başvurusu açılış tarihi 06.01.2023 ve toplam destek bütçesi 200 milyon TL olarak belirlenmiştir. Çağrı programı kapsamında desteklenecek projeler arasında 5G baz istasyonu temel bant ünitesi, uzak radyo birimi, masif (Massive) MIMO anten, 5G küçük hücre (small cell) baz istasyonu, radyolink, arka plan bağlantı (backhaul) sistemleri, çekirdek şebeke, operasyonel destek sistemleri (OSS), şebeke güvenliği ürünlerinin yanı sıra doğrultucu sistemleri ile IoT cihazları ve bulut yönetim sistemi de bulunmaktadır²⁵.

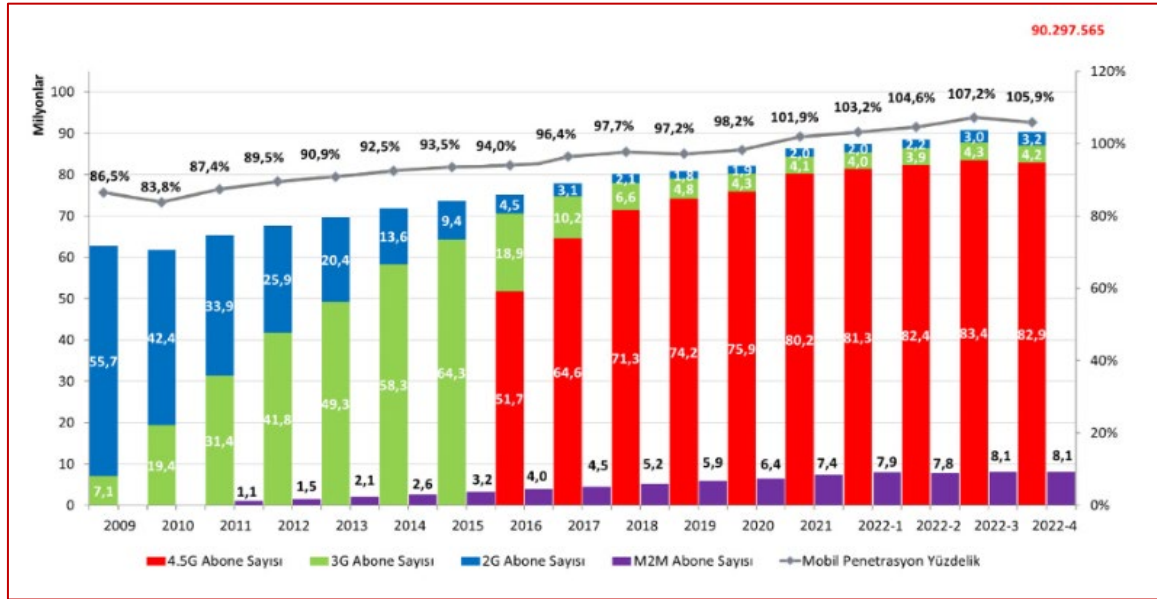
Elektronik haberleşme sektöründe son kullanıcı ürünlerinin ülkemizde üretimine ilişkin durum incelendiğinde ise; tüketiciye sunulan telsiz ekipmanlarının güvenli olmasını sağlamak amacıyla gerçekleştirilen piyasa gözetim ve denetimi faaliyetleri kapsamında, ithalat denetimlerinin yanı sıra; mobil telefon cihazları, telsiz cihazları gibi çeşitli son kullanıcı ekipmanlarından ülkemizde üretilen, imal edilen veya montajı yapılan cihazların teknik düzenlemelere uygunluğunun BTK tarafından denetlenmesinin ardından piyasaya arzı gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda 2022 yılı sonuna kadar toplam 98 firmanın imalatçı takip kodu bulunmakta olup artan kullanıcı talepleriyle de uyumlu olarak 42 firma mobil telefon alanında faaliyet göstermektedir. 2021 yılında, 15 adet yerli imalat firması tarafından, 20 marka ve 109 modelde yaklaşık 6,6 milyon adet akıllı telefon imalatı; 2022 yılında, 17 adet yerli imalat firması tarafından, 21 marka ve 143 modelde yaklaşık 6,2 milyon adet akıllı telefon imalatı ülkemizde gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde 5G destekli son kullanıcı ürünlerinin ithalatı ve piyasaya arzı yapılmakta olup ayrıca birkaç modelde 5G destekli mobil telefon yerli ürün imalatının da başladığı ve piyasaya arz edildiği görülmektedir. 5G teknolojilerinin ticari olarak ülkemizde kullanılmaya başlaması, söz konusu ürünlere olan talebinin artması ve alandaki fiyat

²⁵ Kaynak: UAB, UDH Araştırmaları Merkezi Başkanlığı, 5. Nesil (5G) Mobil Haberleşme Altyapısının Geliştirme Projelerinin Desteklenmesi Amacıyla Çağrı Programı, [5. Nesil \(5G\) Mobil Haberleşme Altyapısının Geliştirme Projelerinin Desteklenmesi Amacıyla Çağrı Programı Hazırlanmıştır.](#) - - UDHAM (uab.gov.tr) , (01.02.2023)

değişimlerine bağlı olarak 5G destekli son kullanıcı ürünlerin imalatının da ülkemizde hızlanacağı değerlendirilmektedir.

BTK tarafından yayımlanan Türkiye Elektronik Haberleşme Sektörü 2022 Yılı 4. Çeyrek Pazar Verileri Raporu incelendiğinde ülkemizde 71,7 milyon mobil, 19 milyon sabit olmak üzere toplam 90,6 milyon genişbant aboneli bulunduğ, internet abone sayısının bir önceki yılın aynı dönemine göre %2,8 oranında arttığı görülmektedir. Sabit genişbant abonesinin teknoloji bazında dağılımı incelendiğinde ise xDSL abonesinin payı gerilemeye devam etmekle birlikte, abonesinin %58,8'ini xDSL abonesi, %30'unu fiber internet abonesi, %7,5'ini kablo internet abonesi, %3,7'sini ise diğer abonesi oluşturmaktadır. Yaklaşık 90,3 milyon mobil abonesinin 82,9 milyonunu 4.5G abonesi, 4,2 milyonunu 3G abonesi, 3,2 milyonunu 2G abonesi, 8,1 milyonunu ise M2M abonesi oluşturmaktadır. Ülkemizde 2009-2022 yılları arasındaki M2M abonesi dâhil olmak üzere toplam mobil abone sayısı ve nüfusa göre yaygınlık oranındaki değişim aşağıdaki grafikte görülmektedir²⁶.

Şekil 15: Toplam Mobil Abone Sayısı ve Nüfusa Göre Yaygınlık



²⁶ Kaynak: BTK, Türkiye Elektronik Haberleşme Sektörü, Üç Aylık Pazar Verileri Raporu, 2022-4. Çeyrek, <https://www.btk.gov.tr/uploads/undefined/ceyrek-raporu-2022-4-c-eyrek-22-03-23-kurumdis-i.pdf>, (06.06.2023)

Türkiye, 5G teknolojisinin geliştirilmesi konusunda önemli ilerlemeler kaydetmektedir. Ülkemizin telekomünikasyon düzenleyicisi olan Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK), 5G'yi Türkiye'deki kullanıcılara ulaştırmak için çalışmalarını sürdürmektedir.

Ülkemizde, ticari 4.5G hizmetlerinin sunulabilmesinin yanı sıra 5G teknolojilerinde araştırma ve geliştirmeye de yatırım yapılmaya devam edilmektedir. Türkiye, güçlü bir mühendislik işgücüne ve 5G ve ötesi teknolojilerde önemli ilerlemeler sağlayabilecek gelişmiş bir telekomünikasyon endüstrisine sahiptir. Türkiye'de aktif olarak 5G ve ötesi teknolojilerde araştırma ve geliştirme yapan çok sayıda üniversite ve araştırma kurumu bulunmaktadır. Örneğin İstanbul Teknik Üniversitesi ve Sabancı Üniversitesi 5G ve 6G teknolojisine odaklanan araştırma merkezlerine sahiptir. Ülkemizde 5G ile ilgili projeler üzerinde çalışan çok sayıda start-up ve inovasyon merkezi de bulunmaktadır. 5G teknolojisinin gelişimini desteklemek, 5G altyapısına ve teknolojilerine yatırımı teşvik etmek için vergi teşvikleri ve araştırma geliştirme fonları gibi bir dizi politika ve girişim de başlatılmıştır.

6G teknolojileri, geliştirme ve standardizasyonun ilk aşamalarında ve henüz faaliyette olan ticari bir 6G şebekesi bulunmamaktadır. Bununla birlikte Türkiye'de 6G teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik çeşitli çalışmalar devam etmektedir. Ocak 2021'de, 6G teknolojilerini ve uygulamalarını geliştirmek amacıyla İstanbul Teknik Üniversitesi'nde bir 6G araştırma merkezi kurulmuştur. Araştırma merkezi, 6G araştırma ve geliştirme projelerinde çalışmak üzere akademi, endüstri ve kamu kurumlarından araştırmacıları ve mühendisleri bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. Buna ek olarak, üniversiteler ve araştırma kurumları aktif olarak 6G araştırmalarına katılmakta olup 6G teknolojilerinin geliştirilmesinde rol oynamaları beklenmektedir.

Ülkemiz şirketleri ve kuruluşları, 6G teknolojisi ve uygulamalarının geliştirilmesine odaklanan ortak bir araştırma programı olan Finlandiya'daki 6G Flagship programı gibi uluslararası 6G araştırma girişimlerine de katılmaktadır. Türkiye 5G ve 6G teknolojilerinin geliştirilmesine ve yaygınlaştırılmasına katkıda bulunmak için önemli bir potansiyele sahiptir. Ülkemizde 6G teknolojileri üzerine, özellikle üniversitelerde yoğun çalışmalar sürdürülmektedir. Bununla birlikte standardizasyon faaliyetlerinde ülkemizin daha belirleyici olması, bu yönde çalışmaların da devam etmesi önem arz etmektedir.

2.2.3. e-Mobilite

e-Mobilite alanında dünyadaki gelişmelerin paralelinde Türkiye'de de çeşitli çalışmalar

yürütülmektedir. Ülkemizde pek çok farklı firma, kurum ve kuruluş farklı şehirlerde e-mobilitenin ilk basamağı olan kısa mesafeli ulaşım amaçlı servisleri sunmaktadır. Altyapı ve araç ilk yatırım maliyetleri bu tür ulaşım sistemleri için nispeten düşük olduğundan e-scooter hizmeti veren, elektrikli bisiklet/küçük araç kullanım imkânı veren servisler pek çok farklı şehirde hizmete sunulmuştur.

Pek çok farklı firmanın elektrikli araçları ülkemizde satışa sunulmuştur. Yerli otomobil TOGG da satışa sunulmuştur. Bireysel kullanıma yönelik bu araçların önümüzdeki dönemde trafikte daha yoğun olarak görülmesi beklenmektedir.

Toplu ulaşımında bazı öncü belediyeler elektrikli otobüs kullanımına başlamıştır. Birçok belediye ise elektrikli otobüsleri test etmek amacı ile düşük adetlerde de olsa temin etmektedir. Kargo, taşıma hizmeti veren bazı firmalar da filolarına elektrikli araçları katarak deneme çalışmalarına başlamışlardır.

Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası

“Milli Teknoloji, Güçlü Sanayi” vizyonu doğrultusunda, yerli ve milli ürün ve teknoloji dönüşümüne yön vermek üzere Sanayi ve Teknoloji Bakanlığınca “Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası” hazırlanmış ve Yol Haritası kapsamında yürütülecek çalışmaların ilgili tüm kurum ve kuruluşların desteğiyle yürütülmesine ilişkin 2022/9 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi, 9 Haziran 2022 tarihli Resmî Gazete’de yayımlanmıştır. Bu doğrultuda; hava, deniz ve kara araçlarında ciddi bir ilerleme ve gelişim süreci takip edilmekte, Türkiye mobilite sektöründe dünyada öncü olma hedeflerine binaen çalışmalarına hız vermektedir. “Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası” elektrikli araç ve batarya üretiminden şarj istasyonlarına, insansız araç sistemlerinden test merkezlerine kadar birçok stratejik hususta kısa, orta ve uzun vadeli hedef belirleyen ve proje önerileri ortaya koyan bir rehber niteliğindedir.

Elektrikli Araç Şarj Destek Programı

Elektrikli araçlar için şarj altyapısını ülke sathında yaygınlaştırmak, özel sektör yatırımlarına da ivme kazandırmak için Sanayi ve Teknoloji Bakanlığınca tarafından bir destek programı hayata geçirilmiştir. 31 Aralık 2023 tarihi itibarıyla 81 ilde 1.500’ü devlet desteği ile olmak üzere 3 binin üzerinde hızlı şarj istasyonunun hizmete alınması planlanmıştır. Böylece ülkemiz asgari 142 MW daha kurulu hızlı şarj altyapısı ile hızlı şarj kapasitesini artıran en iyi ülkeler arasında yer almış olacaktır.

2.2.4. Sürdürülebilirlik ve İklim Teknolojileri

Ülkemizde geliştirilen İklim Teknolojileri Radarından esinlenilerek, iklim değişikliğinin nedenlerini ve etkilerini azaltma odağında fırsatlarla uyumlu beş geleneksel sektör dikeyinde teknolojiler sınıflandırılabilir. Bu sektörler alfabetik sıra ile endüstriyel üretim, enerji, mobilite, tarım/gıda/orman ve yapı inşaat olarak belirlenmiştir. İlgili kategorizasyona göre, belirtilen her alandaki iklim teknolojilerinde, elektronik sektörünün payı çok yüksektir. Dijital dönüşümde olduğu gibi iklim odaklı üretimdeki teknolojik dönüşümde de elektronik sektörü öne çıkmaktadır.

Burada tarıma yönelik elektronik teknolojilerinde öne çıkması hem sürdürülebilirlik hem de gıda güvenliği açısından önem arz etmektedir. Gıda güvenliğinin en önemli unsuru güvenilir ve kaliteli veri ile veriye dayalı yönetimdir. Tarım; veriye dayalı model yönetimine ilişkin, veri toplama, işleme, yorum yapma, üretim planlama, gibi sürecin tüm adımlarında sorunlu sektörlerden biridir. Tüm değer zincirinin tahmin ve öngörü gücü 21. yüzyılın sağladığı imkânlarla göre oldukça zayıftır.

İnovasyonların yayılma hızı açısından yavaş ve geç reaksiyon veren bir sektör olan tarımda; geleneksel üreticinin yeniliklere zaman zaman direnç gösterdiği, değer zincirinde yer alan reel sektörün Ar-Ge ve inovasyona karşı ilgisinin ve bu alanlardaki kapasitelerinin oldukça sınırlı olduğu ve Ar-Ge ile üretimin farklı değer zincirleri gibi hareket ettiği belirtilmiştir. Bilgi ve veri temelli tarım-gıda değer zincirinin oluşturulması öncelikli amacımız olmalıdır.

2.2.5. Yarı-iletken ve Bileşen Teknolojileri

Türkiye’de Çip Üretimi ve Tasarımının gelişimi ve son durumu aşağıdaki gibi listelenebilir:

1. Türkiye’de Yarı-iletken çip üretimi yapılan tesisler TÜBİTAK-BİLGEM-YİTAL, ABMikronano, ERMAKSAN bünyesinde bulunmaktadır.
2. TÜBİTAK-BİLGEM-YİTAL’de 1983 yılından bu yana geliştirilen tasarım ve üretim kabiliyeti ile CMOS (sayısal ve analog), SiGe BiCMOS (Yüksek Frekans), Fotodedektör çipleri üretilmektedir. Bu tesiste üretilen ürünler savunma sanayi projelerinde kullanılmaktadır. 250nm teknoloji nodunda yılda 1000 wafer (4” pul) işlenebilmektedir.
3. AB Mikronano GaN (Galyum Nitrür) malzemesi üzerine çalışmalar yapmak ve ASELSAN’ın yüksek frekanslı çip ihtiyacını karşılamak üzere kurulmuştur. Buradaki altyapı akademik çalışmalar için de kullanılmaktadır.
4. ERMAKSAN Bursa’da Lazer sac kesme makineleri imal eden bir şirket olarak

kullandıkları yüksek güçlü lazer makinelerinde bulunan lazer diyotlarını üretmek için 2017 yılında yarı-iletken tesisini faaliyete almıştır. Ayda 1500 wafer (3" pul) işleme kapasitesi ile lazer diyotlarının üretimi devam etmektedir.

5. Çip tasarımı konusunda ise TÜBİTAK-BİLGEM Tümdevre Tasarım ve Eğitim Laboratuvarı (TÜTEL), Yongatek, Ankasys, Electra IC ve MKR-IC tasarım merkezleri olarak sayılabilir. Buralarda yapılan çip tasarımları yurtdışında ürettirilmektedir.
6. İTÜ ve ODTÜ MEMS Merkezi, MEMS tabanlı sensör ve RF vb. projeleri ile birçok paydaş için hizmet vermeye devam etmektedir.
7. SUNUM, Sabancı Üniversitesi bünyesinde mikro/nano fabrikasyon çalışmaları yapmakta, çok sayıda paydaşla ortak projeler yürütmektedir.
8. Türkiye’de tümdevre tasarım ve üretim ekosisteminin gelişmesine ve bu konularda endüstriyel ve teknolojik kabiliyetlerimizin geliştirilmesine katkıda bulunma hedefi ile TÜYAR Mikroelektronik San. ve Tic. A.Ş. (TÜYAR A.Ş.) kuruldu.

Türkiye’nin yarı-iletken teknolojileri kapsamında yaptığı çalışmalar henüz istenilen düzeye erişmemiştir. Ancak yaşanan çip krizi ve ambargolar mikroelektronik için ne kadar yaşamsal olduğunu ispatlamıştır. Dolayısıyla mikroelektronik üretim ve tasarım hususunda giderek artan bir ilgi ve çabanın varlığından söz etmek mümkündür.

ASELSAN özellikle Radar ve Elektronik Harp Sistemleri Sektör Başkanlığı (REHİS), Haberleşme ve Bilgi Teknolojileri Sektör Başkanlığı (HBT) ve Mikroelektronik, Güdüm ve Elektro-Optik Sektör Başkanlığı (MGEO) bünyesinde yarı-iletken teknolojileri ile ilgili ürüne yönelik çeşitli çalışmalarda bulunmaktadır. Örneğin şirket bünyesinde MOSFET temelli yüksek frekans tümleşik devre tasarımları, kızılötesi detektör tasarımı ve okuma devrelerinin geliştirilmesi, GaN ve GaAs alan-etkili transistörlerle yüksek doğrusalığa sahip güç kuvvetlendiricilerinin ortaya konması hususlarında önemli işler gerçekleştirilmektedir. Ayrıca AB MikroNano çatısı altında GaN teknolojisi temelli alan-etkili transistörlerin, TÜBİTAK BİLGEM-YİTAL’de ise SiGe tabanlı hetero-eklem bipolar transistörlerin geliştirildiği bilinmektedir.

Türkiye’de analog ve yüksek frekans tümleşik devre geliştiren mikroelektronik tasarım evleri de bulunmaktadır. Bunların arasında Analog Devices ve Renesas gibi uluslararası şirketlerin Türkiye ofisleri yer almaktadır. Öte yandan ATEK Midas, TÜBİTAK BİLGEM-TÜTEL ve MKR-IC gibi ulusal tasarım evleri ile yabancı sermaye destekli SR-SEMI benzeri tasarım evleri de mevcuttur.

Yine sayısal tasarım alanında ülkemizde önemli firmaların çalışmalar yaptığını ifade etmek gerekir. Bunların arasında Yongatek Mikroelektronik, Electra IC ve CTECH Bilgi Teknolojileri isimli firmalar sayılabilir. Özellikle alan programlanabilir kapı dizisi (FPGA) temelli sayısal tasarım konusuna yönelmiş bu şirketler yakın zamanda tümleşik devre tasarımına dair çalışmalara da başlamıştır. Adı geçen firmalar haberleşme, savunma ve biyomedikal sektörlerine yönelik çözümler üretmektedir. Arçelik ve Vestel de son yıllarda yarı-iletken teknolojilerine yaptıkları yatırımı artırmaktadır. Örneğin Arçelik özellikle indüksiyon makinelerinde kullanılan yüksek güç transistörlerinin bozulma mekanizmalarını öğrenmek amacıyla yarı-iletken çip güvenilirliği konusunda karakterizasyon ve analiz laboratuvarı tesis etmiştir. VESTEL de ürettiği televizyonlarda kuantum nokta teknolojisini daha verimli kullanmak adına bu alanda araştırma-geliştirme faaliyetlerinde bulunmaktadır.

Öte yandan yerli firmalarımız MOCVD teknolojisinden faydalanarak diyot lazerler üretmektedir. Bu lazerler ile oluşturulan sistemler kW mertebesinde çıkış gücü ortaya koyabilmektedir. Aynı şekilde Durmazlar firması ise femto-saniye süreli lazer üreten sistemlerin geliştirilmesine odaklanmıştır. Kalyon firması da güneş hücreleri için külçe Si kristali üreten bir birim oluşturmuştur. Çok özel elektronik uygulamalar için ince film büyütme teknolojilerinden olan MBE ve MOCVD sistemleri Türkiye’de muhtelif üniversitelerde bulunmaktadır. Çalışma grupları bu sistemlerde büyütülebilecek yapıları kuramsal anlamda oluşturup geçici lisansı alınan yurtdışı menşeli benzetim programları ile test edebilmektedirler.

2.2.6. Enerji, Güç Elektroniği ve Batarya Teknolojileri

IEA (Uluslararası Enerji Ajansı) tarafından yayınlanan Yenilenebilir 2022 raporunda, Türkiye’nin yenilenebilir enerji kapasitesinin gelecek 5 yıl içinde yüzde 64 büyümesinin öngörüldüğü belirtilmiştir. Bu büyümeyle Türkiye Avrupa’da yenilenebilir enerjide dördüncü büyük piyasa olurken, dünyada da ilk 10’a girmiş olacaktır. Yenilenebilir enerjideki bu büyümenin yüzde 75’inin rüzgâr ve güneşten gelmesi beklenmekte olup, Türkiye’deki jeotermal enerji büyümesinin de çok yüksek olması beklenmektedir.

IEA’nın raporundaki Türkiye’ye ilişkin bulgulara göre, Türkiye’nin yenilenebilir enerji kapasitesinin 2027 itibarıyla yüzde 64 artışla toplamda 90 gigavata ulaşması beklenmektedir. Toplam kapasite artışında yüzde 49 ile güneş enerjisi başı çekerken, rüzgâr enerjisinin bu artışın yüzde 24’ünü oluşturacağı öngörülmektedir.

Türkiye'nin, bu büyümeyle 2027 itibarıyla Çin, ABD, Hindistan, Almanya, Brezilya, İspanya, Japonya, Avustralya ve Birleşik Krallık'ın ardından dünyada en yüksek yenilenebilir enerji kapasitesine sahip ülkeler arasında 10'uncu sıraya yükselmesi beklenmektedir. Türkiye'nin, bu büyümeyle 2027 itibarıyla Çin, ABD, Hindistan, Almanya, Brezilya, İspanya, Japonya, Avustralya ve Birleşik Krallık'ın ardından dünyada en yüksek yenilenebilir enerji kapasitesine sahip ülkeler arasında 10'uncu sıraya yükselmesi beklenmektedir.

Ülkemizde güç elektroniği sektörü, büyük çoğunluğu kesintisiz güç kaynakları, endüstriyel şarj sistemleri için redresör gibi konvansiyonel sistemleri tasarlayan küçük-orta ölçekli firmalar ile tüketici elektroniği ve beyaz eşya sektörüne yönelik ürün geliştiren Arçelik, Vestel gibi firmalardan oluşmaktadır. Bunun yanı sıra enerji, ulaşım ve endüstriyel sektörlere yönelik Türkiye ofislerinde faaliyet gösteren ve lokal üretim tesisleri bulunan ABB, Siemens ve Schneider gibi uluslararası firmalar bulunmaktadır.

Şekil 16: Yenilenebilir Enerji Kapasite Artışında İlk 10 Ülke (2022-2027)



Kaynak: aa.com²⁷

Sektörde faaliyet gösteren küçük-orta ölçekli firmalar, kalite ve maliyet perspektifinde Avrupa menşeli ürünlere alternatif sunmak üzere Ür-Ge çalışmaları yapmaktadırlar. Ancak Ar-Ge faaliyetlerine ayrılan bütçeler nispeten küçük olduğundan inovasyon boyutunda büyük ilerlemeler kaydedilememiştir. Son yıllarda yenilenebilir enerji ve elektrikli araç sektöründeki büyümeye bağlı olarak bu firmalar güç elektroniği tecrübelerini güç dönüştürücü ve şarj istasyonu tasarımında kullanma yönünde gayret göstermektedirler. Özellikle GES ve RES sistemlerindeki yerlilik teşvikleri ve TOGG vesilesi ile hareket kazanan elektrikli araç sektörü güç elektroniği, enerji depolama ve elektrik motorlarına yönelik çalışmaların önünü açmıştır.

²⁷ <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkiye-yenilenebilir-enerjide-dunyanin-en-buyuk-10-ulkesinden-biri-olma-yolunda/2756394>

2022 yılında Sanayi Bakanlığı tarafından yayınlanan şarj istasyonu destek programı birçok firmanın bu alana yönelmesine vesile olmuştur. Ancak firmaların orta ve uzun vadeli hedefler koyamaması sebebi ile aynı anda yığılmanın olduğu bu sektörlerde rekabet amacıyla uzak doğu menşeli ürünler yurtiçine getirilerek pazarda yer bulmaktadır. Özellikle ölçek ekonomisine dayanan bu sektörlerde yurtiçi taleplerin henüz yüksek adetli olmaması sebebi ile yerli tasarım ve üretim firmaları rekabetçiliklerini kaybetmektedirler. Firmaların birçoğu zamanla farklı uygulama ve sektörler kayarak hayatta kalma mücadelesine girmektedirler. Firmaların yönlendiği sektörlerden biri savunma sanayi olmakla birlikte, savunma sanayindeki proje bazlı tasarım ve üretim modelleri firmaların uzun vadeli ürün hedeflerinin ve yatırım planlarının oluşmasının önüne geçebilmektedir.

Ülkemizde elektrik motorlarına yönelik olarak endüstriyel motor üretimi yapan firmalar ile savunma sanayine yönelik servo motorlar üreten firmalar faaliyet göstermektedir. Özellikle savunma sanayindeki servo motorlar yüksek karlılıkları sebebi ile firmaların eğilim gösterdiği bir sektör haline almıştır. Elektrik motorlarının alt bileşenlerinden olan kalıcı mıknatıs gibi tedariki kritik bileşenlerin seri üretimine yönelik endüstriyel tesisler bulunmamaktadır. TENMAK NATEN'in mıknatıs üretim tesisi kurulumuna yönelik çalışmaları olduğu bilinmektedir.

Güç elektroniği ve elektrik motorlarının yoğun olarak kullanıldığı yenilenebilir enerji, raylı sistemler, elektrikli araç sektörünün ihtiyaçlarına yönelik tasarım ve üretim yetkinlikleri olan ve yüksek nitelikli personele sahip ASELSAN, TÜBİTAK RUTE, TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü gibi kurumlara son yıllarda TOGG başta olmak üzere elektrikli araç sektöründe faaliyet gösteren firmalar da eklenmiştir.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve EPDK tarafından yayınlanan şarj istasyonları destek paketi ile depolamalı elektrik üretim tesis yönetmeliğine uygun sistem çözümü sunmak amacıyla son dönemde bataryalı enerji depolama sistemleri yaygınlaşmaktadır. Sektörde faaliyet gösteren küçük-orta ölçekli firmalar yurtdışından hazır alınan batarya hücresi ve batarya yönetim sistemleri ile batarya modül ve paketleri oluşturmaktadır. Bu tür sistemlerde kullanılan güç dönüştürücüler ise büyük oranda yurtdışından hazır alınmaktadır. Ülkemizde ASPİLSAN tarafından yatırımı yapılan NMC kimyasında silindirik hücre üretimi yapan batarya fabrikası, TOGG ve FARASİS ortaklığı ile kurulacak elektrikli araç batarya fabrikası ve Kontrolmatik firmasının Ankara'da hayata geçireceği batarya fabrikası dikkat çeken yatırımlardır. Bu yatırımlara ek olarak FORD Otosan'ın elektrikli kamyon gibi araç platformlarına yönelik planladığı batarya fabrikası yatırımı bulunmaktadır.

Ülkemizde güç elektroniğinin temel yapı taşı olan yarı-iletkenlere yönelik olarak GaN tabanlı güç anahtarı ile hazır yongaya dayalı SiC tabanlı modül paketleme çalışmaları yürütülmektedir. Üniversite ve enstitüler seviyesinde bazı çalışmalar yapıldığı bilinmektedir.

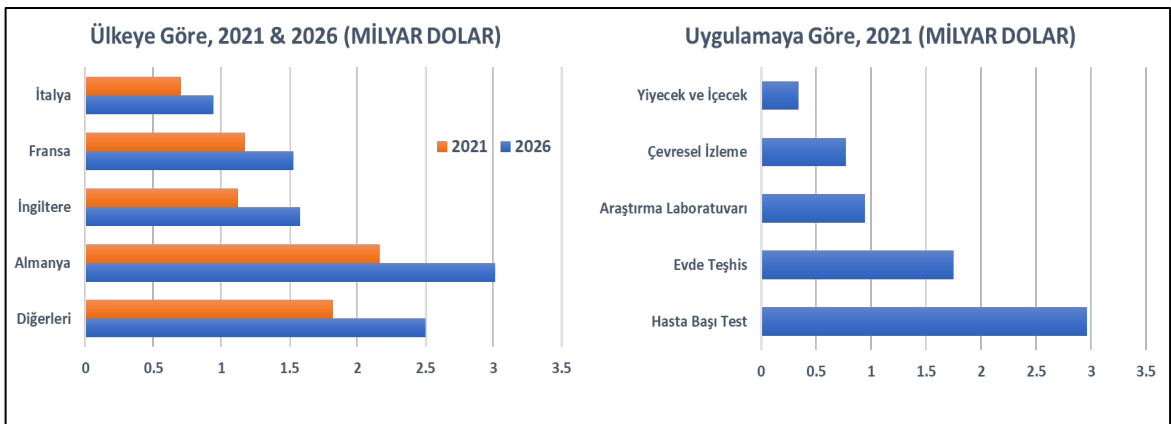
2.2.7. Sağlık Teknolojileri

Türkiye Pazarı, her üründe Dünya Pazarı'nın yaklaşık %1'i düzeyindedir. Medikal Görüntüleme alanında Röntgen Cihazları hariç üretici bulunmamaktadır. Medikal Görüntüleme Cihazlarında kullanılan herhangi bir kritik teknoloji içeren alt bileşen de ülkemizde üretilmemektedir. Röntgen cihazı üreticileri de KOBİ düzeyinde olup Dünya pazarından aldıkları pay da çok düşüktür. Röntgen cihazının yüksek gerilim jeneratörü, x-ray detektörü ve X-ray tüpü gibi teknik açıdan kritik birimleri ülkemizde üretilmemektedir.

Ülkemiz, biyosensör pazarında küçük bir paya sahiptir. Şekil 17'nin A bölümü, Avrupa'daki biyosensör pazarlarının ülkelere göre dağılımını göstermektedir. Ülkemiz, bu tabloda "Diğerleri" başlığı altında İspanya, Bulgaristan, Macaristan, Polonya, Romanya, Çek Cumhuriyeti, Hollanda, İsveç, İsviçre, Danimarka ile yer almaktadır. Görüldüğü üzere, bu ülkelerin toplam biyosensör pazar büyüklüğü 1,8 milyar ABD dolarıdır. Türkiye'nin de arasında bulunduğu bu ülkeler; sağlık hizmetleriyle ilgili ihtiyaçları için çoğunlukla Almanya, Fransa, İtalya ve İngiltere gibi diğer Avrupa ülkelerine bağımlıdır.

Şekil 17'nin B bölümündeki bilgiler ışığında, biyosensör pazarının uygulama alanlarına göre büyüklüklerine bakılacak olursa küresel dünya pazarında da hasta başı test tabanlı biyosensörler pazarın en büyük payına sahiptir.

Şekil 17: Avrupa Biyosensör Pazarının Büyüklüğünün Ünelere ve Uygulama Şekillerine Göre Dağılımı



Kaynak: Frost Sullivan²⁸

²⁸ Biosensors Market with Covid-19 Impact, Global Forecast to 2026", Report Code: SE 3097, MarketsandMarkets™, 2021

Ülkemizde tıbbi cihaz üretimi sadece yan sanayi olarak ve daha çok tanı/tedavide ürünlerindense yan ürünler olarak karşımıza çıkmaktadır (sarf malzemeleri, hastane sistemleri, yatak, yazılım). Bu esasında anlamlıdır zira tıbbi cihaz piyasasının %70'ini sarf malzemeleri oluşturmaktadır (tüpler, borular, bandajlar, tek kullanımlık parçalar gibi). Bunların da üretimi ve satımında gene aynı benzer zorlukta test ve onay süreçleri vardır. Bu durumda gene Türk üretici açısından yurtdışına bir bağımlılık olup, bu da ancak bir grup cesametli üreticinin maddi olarak altından kalkabileceği bir yüküdür. Bunun yanı sıra bu sarf malzemelerin ham maddeleri de ülkemize ciddi maddi ve zamansal külfetle gelebilmektedir. Hem malzemeyi daha ucuza alabilecek bir politik gücümüzün oluşması hem de bunlardaki vergi yükünün azaltılması, bu şirketlerin rekabet gücünü artırabilecektir. Ülkemizde gerekli testleri yapabilecek nitelikte merkez ve uzman azlığı da bu üreticilerin yurtdışına yönelmelerine yol açmakta, bu da günün sonunda bu aşamaya gelen girişimcilerin şirketlerini yurtdışına çıkararak (satarak) oradaki fonlarla bu işleri daha rahat ve hızlı yapabilmelerine yol açmaktadır. Bu durumda yerli üreticimizi yurtdışına kaptırarak hem bir bilginin yok olmasına hem de o ürünün gene Avrupa fiyatlarıyla ülkemize gelmesine yol açmaktadır.

Teknolojik dönüşümün etkisiyle hızla değişen sağlık sektöründe, rekabet gücünü koruyabilmek ve sektördeki yeniliklere uyum sağlayabilmek için Sanayi ve Teknoloji Bakanlığınca çalışmalar başlatılmış olup bu kapsamda Milli Teknoloji Hamlesi vizyonu ile kritik teknolojilerin üretim üssü olma yolunda hazırlanan Akıllı Yaşam ve Sağlık Ürün ve Teknolojileri Yol Haritası yürürlüğe alınmıştır. Yol Haritası çalışmaları kapsamında ülkemizde ve dünyadaki mevcut durum analiz edilerek ihtiyaçlar ortaya konmuş ve sağlık sektöründeki dönüşüme ülkemizin uyumunu kolaylaştırmak amacıyla stratejik hedefler ile kritik politika ve proje önerileri belirlenmiştir.

2.2.8. Savunma, Havacılık ve Uzay Sistemlerine Yönelik Elektronik Teknolojiler

Ataletsel navigasyon sistemleri ve teknolojileri alanında ülkemizde çeşitli kurumlar faaliyet göstermektedir. Navigasyon destek sistemlerinde de temel kaynak olarak uydu sinyalleri kullanılması yaygın bir çözümdür. Ancak uydu sinyallerinin kolaylıkla engellenmesi/karıştırılması mümkün olduğundan, alternatif destek sistemlerinin ataletsel navigasyon sistemleriyle entegre edilmesi elzemdir.

Ülkemizde yakın zamanda görüntü verilerinden navigasyon bilgisi üretebilen ürünleri pazara sunan firmalar mevcuttur. Bu sistemin yanı sıra, radyo navigasyon sistemi, özel alıcı-verici cihazlar ile bir radyo haberleşme ağı aracılığıyla konum belirleyebilen sistemler de

mevcuttur. T-129 ATAK helikopterleri için vizör yansıtımlı kaska entegre kumanda sistemi AVCI geliştirilmiştir. Milli Muharip Uçak Projesi kapsamındaki kask sistemi de yine özgün olarak geliştirilmektedir.

Ülkemizde mevcut durumda aviyonik platformlar için geliştirilmiş ve entegre edilmiş bir SVS sistemi bulunmamaktadır. Birçok son kullanıcı için ülkemizde üretilen Kara Şahin helikopterlerinde de henüz SVS kullanımı platforma dâhil edilmiş durumda değildir. Birçok savunma sanayi firmasının, Komuta kontrol alanında hazır temin gözlüklerle oluşturulan sanal kum havuzu çalışmalarının yanı sıra 3 boyutlu modelleme ve simülasyon üzerine çalışmalar yürütülmektedir.

2.2.9. Bilgisayar Donanımı

Türkiye'deki bilgisayar donanımı sektörü, Türkiye'deki teknoloji sektörünün önemli bir bileşenidir. Bilgisayar donanımı üreticileri, Türkiye'nin büyüyen bilgisayar pazarında etkin bir rol oynamaktadır. Bu sektör, özellikle son yıllarda mobil cihazlar ve dizüstü bilgisayarlar gibi taşınabilir cihazlar alanında önemli gelişmeler kaydetmiştir. Yerli üreticilerin ürettiği bilgisayar donanımı ürünlerinin kalitesi de artmaktadır. Sektörde, Ar-Ge çalışmaları ve yenilikçi ürünler geliştirme konusunda da çeşitli girişimler yapılmaktadır.

Türkiye'deki bilgisayar teknolojisi konusunda donanım üretimi kart düzeyinde yapılmakta iken mikroçip düzeyinde çalışmalar hız kazanmaktadır. Aselsan ve TÜBİTAK BİLGEM tarafından geliştirilen ÇAKIL işlemci projesi özgün çiplerin tasarlanmasının avantajı hem ekonomik bağımsızlık hem de siber güvenlik ihtiyaçları için önemli adımlardır. Buna ek olarak çeşitli kurumlar tarafından yürütülen SoC Projeleri teknoloji trendini yakalamak ve bilgi birikimini artırmak ve ekosistem oluşturmak adına önemli adımlardandır.

Bilgisayar donanımlarındaki x86 mimarisi temelli hâkimiyet kısa bir süre öncesine kadar devam etmekteydi. Bu kısıtı Apple firması bilgisayar donanımlarında kendi tasarladığı çiplerin tercih edilmesiyle zayıflatmıştır. Dünyadaki trend de ülkelerin kendi ihtiyaçlarına cevap verebilen Risc-V tabanlı işlemci ve çip geliştirmelerini kolaylaştırmıştır. Özellikle grafik işlemci konusunda Risc-V merkezli geliştirilecek özgün donanımlar ülkemizin hem yapay zekâ ve blok-zincir gibi teknolojilerde fizibilitesi yüksek çözümler geliştirmesine hem de ekonomik bağımsızlığına katkıda bulunacaktır.

2.2.10. Siber Güvenlik

Siber güvenlik alanında ülkemizde bugüne kadar önemli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. 20/10/2012 tarih ve 28447 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanan “Ulusal Siber Güvenlik Çalışmalarının Yürütülmesi, Yönetilmesi ve Koordinasyonuna İlişkin Bakanlar Kurulu Kararı” ve 5809 sayılı Elektronik Haberleşme Kanunu gereğince 20/06/2013 tarih ve 28683 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan 2013/4890 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile “2013-2014 Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve Eylem Planı” kapsamında, ülkemizin siber güvenliğine karşı siber ortamda ortaya çıkan tehditlerin belirlenmesi, muhtemel siber saldırı ve olayların etkilerini azaltılması veya ortadan kaldırılmasına yönelik önlemlerin geliştirilmesi ve belirlenen aktörlerle paylaşılması amacıyla Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu bünyesinde 27/05/2013 tarihinde Ulusal Siber Olaylara Müdahale Merkezi (USOM, TR-CERT) oluşturulmuştur. Ayrıca 2013-2014 Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve Eylem Planı çerçevesinde kamu kurum ve kuruluşları bünyesinde Siber Olaylara Müdahale Ekipleri (Kurumsal SOME, Sektörel SOME) oluşturulmuştur. USOM ve SOME’ler siber olayları bertaraf etmede, oluşması muhtemel zararları öncelemede veya azaltmada, siber olay yönetiminin ulusal düzeyde koordinasyon ve işbirliği içerisinde gerçekleştirilmesinde hayati önemi olan yapılardır. USOM ile Kurumsal SOME ve/veya Sektörel Saime’nin koordineli çalışması ve işbirliği halinde olması ulusal siber güvenliğimize katkı sağlamaktadır.

Ayrıca ülkemizde Türkiye Siber Güvenlik Kümelenmesi gibi organizasyonların da liderliğinde bir siber güvenlik farkındalığı oluşmuş durumdadır. Ancak genel farkındalık tüm ilgili unsurların siber güvenlik teknolojilerine uyum sağlamalarını kolaylaştıracak eğitim seviyesindeki iyileştirme ile sağlanacaktır.

Türkiye, siber güvenlik araştırma ve geliştirme projelerinde iş birliği yapmak üzere akademi, endüstri ve devlet kurumlarını bir araya getiren Türkiye Siber Güvenlik Kümesi’ ne ek olarak siber güvenlik araştırma ve geliştirmesini teşvik etmek için çeşitli girişimler oluşturmuştur. Ayrıca, kişisel verilerin korunmasına yönelik yasal çerçeveyi oluşturan 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu ve 5809 sayılı Elektronik Haberleşme Kanunu dâhil olmak üzere, siber güvenliği güçlendirmek için bir dizi politika ve düzenleme getirmiştir. Ek olarak, siber güvenlik şirketleri, danışmanlık firmaları ve akademik kurumlar da dâhil olmak üzere siber güvenlik araştırma ve geliştirmesine aktif olarak katılan bazı Türk şirketleri ve kuruluşları bulunmaktadır. Türk üniversiteleri siber güvenlik alanında derece programları sunmaktadır ve ayrıca bireylere ve kuruluşlara yönelik çeşitli siber güvenlik eğitim ve sertifika programları bulunmaktadır.

2.2.11. Tüketici ve Ev Elektronik

Türkiye'deki tüketici ve ev elektronik sektörü, son yıllarda önemli bir büyüme yaşamıştır. Gelişen teknolojiler, artan nüfus ve yükselen gelir seviyeleri, sektörün büyümesine katkı sağlamaktadır. Bu sektör dünya pazarına açılmakta ve yurt dışındaki tüketicilere de ürünler sunmaktadır. Yerli üreticiler, özellikle beyaz eşya, televizyon ve küçük ev aletleri alanında önemli bir konumdadır. Teknolojik yeniliklerle birlikte farklı ürün çeşitlerini tüketicilere sunmaktadır. Özellikle, akıllı cihazlar, kablosuz bağlantı teknolojileri ve yüksek çözünürlüklü görüntüleme gibi özellikler, tüketicilerin taleplerini artırmaktadır.

Türkiye'deki tüketici ve ev elektronik sektöründe, satış kanalları da farklılaşmaktadır. Geleneksel perakendecilik kanallarına ek olarak, e-ticaret platformları da önemli bir pazar oluşturmaktadır. Sektördeki büyüme ve çeşitlilik, istihdam olanaklarının artmasına da katkı sağlamaktadır. Üretim, satış, teknik servis, pazarlama ve Ar-Ge gibi farklı alanlarda iş imkânları mevcuttur.

2.3. Hedeflere Ulaşılmasının Önündeki Başlıca Sorunlar

Elektrik-elektronik sektörünün alt grupları ve üretilen başlıca ürünler Ekonomik Faaliyet Koduna (NACE Rev.4) göre aşağıdaki tabloda görülmektedir. Ülkemizde Elektronik ürünler, %84.3'lük ithalat oranına sahiptir. Elektrikli sanayi ürünlerinin ise %43.5'i ithaldir. İhraç edilen ürün gruplarında, beyaz eşya ürünleri, kablolar, televizyonlar ve enerji üretim ürünleri üst sıralarda yer almaktadır. Elektrik elektronik sektöründe; cep telefonları, bilgisayarlar, enerji üretim ürünleri ile test ve ölçüm cihazları ithalatı en yüksek ürünlerdir.

Aşağıdaki tablodan anlaşılacağı üzere elektronik bileşenlerin imalatı, iletişim ekipmanlarının imalatı ve test aletlerinin imalatı, ülkemizin Elektronik sektöründe en fazla açık verdiği alanlardır ve kritik öneme sahip alanlar olduğu değerlendirilmektedir. Özellikle elektronik test ekipmanları pazarının dünyadaki büyüklüğüne de bakılması projeksiyon çizilmesi açısından faydalı olacaktır. Elektronik sanayisinin gelişiminde hedeflere ulaşılmasının önündeki başlıca diğer sorunlar birkaç başlıkta ele alınabilir.

Sektörün hızlı bir şekilde gelişmesi ve teknolojik yenilikleri takip etmesi ciddi miktarda yatırım gerektirir. Ancak, bu tür yatırımları destekleyecek finansman kaynaklarına erişim sınırlı olmaktadır. Elektronik sektörü, özellikle yüksek teknolojlü ürünlerin tasarımı ve üretimi için nitelikli işgücüne ihtiyaç duyar. Yetenekli mühendislerin, teknisyenlerin ve diğer profesyonellerin eksikliği, sektörün büyümesini engellemektedir.

Teknolojik Altyapı ve Ar-Ge Eksikliği: Elektronik sanayisi sürekli olarak yenilikçi teknolojilere ve Ar-Ge'ye dayanır. İlgili gelişmiş laboratuvarlar ve test tesisleri gibi uygun teknolojik altyapıyı gerektirir. Bu tür altyapının eksikliği, sektörün büyümesini kısıtlayabilir. Elektronik ürünlerin üretimi ve satışı genellikle karmaşık düzenlemeler ve standartlara tabidir. Bu düzenlemelerin anlaşılması ve uygulanması zor olmakta, bu durum da sektörün gelişmesini engelleyebilmektedir.

Tablo 2: Elektronik Sanayinde Cari Açık Verilen Alt Sektörlerin Dağılımı (2021)

NACE	TANIM	İTHALAT (MİLYAR \$)	İHRACAT (MİLYAR \$)	CARİ AÇIK (MİLYAR \$)
2611	Elektronik bileşenlerin imalatı	1,111	0,189	0,922
2612	Yüklü elektronik kart imalatı	0,209	0,022	0,187
2620	Bilgisayar ve bilgisayar çevre birimleri imalatı	2,958	0,126	2,832
2630	İletişim ekipmanlarının imalatı	4,741	0,197	4,544
2640	Tüketici elektroniği ürünlerinin imalatı	2,024	1,192	0,832
2651	Ölçme, test ve seyrüsefer amaçlı alet ve cihazların imalatı	3,839	0,543	3,296
2652	Kol saatlerinin, masa ve duvar saatlerinin ve benzerlerinin imalatı	0,218	0,035	0,184
2660	Işınlama, elektro medikal ve elektro terapi ile ilgili cihazların imalatı	0,509	0,066	0,443
2670	Optik aletlerin ve fotografik ekipmanların imalatı	0,501	0,079	0,422
2680	Manyetik ve optik kaset, bant, cd, vb. ortamların İmalatı	0,011	0,002	0,009
26 Grubu Toplam		16,121	2,450	13,671
2711	Elektrik motorlarının, jeneratörlerin ve transformatörlerin imalatı	2,187	1,762	0,425
2712	Elektrik dağıtım ve kontrol cihazları imalatı	1,875	0,932	0,942
2720	Aktümülatör ve pil imalatı	0,649	0,362	0,287
2731	Fiber optik kabloların imalatı	0,073	0,076	-0,003
2732	Diğer elektronik ve elektrik telleri ve kablolarının imalatı	0,481	1,911	-1,429
2733	Kablolamada kullanılan gereçlerin imalatı	0,828	0,511	0,317
2740	Elektrikli aydınlatma ekipmanlarının imalatı	0,438	0,443	-0,005
2751	Elektrikli ev aletlerinin imalatı	0,922	4,800	-3,877
2752	Elektriksiz ev aletlerinin imalatı	0,063	0,472	-0,409
2790	Diğer elektrikli ekipmanların imalatı	1,719	0,281	1,437
27 Grubu Toplam		9,235	11,551	-2,315
Genel Toplam		25,356	14,001	11,356

Kaynak: Elektronik Sanayii Sektör Raporu 2021 (trademap.org)

Elektronik ürünler genellikle çok sayıda bileşeni içerir ve bu bileşenler genellikle dünya çapında tedarik edilir. Küresel tedarik zinciri sorunları, malzeme maliyetlerini artırabilir ve üretim sürelerini uzatabilir, bu da sektörün büyümesini dolayısıyla engelleyecektir. Elektronik üretimi genellikle yüksek enerji tüketimine sahiptir. Enerji maliyetlerinin artması, elektronik üreticilerinin kâr marjlarını sıkıştırabilir ve sektörün genel büyümesini engellemektedir. En son olarak elektronik ürünlerin üretimi ve atılması, önemli çevresel sorunlara yol açmaktadır. (Örn. Eskiyen bataryalar). Sektör, çevresel etkileri yönetme ve atık yönetimini etkin bir şekilde ele almak için çözümler bulmak zorundadır.

3. PLAN DÖNEMİ PERSPEKTİFİ

3.1. Temel Amaç ve Politikalara Dönük Uygulama Stratejileri ve Tedbirler

Elektronik sanayisinin Türkiye’de gelişmesi için temel hedefler ve politikalara uygun stratejiler ve önlemler aşağıda belirtilmiştir:

- **Ar-Ge ve İnovasyonu Teşvik Etmek:** Ar-Ge ve inovasyon, elektronik sektörünün rekabetçilik ve büyümesi için kilit faktörlerdir. Hükümet, üniversite ve özel sektör arasındaki işbirliğini teşvik eden politikaları desteklemeli ve uygulamalıdır. Ayrıca, yeni teknolojileri ve ürünleri geliştirmek için gerekli olan Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarını teşvik etmek için vergi indirimi, hibe ve kredi gibi teşvikleri sunmalıdır.
- **Eğitim ve Yetenek Geliştirme:** Elektronik sektörü, mühendislik, yazılım geliştirme, veri analizi gibi teknik becerilere sahip yetenekli bir iş gücüne ihtiyaç duyar. Bu nedenle, bu alandaki yetenekleri geliştirmek ve elektronik sektörüne daha fazla iş gücü sağlamak için eğitim programlarına ve mesleki eğitime yatırım yapılmalıdır.
- **Yatırım Ortamını İyileştirmek:** Yabancı yatırımcıları çekmek ve yerli yatırımcıları teşvik etmek için yatırım ortamının iyileştirilmesi gerekmektedir. Bürokratik engellerin azaltılması, hukuki ve düzenleyici belirsizliklerin giderilmesi ve iş yapma kolaylığının artırılması bu konuda önemli adımlardır.
- **Altyapıyı Güçlendirmek:** Elektronik sanayi, güçlü bir lojistik ve iletişim altyapısına dayanmaktadır. Bu nedenle, ulaşım ağlarını, enerji tedarikini ve dijital altyapıyı güçlendirmek için yatırım yapılmalıdır.
- **Teknoloji Transferini Desteklemek:** Yerli firmaların daha fazla teknolojik bilgi ve yetenek kazanmalarını sağlamak için teknoloji transferi politikaları uygulanmalıdır. Bu, işbirlikleri, ortaklıklar ve lisanslama anlaşmaları aracılığıyla olabilir.
- **Milli Teknoloji Hamlesini Benimsemek:** Elektronik sanayi, Milli Teknoloji Hamlesi kapsamında benimsenen teknolojiler olan yapay zekâ, otomasyon, büyük veri analizi ve IoT gibi başlıklara önemli ölçüde bağlıdır. Türkiye’nin bu teknolojileri benimsemesi ve elektronik sektöründe uygulaması, sektörün rekabetçilik ve verimlilik açısından büyümesine yardımcı olacaktır.

3.1.1. Mevzuat Alanında Yapılması Gereken Düzenlemeler

Elektronik sanayiini iyileştirecek Ar-Ge ve inovasyon destekleri çerçevesinde, mevzuat kapsamında gerçekleştirilebilecek hususlara ilişkin öneriler aşağıda belirtilmiştir:

- **Ar-Ge ve İnovasyon Teşvikleri:** Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerinde bulunan firmalar için finansal teşvikler sağlanabilir. Bu teşvikler, vergi indirimleri, Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerinde kullanılan ekipman ve malzemeler üzerindeki KDV'nin düşürülmesi veya Ar-Ge personelinin maaşları üzerindeki verginin azaltılması şeklinde olmalıdır. Uluslararası Ar-Ge projelerine katılım teşvik edilebilir. Bu projelerde yer almak, firmaların küresel trendleri takip etmelerini, yeni teknolojileri ve iş modellerini öğrenmelerini sağlar. Bunun yanında, bu tür projelere katılım için mali destekler sağlanabilir.
- **Ar-Ge Merkezleri:** Firmaların Ar-Ge merkezleri kurmaları teşvik edilebilir. Ar-Ge merkezleri, teknoloji geliştirme, yeni ürün tasarımı ve mevcut ürünlerin iyileştirilmesi gibi faaliyetlerde bulunabilir. Bu merkezlerin kurulumu ve işletilmesi için devlet destekleri sağlanabilir.
- **Üniversite-Kamu-Endüstri İşbirliği:** Üniversitelerle işbirliği içinde yürütülen Ar-Ge projelerine ek teşvikler verilebilir. Bu, yeni teknolojilerin ve inovatif fikirlerin ticarileştirilmesini teşvik eder. Üniversite, kamu ve endüstri işbirliğine yönelik modeller kurulmalı, bu kapsamda üçlü konsorsiyumlarla ilgili alanlarda mükemmeliyet merkezleri kurulmalıdır.
- **Start-Up Destekleri:** Elektronik sektöründe inovasyon yapan start-up'ların büyümesi teşvik edilebilir. Bu, hızlandırıcı programlar, melek yatırımcı ağları ve devlet fonları gibi çeşitli mekanizmalarla sağlanacaktır.
- **Patent ve Fikri Mülkiyet Destekleri:** Yeni teknolojileri ve inovatif fikirleri patentleme süreci, genellikle zaman alıcı ve maliyetli olabilir. Bu nedenle, patent başvurularında bulunan firmalara ve bireylere destek sağlanmalıdır.
- **Yatırım Teşvikleri:** Elektronik sanayiine yatırım yapan firmalar için vergi indirimleri, düşük faizli krediler veya hibeler gibi teşvikler sağlanmalıdır. Bu, yerli ve yabancı yatırımcıları sektöre çekecektir.

- **Eğitim ve İşgücü Politikaları:** Elektronik endüstrisi için nitelikli işgücü sağlamak amacıyla teknik ve mesleki eğitim programlarına yasal destek sağlanmalıdır. Bu, özellikle STEM (bilim, teknoloji, mühendislik, matematik) alanlarında eğitim gören gençlere yönelik olmalıdır.

3.1.2. Kurumsal Yapıyı İyileştirmeye Yönelik Düzenlemeler

Elektronik sanayiinin ülkemizde gelişmesi için kurumsal yapının iyileştirilmesi, bir dizi strateji ve adım gerektirir. Kurumsal yapının iyileşmesi için aşağıdaki hususlara önem verilmelidir:

- Her şeyden önce, elektronik sanayiine yönelik kurumsal hedeflerin açık bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu hedefler, sektörün genel durumuna, ülkenin ekonomik durumuna ve elektronik sanayii alanındaki uluslararası trendlere dayanmalıdır.
- Elektronik sanayiinin gelişmesi için, devlet kurumları, özel sektör, akademik kurumlar ve diğer ilgili taraflar arasında kurumsal işbirliği sağlanmalıdır. Bu işbirliği, bilgi paylaşımını, inovasyonu ve sektörel büyümeyi teşvik eder.
- Elektronik sanayii, teknik bilgi ve beceri gerektiren bir sektördür. Bu nedenle, yetenek yönetimi, işe alım, eğitim ve personel gelişimi gibi konulara özel önem verilmelidir.
- Kurumsal yapının, teknoloji ve inovasyon odaklı olması gerekmektedir. Bu, teknolojik trendleri takip etmeyi, yeni teknolojileri benimsemeyi ve inovasyonu teşvik etmeyi içerir.
- Kurumsal yapı, sürekli iyileştirme ve adaptasyon prensiplerine dayanmalıdır. Bu, sürekli olarak iş süreçlerini, politikaları ve stratejileri gözden geçirmeyi ve iyileştirmeyi gerektirir.
- Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) yönetim kavramını “bir ülkenin ekonomik ve sosyal kaynaklarının yönetiminde sahip olunan güç ve yetkilerinin kullanımı” olarak tanımlamaktadır. İyi bir yönetim yapısı, kararların açıklığı, hesap verebilirlik ve adil bir iş ortamının sağlanmasını içerir.
- Pozitif, inovasyon ve başarıya odaklı bir kurumsal kültür oluşturulmalıdır. Bu, çalışanların motivasyonunu artırır ve iş yerinde daha yüksek verimlilik ve tatmin sağlar.

Yukarıda belirtilen ilgili stratejiler ve adımlara önem verilmesi, elektronik sanayii alanında kurumsal yapının iyileştirilmesine yardımcı olacaktır.

3.1.3. İnsan Kaynakları Alanında Yapılması Gerekenler

Elektronik sanayii gibi hızlı gelişen ve teknik bilgi gerektiren bir alanda, insan kaynakları yönetimi hayati bir rol oynar. İşte bu alanda yapılması gerekenler:

- **Teknik Eğitim:** Elektronik sanayii, büyük ölçüde teknik eğitim ve becerilere ihtiyaç duyar. Bu yüzden, teknik eğitim programları oluşturulmalı ve işe alınan personelin bu alanda yeterli bilgiye ve beceriye sahip olduğundan emin olunmalıdır.
- **Sürekli Öğrenme:** Teknoloji hızla ilerlediği ve yer yer değiştiği için, sürekli öğrenme ve gelişim teşvik edilmelidir. Çalışanlar, yeni teknolojileri, teknikleri ve yöntemleri öğrenmeye teşvik edilmelidir.
- **Yetenek Havuzu Oluşturma:** Elektronik sanayiinde iyi eğitilmiş ve deneyimli profesyonellere olan ihtiyaç, yetenek havuzu oluşturmayı zorunlu kılar. Bu, potansiyel işe alımlar için bir veri tabanı oluşturmayı ve yetenekleri çeşitli kanallardan (üniversiteler, teknik okullar, iş fuarları vb.) çekmeyi içerir.
- **Kariyer Yolu Oluşturma:** Çalışanların, şirket içinde büyümek ve gelişmek için bir yolun olduğunu görmesi önemlidir. Bu, daha yüksek çalışan memnuniyeti ve sadakati sağlar ve ayrıca en yetenekli bireylerin şirkette kalmasını teşvik eder.
- **İşe Alım Stratejileri:** İşe alım süreçleri, elektronik sanayiinin özel gereksinimlerine uyacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu teknik mülakatlar ve beceri testleri gibi tekniklerin kullanılmasını içerebilir.
- **Çalışanların Motivasyonu:** İş memnuniyeti ve motivasyonu, herhangi bir işyerinde verimliliği ve başarıyı artırır. Bu nedenle, çalışanların motivasyonunu artıracak politikalar ve uygulamalar (performansa dayalı ödüller, esnek çalışma saatleri, çalışan gelişim fırsatları vb.) benimsenmelidir. Örneğin çok kritik teknolojilerin geliştirildiği silikon vadisi gibi yerlerde teknoloji alanında çalışanlara olağanüstü haklar ve vergisel muafiyetler tanımlanmaktadır. Bilişim ve elektronik sektörü için uzaktan çalışma süreci de teşvik edilebilir.
- **Çeşitlilik ve Dâhil Etme:** Çeşitlilik ve dâhil etme, farklı bakış açıları ve fikirler getirerek yenilik ve yaratıcılığı teşvik eder. Bu, çeşitli yaş, cinsiyet, etnik köken ve deneyimlere sahip bireylerin işe alınmasını ve desteklenmesini gerektirir.

Yukarıdaki adımların sürece uygulanması elektronik sanayiinin insan kaynakları yönetiminin etkinliğini artırarak bu sektörün genel gelişimine katkıda bulunacaktır.

3.1.4. Altyapıyı İyileştirmeye Yönelik Yapılması Gerekenler

Elektronik sanayiinin etkin bir şekilde geliştirilmesi ve sürdürülmesi, güçlü ve modern bir altyapının varlığına bağlıdır. Bu altyapıyı iyileştirmeye yönelik atılması gereken adımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- **Teknolojik Altyapının Modernizasyonu:** Sanayi tesislerinin teknolojik donanımlarının sürekli olarak güncellenmesi, elektronik sanayiinde verimliliği ve üretim kalitesini artıracaktır. İlgili modernizasyon en son makine ve ekipmanların satın alınmasını ve eski teknolojilerin yerine yeni ve daha etkili olanların kurulmasını içerir.
- **Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı:** İlgili sektör bilgiye en hızlı şekilde ulaşılmasına bağlı olarak gelişmekte olan bir sektördür. Bu sebeple iletişim ağları ve bilgi yönetim sistemlerinin geliştirilmesi, sektörün etkinliğini ve rekabet edebilirliğini artırır. Sonuç olarak çalışanlara ve kurumlara güvenli ve etkin bir veri değişimini garanti edebilir ve iş süreçlerinin otomasyonuna olanak sağlayabiliriz.
- **Fiziksel Altyapının İyileştirilmesi:** Üretim tesislerinin, lojistik merkezlerinin ve diğer fiziksel altyapıların modernizasyonu ve genişletilmesi, üretim kapasitesini artırır ve tedarik zinciri verimliliğini iyileştirir.
- **Enerji Altyapısı:** Enerji verimliliğini artırmak ve sürdürülebilir üretim uygulamalarını teşvik etmek için enerji altyapısının modernizasyonu gereklidir. Bu, enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanılmasını ve yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunu içerir.
- **Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Altyapısı:** Elektronik sanayiinin sürekli inovasyon ve gelişim gerektirdiği göz önünde bulundurulduğunda, Ar-Ge tesislerinin ve kapasitesinin genişletilmesi hayati önem taşır. Bu, Ar-Ge laboratuvarlarının kurulması ve genişletilmesini, yeni ürün ve teknolojilerin geliştirilmesine yönelik projelerin desteklenmesini içerir. Ayrıca kurumlarla ortak mükemmeliyet merkezleri kurularak önümüzdeki yıllarda çok daha kritik öneme sahip olacak yarı-iletken ve bileşen teknolojileri, sensör teknolojileri, vb. teknolojiler üzerine işbirlikli olarak yoğunlaşılmalıdır.
- **Eğitim ve Beceri Geliştirme Altyapısı:** Elektronik sanayiinin yetenekli ve teknik olarak yetkin iş gücüne ihtiyacı vardır. Bu, teknik ve mesleki eğitim programlarının ve merkezlerinin geliştirilmesini ve genişletilmesini gerektirir.

Yukarıdaki adımların uygulanması, elektronik sanayiinin altyapısını güçlendirecek ve sektörün genel performansını ve rekabet gücünü artıracaktır.

3.1.5. Önemli Projeler, Mali Yükü ve Finansmanı

Elektronik sanayii ile ilgili önemli projeler genellikle, teknolojik yenilikler, sektörün kapasitesinin artırılması ve hedef pazarlara ulaşma gibi alanlara odaklanır. Bu projeler genellikle aşağıdaki konuları içerir:

- Ar-Ge Projeleri genellikle yeni ürünler, hizmetler veya teknolojiler geliştirmeye odaklanır. Maliyetler, araştırma süreci, prototip oluşturma, testler ve ürün geliştirme gibi faktörlere bağlıdır. Finansman genellikle hükümetten, özel yatırımcılardan veya Ar-Ge için belirli fonlardan gelir.
- Üretim ve Kapasite Artırma Projeleri genellikle üretim kapasitesini genişletmek veya iyileştirmek için yürütülür. Maliyetler genellikle yeni makine ve ekipman satın alımını, tesislerin genişletilmesini veya modernizasyonunu içerir. Finansman genellikle banka kredileri, özel yatırımcılar veya hükümet destek programlarından sağlanır.
- Pazarlama ve Satış Projeleri bir şirketin hedef pazarlara ulaşma veya pazar payını artırma çabalarına odaklanır. Maliyetler genellikle pazar araştırması, reklam ve tanıtım, satış kanallarının geliştirilmesi ve müşteri hizmetlerini içerir. Finansman genellikle şirketin operasyonel bütçesinden karşılanır.
- Eğitim ve Yetenek Geliştirme Projeleri işgücünün beceri ve yeteneklerini geliştirmeye odaklanır. Maliyetler genellikle eğitim programları, atölye çalışmaları, sertifika kursları ve yetenek geliştirme girişimlerini içerir. Finansman genellikle hükümet destek programları, özel eğitim sağlayıcıları veya işverenler tarafından sağlanır.

Her projenin mali yükü ve finansmanı, proje boyutuna, ölçeğine ve hedeflerine bağlıdır. Genellikle projelerin başarılı bir şekilde uygulanması için çeşitli finansman kaynaklarının kombinasyonuna ihtiyaç vardır. Bu, özel yatırımcılar, hükümet destek programları, banka kredileri ve şirketin kendi kaynaklarını içerebilir. Ayrıca, her projenin, maliyetlerin kontrol altında tutulmasını ve proje hedeflerine ulaşılmasını sağlamak için etkili bir maliyet yönetimi ve denetim sürecine ihtiyacı vardır. Yarı-iletken ve tümdevre teknolojileri, sensör teknolojileri, siber güvenlik, 5G/6G teknolojileri, tüketici elektroniğine yönelik çalışmalar gibi gelişmiş teknolojilere yönelik projelerin maliyetleri genellikle oldukça yüksektir. Bunların finansmanı

ve maliyetlerinin karşılanması konusunda aşağıdaki stratejiler kullanılmalıdır:

1. **Devlet Destekleri:** Bu projeler genellikle ülkelerin teknolojik kapasitesini ve rekabet gücünü artırır. Dolayısıyla, devletler genellikle bu tür projelere mali ve maddi destek sağlarlar. Bu, hibe programları, vergi teşvikleri veya özel Ar-Ge fonları şeklinde olabilir.
2. **Özel Sermaye ve Yatırımcılar:** Özel sermaye fonları, risk sermayesi firmaları ve melek yatırımcılar genellikle bu tür teknoloji projelerine yatırım yapmaya isteklidirler. Onlar için potansiyel bir yüksek getiri ve inovasyon potansiyeli sunarlar.
3. **Ortaklık ve İşbirlikleri:** Bu tür projeler genellikle çok sayıda paydaşı ve katılımcıyı içerir. Dolayısıyla, farklı organizasyonlar ve kurumlar arasında ortaklık ve işbirlikleri maliyetleri paylaşabilir ve daha büyük projeleri mümkün kılabilir.
4. **Üniversite ve Araştırma Enstitüleri:** Akademik ve araştırma enstitüleri genellikle bu tür projelere kaynak sağlarlar. Ayrıca, gelişmiş teknolojiler üzerine yapılacak araştırmalar genellikle üniversiteler ve araştırma merkezleri tarafından yürütülür ve finanse edilir.
5. **Kredi ve Borç Finansmanı:** Bankalar ve diğer finans kuruluşları, bu tür projeleri finanse etmek için süreci izleyebilecek kalkınma ajansları, ticaret odaları vb. kuruluşlar üzerinden kredi ve borç finansmanı sağlayabilirler.

Bu finansman stratejileri, projenin boyutuna, kapsamına ve hedeflerine bağlı olarak birleştirilebilir ve uyumlu bir şekilde kullanılabilir. Yine de, bu tür projeler genellikle uzun vadeli yatırımları ve sabırlı sermayeyi gerektirir, çünkü teknolojik gelişmelerin ve inovasyonların getirileri genellikle zaman alır ve belirsiz olabilir.

3.2. On İkinci Plan Dönemi ve Uzun Erimli Hedefler

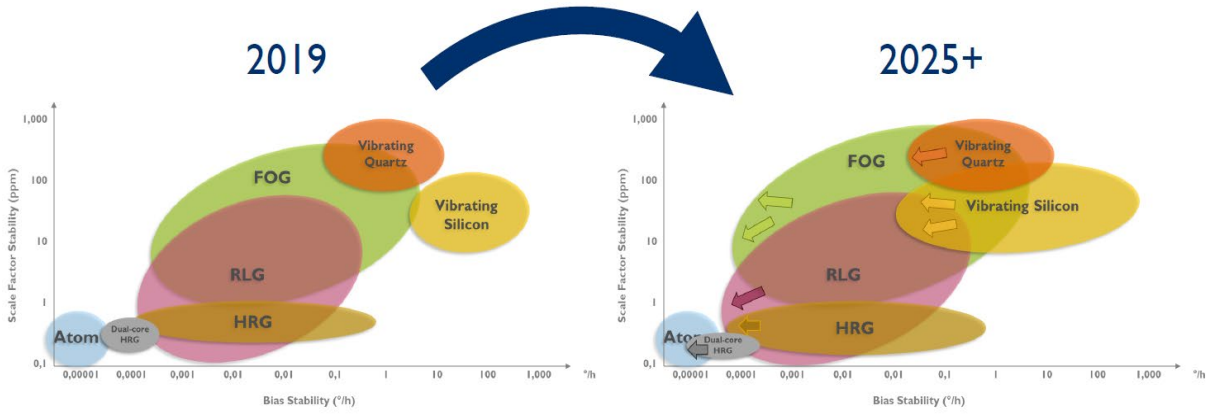
3.2.1. Sensör Teknolojileri

Hava basınç sensörü için yurt dışına olan bağımlılığı sonlandıracak çalışmaların yürütülmesi gerekmektedir. Bu bağımlılık sebebiyle ülkemizde geliştirilen Air Data Unit (ADU) ekipmanının yurt dışı satışlarında ihracat kısıtlamaları ile karşılaşılması muhtemeldir. Benzer şekilde, ADU ekipmanlarının takılacağı yerli hava araçlarımızın ihracatında da basınç sensörü kaynaklı kısıtlamalara maruz kalınması muhtemeldir. Hava basınç sensörü geliştirilmesi alanındaki faaliyetlerin önümüzdeki süreçte devlet tarafından desteklenmesinin ülke kalkınmasına yüksek fayda sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Önümüzdeki beş yıllık dönemde, MEMS dönü-ölçerlerin taktik seviyeden navigasyon seviye performansa çıkması beklenmektedir. Beklenen gelişmenin sağlanması durumunda ataletsel navigasyon uygulamalarında MEMS dönü-ölçer ürünlerinin kullanılması mümkün olacaktır. Ülkemizin MEMS ataletsel algılayıcı teknolojisinden geri kalmaması için bu teknolojiye yatırım yapılması büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple taktik seviye üstü veya navigasyon seviye MEMS dönü-ölçer ve ivmeölçerlerin, milli olarak geliştirilebilmesi, entegre edildikleri platformların yurtdışı firmalarla rekabet edebilmeleri için oldukça önemlidir.

MEMS Dönüölçer ve İvmeölçer teknolojilerinin önümüzdeki süreçte devlet tarafından desteklenmesinin ülke kalkınmasına yüksek fayda sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Şekil 18: YOLE Development MEMS Dönüölçer Pazar Araştırması



Kaynak: [7]

Sensör sektöründe tüm dünyada yükselmekte olan önemli bir diğer alan ise akıllı sensörlerdir. Gelişen teknolojiyle birlikte IoT, otomasyon, kişisel sağlık izleme gibi alanlardaki uygulamalar artmakta ve gittikçe yaygınlaşmaktadır. Akıllı sensörler de bu uygulamaların gerçekleşmesini sağlayan en önemli bileşenlerden biridir. Akıllı sensörler, fiziksel ortamdan gelen girdileri yalnızca toplamak ve sayısallaştırmakla kalmayan; bunun yanında bu verileri analiz edip işleyebilen ve sonuçların iletimini de gerçekleştiren sensörlerdir. Aynı zamanda Endüstri 4.0 paradigmasındaki en temel bileşen olan akıllı sensörler, gerçek zamanlı ve faydalı bilgi akışı sağlayarak üretimde verimliliği ve esnekliği artırmaktadır.

Dünyada akıllı sensör pazarının yıllık ortalama %20,1 civarında bir büyüme hızı ile 2030'da 156,4 milyar ABD doları büyüklüğe ulaşması beklenmektedir²⁹. Son yıllarda akıllı

²⁹ "Smart Sensor Market and Region Forecast, 2022 – 2030, Acumen Research and Consulting", Ocak 2023. <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2023/01/31/2599022/0/en/Smart-Sensor-Market-Size-to-Touch-USD-156-4-Billion-By-2030.html>

sensörlere yapay zekanın da entegre edilmesiyle verimlilik ve performanslarını daha da artıran çözümler üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Akıllı sensörlerin en yaygın kullanım alanı otomotiv endüstrisi olup akıllı sensör pazarının yaklaşık dörtte birini kapsamaktadır.³⁰ Akıllı sensörlerin kullanımında öne çıkan diğer alanlar, giyilebilir elektronikler ve sağlık hizmeti uygulamalarıdır.

Sensör pazarında önümüzdeki 10 yılda epey yüksek bir büyüme hızı ön görülmektedir (Bknz. Bölüm 2.1.1). Ayrıca bu alanda ülkemizde ithalatın ihracatı karşılama oranı oldukça düşüktür. Pazarın beklenen büyüme hızı göz önüne alındığında, mevcut koşulların sürdürülmesi halinde bu alandaki dış ticaret açığının da katlanarak artacağı görülmektedir. Akıllı sensörler pazarı ile ilgili yukarıda verilen istatistikler göz önünde alındığında bu alandaki büyüme hızının genel sensör pazarındaki büyümenin de oldukça üstüne olduğu görülmektedir. Sensörlerin akıllı hale getirilmesi, onları katma değeri çok daha yüksek ürünler haline getirilmektedir.

Yine Bölüm 2.1.1.'de de belirtildiği gibi mevcut veriler ışığında ülkemizde sensör geliştirme ve üretim faaliyetlerinin desteklenmesi bu alanda oldukça yüksek olan dışa bağımlılığın azaltılması gerekse dış ticaret açığımızın düşürülmesi için kritiktir. Teşvik ve destek uygulamalarında akıllı sensörlere öncelik verilmesi ise bu hedeflere ulaşma konusunda çok daha etkin ve hızlı bir şekilde sonuç alınmasını sağlayacak ve kaynakların daha verimli kullanılması sonucunu da doğuracaktır.

Sensörlerin uygulama amacına göre yapılan sınıflandırmada ise, pazarda en büyük pay sahibi olan biyosensörlerin (Bknz. Bölüm 2.1.1) bu hâkimiyetini 2030 yılına kadar sürdürmesi beklenmektedir. Bu durum göz önüne alındığında biyosensörler de geliştirme ve üretim çalışmalarının desteklenmesine ihtiyaç duyulan ve desteklerin getirisinin yüksek olacağı ön görülen alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Biyosensör alanındaki gelişmeler ve hedefler “3.2.7. Sağlık Teknolojileri” başlığı altında detaylı olarak verilmektedir.

3.2.2. İletişim Teknolojileri

Telekomünikasyon sektöründe mobil iletişim teknolojileri alanında önemli bir değişim görülmekte, geleneksel mimarilerden her zaman ve her yerde bağlantıyı hedefleyen, daha esnek, yapay zekâ, bulut, kuantum tabanlı 5G ve ötesinde 6G mimarilere doğru ilerleyen bir dönüşüm yaşanmaktadır. 5G ve ötesi şebekelerin sunmayı hedeflediği altyapıların, hizmet ve uygulamaların, diğer sektörlerin dijital dönüşüm süreçlerini de etkilemesi; eğitimden sağlığa,

³⁰ <https://www.market-prospects.com/articles/the-development-of-smart-sensor-technology>

ulaşımdan eğlenceye, tarımdan sanayiye, enerjiye, kullandığımız ev cihazlarından, otomobillerimize birçok sahada, otonom süreçlere doğru ilerleyerek yaşamın her alanında genişlemesi beklenmektedir. Bu durum sektördeki büyük fırsatların yanı sıra olası tehditleri de beraberinde getirmekte güvenlik önlemlerine gösterilmesi gereken hassasiyeti de artırmaktadır. Dolayısıyla elektronik haberleşme altyapılarında, son kullanıcı ürünlerinde Ar-Ge'ye dayalı yerli ve milli rekabetçi üretim, alanın hızla genişleyen potansiyeli ve yüksek katma değerinin yanı sıra şebeke ve son kullanıcı ürünlerinin güvenliği açısından da büyük önem arz etmektedir. Bu yaklaşımla kritik teknolojilerden biri olan telekomünikasyon (haberleşme) teknolojilerinde uygulanmasında fayda görülen politika ve tedbirler aşağıda sıralanmıştır:

- Ülkemizde 4.5G baz istasyonu tasarımı ve üretimiyle başlayan, 5G altyapılarında devam eden fiziksel ağ ve çekirdek ağdaki elektronik haberleşme altyapı bileşenlerinin üretim sürecinin verimliliğinin artırılarak sürdürülebilirliğinin sağlanarak devam etmesi, ulusal ve uluslararası şebekelerde yaygın kullanımının desteklenmesi, 6G'de uluslararası pazarda rekabet edebilen, çok sayıda hizmet ve uygulamanın piyasaya sürülebilmesinin hedeflenmesi son derece önemlidir.
- Bu nedenle 5G ve ötesi teknolojilerde yerli elektronik haberleşme altyapı bileşenlerinin Ar-Ge ve üretim faaliyetlerinin teşvik edilmeye devam etmesi gerekmektedir.
- 5G ve ötesi teknolojilerdeki teşviklerin sistematik hale getirilerek çağrılarının düzenli aralıklarla açılması, kapsam ve miktarının artırılması gerekmektedir.
- 5G ve ötesi teknolojilerde uzun vadeli başarıların yakalanması, patentlenebilir ve uluslararası standartlara girebilir nitelikte temel teknolojik çözüm ve algoritmalar geliştirilmesi için Ar-Ge destekleri temel araştırmalar, ara ürün, son ürün, hizmet ve uygulamaları içerecek şekilde genişletilerek eş zamanlı yürütülmeli, ayrıca üretim destekleri sağlanmalıdır.
- 5G ve ötesi teknolojilerde hem güncel gelişmelerin yakından takibi hem de standartlara katkı sağlanarak yüksek katma değer elde edilebilmesi için bu alanda öne çıkan standart kuruluşlarının çalışmalarına düzenli katılımın, ulusal işbirliğini ve bilgi paylaşımı sağlayacak biçimde organize edilmesi ve desteklenmesi gerekmektedir.
- 5G ve ötesi teknolojilerde yeni test altyapılarının kurulmasının, mevcut altyapıların güncellenmesinin desteklenmesi; söz konusu altyapıların verimli

kullanımı için alanda faaliyet gösteren tarafların ortak kullanımına açık olması gerekmektedir.

- 5G ve ötesi teknolojilerde nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesi ve ülkemizdeki projelerde istihdamının sağlanmasına yönelik yeni teşvik mekanizmaları hayata geçirilmelidir.
- 5G ve ötesi teknolojilerde uygulama ve servisler için modül veya terminal geliştirilmesi de son derece önemlidir. Bu kapsamda mobil telefonlar, sabit kablosuz erişim cihazları (Fixed Wireless Access, FWA), dikey sektörlerde de yaygın kullanılan IoT cihazları ve Nano Nesnelerin İnterneti (Internet of Nano Things, IoNT), Nesnelerin Yapay Zekâsı (Artificial Intelligence of Things, AIoT) gibi teknolojilerin geliştirilmesinin teşvik edilmesi gerekmektedir.
- 5G ve ötesi teknolojilerde dikey sektörlerin gereksinimlerinin uçtan uca karşılanmasına yönelik çalışmalar yapılmasının cihaz ve uygulamalar geliştirilmesinin desteklenmesi gerekmektedir. Bu noktada öne çıkan dikey sektörler ve uygulama alanları arasında akıllı araç ve ulaşım sistemleri alanında araçtan herşeye (Vehicle to Everything, V2X) veri aktarımı yoluyla sürüş güvenliği ve katma değerli hizmetler sunulmasına yönelik cihaz ve uygulamalar; robotik cihaz ve uygulamalar, artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, genişletilmiş gerçeklik gibi alanlarındaki cihaz ve uygulamalar sıralanabilir.
- 5G ve ötesi teknolojilerde dikey sektör uygulamalarının dijital dönüşümdeki önemi, finansmanı, yaygınlaştırılması, destek mekanizmalarının kolaylaştırılması dünya da çok tartışılan konulardan biri olup sanayi, tarım, ulaşım, enerji gibi dikey sektörlerde söz konusu ekipman ve uygulamaların kullanımının ayrıca desteklenmesi ve yaygınlaştırılması son derece önemlidir.
- Yüksek kaliteli telekomünikasyon altyapılarının genişletilmesi ve yeni nesil mobil şebekelerde oluşması beklenen yüksek veri trafiğinin taşınabilmesi için fiber altyapı yatırımlarının artması önemli olup fiber altyapılarda kullanılan ekipmanların geliştirilmesi ve üretimine destek verilmesi gerekmektedir.
- Telekomünikasyon şebekelerinde önemli yere sahip olan enerji ve iklimlendirme sistemlerinin de yurtiçi kaynaklardan temin edilmesi önemli olup söz konusu ekipmanların geliştirilmesi ve üretimine destek verilmesi gerekmektedir.

- Telekomünikasyon alanında Ar-Ge ve üretim destekleri sağlanmasının yanı sıra bu yöndeki çalışmalara ilişkin vergi muafiyet ve indirimlerinin sağlanması da önemlidir.
- Ayrıca bahsi geçen çözüm önerilerinin geliştirilmesi, takibi, temsili ve konunun sürekliliğinin sağlanabilmesi için bir koordinasyon grubunun oluşturulması faydalı olacaktır.

5G ve ötesi teknolojiler sadece bir altyapı sağlamanın ötesinde yaratacağı ekosistem ile diğer teknolojilerin daha etkili performansa ulaşmasını sağlamada ve dijital dönüşümde baskın bir faktör olacaktır. Bu yüzden, özellikle 6G'nin yol haritası pek çok teknolojinin yol haritasıyla paralellikler göstermekte; bu sebeple diğer teknolojilere verilen destekler ile 5G ve ötesi teknolojiler için verilen kararlar ve desteklerin eşgüdüm içinde olması önem arz etmektedir.

3.2.3. e-Mobilite (Hava, Kara, Deniz Araçları)

Ulaşım ağında enerji ve zaman tasarrufunu, trafik güvenliğini, karayolu kapasitesinin etkin kullanımını sağlayacak Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) ile ilgili mimarinin Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından oluşturulması ve yerel yönetimleri de kapsayacak şekilde tamamlanarak uygulamaya konulması gerekmektedir. Tüm karayollarının (devlet ya da yap işlet devret) tek bir platform üzerinden izlenmesi, yönetilmesi ve raporlanmasını sağlayacak ve gerek mevcut sistemlerle gerekse yeni sistemlerle entegre olabilecek trafik kontrol merkezi yazılımının uygulamaya konulması gerekmektedir.

Ulaşım alanında yerli teknolojilerin hayata geçirilmesiyle birlikte yerli test ve sertifikasyon altyapılarının da güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu bakımdan öncelikle elektrikli araçlar, elektrikli araç bataryaları, araç EMC testleri, gelişmiş güvenlik ve otonom sürüş özellikleri ile raylı araç sistemler özelinde test altyapılarının oluşturulmasının veya mevcut altyapıların güçlendirilmesinin fayda sağlayacağı değerlendirilmektedir. Bunun yanında günümüzde yaygın olarak kullanılmaya başlanan otomatikleştirilmiş sürüş sistemleriyle birlikte yazılım tabanlı fonksiyonların ve dolayısıyla sistemlerin karmaşıklığının artmaya devam edeceği ön görülmektedir. Bu yeni durumda konvansiyonel araçlara kıyasla, potansiyel olarak etkilenen güvenlik alanları ve senaryoların çeşitlilikleri de artacak ve bir test pistinde veya düzenekte gerçekleştirilen sınırlı sayıda testle araçların davranışlarını değerlendirmek mümkün olmayacaktır. Bu bağlamda hem otomotiv endüstrisi hem de denetleyici otoriteler için kontrollü ve esnek bir yapının hayata geçirilmesi de sektör açısından önem arz etmektedir.

Elektrikli çekiş sistemine sahip toplu ulaşım araçları tüm dünyada içten yanmalı modellerinden daha fazla tercih edilir hale gelmiştir. Araçların izleyeceği rotalar, duraklar, çalışma saatleri gibi temel kullanım senaryoları çok belli olan toplu ulaşım araçlarının elektrikli olarak kullanıldıklarında sağlayacakları faydalar net bir şekilde hesaplanabilmektedir. Ekonomik yararları ve çevresel etkileri de rahatlıkla takip edilen toplu ulaşım araçları için günümüzde en uygun model tam elektrikli araçlar olarak ortaya çıkmaktadır. 100 km için ortalama 100 kg CO₂ salınımı bulunan dizel toplu ulaşım araçların (12mt. solo otobüs) çevreye verdiği zararlı etki de elektrikli araçlarda sıfıra inmektedir. Elektrikli toplu ulaşım araçlarında yakıt maliyeti yaklaşık altıda bir oranında azalmaktadır. Bu sayede belediyelerimiz için büyük bir gider kalemi olan toplu ulaşım işletme giderleri de önemli bir ölçüde düşmektedir. Ancak elektrikli araçlar için yapılması gereken ilk yatırım maliyetleri de klasik içten yanmalı araçlara göre daha yüksektir.

Yukarıda kısaca bahsedilen nedenler ile ülkemizde toplu ulaşım amaçlı kullanılan otobüslerin elektrikli otobüsler ile değişimi desteklenmelidir. Bu destek yapılacak ilk yatırımın klasik içten yanmalı otobüs yatırımına denk hale getirilmesi ya da çevresel etkiler de göz önüne alınarak tüm yatırımın teşvik edilmesi şeklinde olmalıdır. Bu destek belirli fazlar halinde yapılarak ilk önce nispeten az sayıda araç (20-25) ile belediyelerimizin bu araçları deneyimlemesi, personelini yeni teknolojiye uygun olarak eğitmesi imkânı verilmesi sağlanabilir. Daha sonraki fazlarda daha yüksek adetler için uygun kredi imkânlarının sağlanması, araçların işletme maliyetinden elde edilen kazançlar ile geri ödenmesinin sağlanması gibi yöntemler de tercih edilmelidir. Ancak tüm bu teşvik mekanizmaları yerli üretim, yerli alt sistem (çekiş sistemi, batarya paketi, elektronik birimler vb.) kullanımı da destekleyecek şekilde yapılarak yerli sanayinin de bu sayede desteklenmesi ve kalkındırılması sağlanmalıdır. Aksi takdirde ülkemizin ucuz kredi bulan otobüs üreticisi yabancı firmaların ve yabancı alt sistem tedarikçilerinin açık pazarı haline gelmesi ihtimal dâhilindedir. Elektrikli araçlar ile toplu ulaşım ana planı ve teşvik yöntemlerinin yukarıda bahsedilen ana fikir üzerinden oluşturulması ve yayınlanması önem arz etmektedir.

3.2.4. İklim Teknolojileri

İklim değişikliği, ekosistemlerin devamlılığını ve biyolojik çeşitliliği özellikle tehdit eden ve giderek daha fazla yoğunlaşan bir çevresel meseledir. Tahmin edilen sera gazı salımları, yakın bir gelecekte dünyamız için ciddi bir sorun teşkil etme potansiyeli taşımaktadır.

İklim değişikliğinin sebeplerini ve sonuçlarını hafifletme amacına uygun fırsatlar, beş geleneksel sektör dikeyinde teknolojilere göre sıralanabilir. Bu sektörler alfabetik olarak endüstriyel üretim, enerji, mobilite, tarım/gıda/orman ve yapı inşaat şeklinde belirlenmiştir. Yukarıda belirtilen sınıflandırmaya göre, her belirtilen alanda bulunan iklim teknolojilerinde, elektronik sektörünün rolü büyüktür. Dijital dönüşüme benzer şekilde, iklim odaklı üretimdeki teknolojik evrimde de elektronik sektörü ön plandadır.

Endüstriyel ölçekte daha karmaşık bilgi ve tecrübeye ihtiyaç duyan donanım çözümlerinde, veri iletişimi veya haberleşme altyapılı tüm sistemlerde elektronik sektörünün katkısı çok önemlidir. İklim teknolojilerinin elektronik sektörü ile yakın bağlantılı olabilecek aşağıdaki konu başlıkları önerilmektedir:

- Yeni nesil fotovoltaikler
- Lityum iyon sonrası (post-lithium) dışı batarya teknolojileri
- Katı hal bataryalar
- Süper kapasitörler
- Batarya ve pillerin geri dönüşümü ve ikinci ömür kullanımı
- Güç sistemi optimizasyonu için yazılım teknolojileri
- Enerji ve güç yönetim sistemleri (donanım ve yazılım)
- Dijital ikiz teknolojisi
- Yüksek başarılı hesaplama teknolojileri
- Elektronik atıkların geri dönüşümü
- Yeni nesil elektrik motorları
- Batarya izleme ve yönetimi
- İleri sensörler
- Yüksek verimlilikte ısı pompaları
- Bina otomasyon ve kontrol teknolojileri
- Yeni nesil led teknolojileri
- Akıllı ısıtma ve soğutma sistemleri teknolojisi
- Akıllı yol teknolojileri

- Elektrikli araç ve binaların enerji şebekesine entegrasyonu için akıllı bina teknolojileri
- Akıllı şebekeler
- Yüksek gerilim DC uygulamaları ve buna uygun cihazlar

İşletme düzeyinde tarımda dijitalleşme ile ilgili pek çok çözümün erişilebilir olduğu, dijitalleşmenin yaygınlaşmasının geçmişte mekanizasyonu andıran bir davranış biçimi sergilediği, bazı büyük gıda firmalarının yerel tarım işletmelerine teknolojik çözümleri entegre etmeye başladıkları, büyük şirketlerin/işletmelerin yerine göre büyük yatırım bütçeleri ile teknolojik çözümler temin edebildikleri; ancak, küçük işletmelerin bunları alıp uygulayacak kaynaklar konusunda zorlanabilecekleri ve dijitalleşme/akıllı tarım gibi uygulamalar için sağlıklı ve kesintisiz veri aktarımı amacıyla altyapı yatırımlarına ihtiyaç olacağı belirtilmiştir.

Üreticinin teknolojiyi yakından takip edemediği ve yeni teknolojilerin sağlayabileceği faydaların büyük oranda farkında olmadığı, bilgi alabileceği ortam ve platformların oldukça yetersiz olduğu, tarım için teknolojik çözüm geliştiren start-up'ların da üreticiden ve onun reel ihtiyaçlarından haberi olmadığı, tarım teknolojileri politikalarının ne olması gerektiği hakkında tartışmaların gündemde fazla yer işgal etmediği ve tarım tartışmalarında “teknolojistler”e neredeyse hiç yer verilmediği ifade edilmiştir.

Tüm bunlar yeni bir kurguya ve mevcut gündemin ötesinde bir gündeme gereksinim olduğunu göstermektedir. Şu açıktır ki, mevcut değer sistemini ve çalışma modellerini biraz iyileştirip tadil ederek büyük ölçekli nitelikli gelişme sağlamak, sıçrama yapmak ya da ülkemizin potansiyelini harekete geçirmek mümkün gözükmemektedir. Tarımın geleceği için ürün fiyatlarının (ki bu da değer zincirindeki diğer faaliyetlerin bir sonucudur) ve tarımsal üretimde verimliliğin iyileştirilmesine yönelik pratik önerilerin ötesinde bir tartışmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Çağımızda ulaşılmış olan bilgi ve teknoloji seviyesi, yönetim ve organizasyon biçimleri hem sağlıklı bir tartışmayı hem de çözümleri mümkün kılacak olanakları bize sağlamaktadır. Hepsinden de önce bir paradigma (değerler dizisi) değişimine ihtiyaç bulunmaktadır.

Bilgi ve veri temelli tarım-gıda değer zincirinin oluşturulması öncelikli amacımız olmalıdır. Bir süredir veriye dayalı hassas tarımsal üretim konusu, “işletme” düzeyinde (ve neredeyse sadece işleme düzeyinde) çözümlerle gündeme gelmektedir. İşletme düzeyinde tarımda dijitalleşme ile ilgili pek çok çözüm bugün için erişilebilir durumdadır ve bazı işletmeler kendiliğinden denemelere ve uygulamalara girişirken bazı örneklerde de büyük gıda firmaları ve bankalar yerel tarım işletmelerine teknolojik çözümleri entegre etmeye

başlamışlardır. Tarım-gıdaya yönelik konu önerilen başlıkları (Dijitalleşme, elektronik, yazılım ve algoritmik konularda)

- Gıda güvenliği tespit teknolojileri
- Üretici ve tüketici için ürün izlenebilirliği uygulamaları
- Tarımsal ürün / gıda kayıpları ve israfının azaltılmasına yönelik optimizasyon çözümleri;
- Tarımsal risk ve afet izleme, modelleme ve uyarı sistemleri;
- Gerçek zamanlı /gerçek zamana yakın gıda fiyatı izleme ve analiz araçları;
- Tarım-gıda senaryo analiz sistemleri
- Ürün fiyatı belirleme ve kestirim algoritmaları,
- Kırsal alanlarda bilgi ve haberleşme teknoloji altyapısının ve ağlarının kurulması;
- Üreticiye erken uyarı/gerçek zamanlı bilgi sağlayan sistemler;
- Yapay zekâ desteği ile zararlıyı tespit, izleme ve uzaklaştırma sistemleri;
- Tohumluk ürün seçim sistemleri;
- Damızlık ürün seçim sistemleri;
- Hassas gübreleme (ihtiyaca göre gübre tipi, dozajı ve zamanlamasını ayarlayan uygulama sistemleri);
- Hassas ilaçlama (ihtiyaca göre ilaç/pestisit tipi, dozajı ve zamanlamasını ayarlayan uygulama sistemleri);
- Gübre ve ilaç kullanımını azaltan akıllı sistemler;
- Su kaynaklarını izleme ve yeni su kaynakları bulma sistemleri;
- Su yönetimi, suyu verimli/hassas kullanan akıllı sulama sistemleri;
- Mobil toprak testi sistemleri;
- Mobil pestisit kalıntısı ölçüm sistemleri;
- Hasat/üretim izleme ve tahmin sistemleri;
- Hayvan sağlığı izleme sistemleri;
- Balıkçılık için dijital araçlar;
- Organik tarım için dijital araçlar;
- İnsansız ekim, gübreleme ve hasat araçları;
- Veriye dayalı akıllı hal planlama/yönetim sistemleri;
- Mahsul / verim / rekolte tahmin uygulamaları;
- Hasat sonrası ürün izleme;
- Değer zinciri boyunca agro-kimyasal hareketin izlenebilirliği;
- Tazelik kontrolü ve izleme;
- Soğuk zincir izleme;

- Veriye dayalı hassas gıda üretim süreci yönetimi ve otomasyonu (işletme seviyesinde);
- Veriye dayalı tarım ürünü / gıda ticareti;
- Tarım işletmesi için Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) sistemleri;
- Tarım işletmesi iş gücü yönetimi sistemleri;
- Tarım/gıda veri güvenliği;
- Tarım-gıda değer zincirinde blok-zincir uygulamaları.
- Tarım ekipmanlarının akıllı hale getirilmesi (ürün cinsleriyle uyumlu makine parkı):
 - o Akıllı tohum ekme makinası;
 - o Akıllı gübre atım makinası;
 - o Akıllı hasat otomasyon makinaları;
 - o Bitkiye özel akıllı makinalar;
- 3-B gıda imalatı (İng. 3-D food printing)
- Platformlar ve pazarlar:
- Tarımsal üretim e-ticaret platformları (üretici ile tüketiciyi doğrudan bir araya getiren);
- Üretici ile üretime girdi sağlayanların, nakliyecilerin, bankaların vb. bulunacağı platformlar;
- Start-up ve tarımda teknoloji çözüm geliştirenleri üreticiler ile bir araya getirecek platformlar.

3.2.5. Yarı-iletken ve Bileşen Teknolojileri

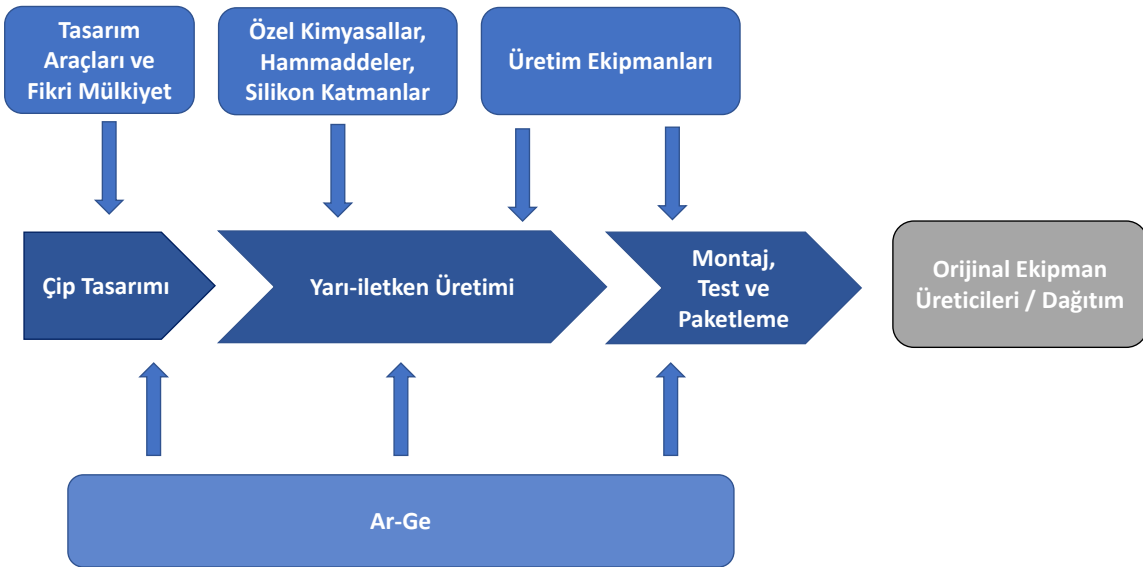
Yapay zekânın uygulama alanları arttıkça, yarı-iletken bileşenler de hem çeşitlenmekte hem de algılama, haberleşme, güç yönetimi gibi alanlarda ve gittikçe artan hesaplama ihtiyaçlarının karşılanmasında bu cihazların kullanımı da yaygınlaşmakta ve artmaktadır. Yarı-iletken bileşenler dijital sistemlerin yalnızca çıktı performansını değil enerji verimliliğini ve güvenilirliğini de belirleyen önemli etkenlerden biri haline gelmişlerdir. Elektrik üretim ve dağıtımı, su temin ve dağıtımı gibi kritik altyapıların işletme ve yönetiminde, dijital bankacılık ve otonom sürüş özelliğine sahip arabalar gibi uygulamalarda güvenlik hayati önemde ve vazgeçilemez unsurlardan biri haline almıştır.

Dünyanın yarı-iletken teknolojileri konusunda önde gelen ülkelerinin bu alandaki yatırımları yalnızca yarı-iletken endüstrisinin desteklemek amacı taşımamakta, ileri seviye yarı-iletken teknolojilerinin kullanımı ile endüstrinin diğer alanlarındaki rekabetçiliği attırmayı,

ülkelerinin stratejik ekonomik çıkarlarını ve ulusal güvenliğini korumayı ve sosyal problemlerin çözümüne etkin olarak katkı sağlamayı da hedeflemektedir.

Yarı-iletkenler, inovasyonun ve mevcut endüstriyel devrimin kalbinde yer almaktadır. Endüstrinin dijitalleşmesinde, akıllı ve sürdürülebilir ürünler ve servislerin geliştirilmesindeki temel faktörlerden biri olarak gerek askeri gerekse ekonomik ve sosyal alanda ulusal güvenliğimiz için kritik öneme sahiptir. Şekil 19’da Yarı-iletken değer zincirinin ana süreçleri gösterilmektedir. Çip tasarımından yeni üretim malzemeleri geliştirilmesine; üretim, test ve paketlemede kullanılan ekipmanlara kadar değer zincirinin tüm aşamalarında yoğun ve süreklilik gösteren Ar-Ge faaliyetleri hızlı teknolojik gelişmeleri de beraberinde getirmektedir.

Şekil 19: Yarı-iletken Sektörü Değer Zinciri



Yarı-iletken sektörü değer zincirinin aşamaları ile ilgili bazı önemli bilgiler aşağıda özetlenmektedir³¹.

i. Tasarım Araçları ve Fikri Mülkiyet

Entegre devre (çip) tasarımı, bu konu için özel olarak geliştirilmiş yazılım araçlarını ve/veya elektronik tasarım otomasyon (Electronic Design Automation/EDA) araçlarını gerektirmektedir. Bu tip araçların sağlayıcılarına örnek olarak Cadence Design Systems, Synopsis ve Mentor Graphics/Siemens firmaları verilebilir. EDA pazarı, küresel

³¹ European Chips Act: Staff Working document <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/86690>

satışların %70'ini gerçekleştiren ABD şirketleri tarafından domine edilmiş durumdadır. Bu araçlar, İngiltere menşeli ARM ve Imagination Technologies gibi fikri mülkiyet sağlayıcı firmalar tarafından geliştirilen fikri mülkiyet blokları kullanmaktadır.

ii. Özel Kimyasallar ve Hammaddeler

Kimyasallar, özel gazlar, mineraller veya yüksek saflıkta materyaller, yarı-iletken üretim sürecinin çoğu basamağında (Ör: Örüntüleme, deposition, etching, polishing gibi) ayrıca cihaz işletimi, tesis temizliği ve paketleme süreçlerinde önemli yer tutmaktadır. Çip üretimi, yaklaşık 500 civarında özelleşmiş süreç kimyasalının kullanımını gerektirmektedir. Yarı-iletkenler daha karmaşık hale geldikçe bu sayı da artmaktadır. Bu alandaki başlıca tedarikçiler olarak Shin-Etsu Chemicals, Sumitomo Chemicals, Mitsui Chemicals (Japonya), BASF, Linde, Merck KGaA, Air Liquide (AB), Taiwan Specialty Chemicals Corporation ve in Dow/DuPont (ABD) sayılabilir. Önümüzdeki dört yılda bu alandaki hammadde talebinde üçte birden yüksek bir oranda artış beklenmektedir.

iii. Silikon Katmanlar

Çip üretiminde alt katman materyali olarak kullanılan silikon katmanlar kesilme ve çip olarak paketlenme işlemine kadar çok sayıda karmaşık süreçten geçerler. Üretim süreçleri ve kullanılan girdi materyallerine bağlı olarak farklı amaçlı çipler için farklı niteliklere ve performans özelliklerine sahip silikon katmanlar kullanılmaktadır. Japon Shin-Etsu ve Sumco firmaları dünyanın en büyük silikon katman üreticileridir. Onların ardından GlobalWafers (Tayvan), Siltronic (Almanya), SK Siltron (Kore) ve Soitec (Fransa) gelmektedir.

iv. Ekipmanlar

Özelleşmiş tedarikçi firmalar, çip üretimindeki her süreç için 50'den fazla farklı tipte ekipman sağlamaktadır. Bu ekipmanların arasında, yarı-iletken üretim tesisinin (fabrication plant/fab) üretebileceği en küçük eleman boyutunu belirleyen litografi ekipmanları ve sürecin çeşitli aşamalarındaki verimi ölçmekte kullanılan ölçüm ve muayene ekipmanları ile ekipmanların doğrudan kontrolünde, materyallerin otomatikleştirilmiş dağıtımında kullanılan çeşitli gelişmiş otomasyon ve süreç kontrol sistemleri de yer almaktadır. Bu ekipmanların başlıca tedarikçileri ASML (Hollanda), Applied Materials (ABD), Tokyo Electron (Japonya), Lam Research (ABD), KLA

Tencor (ABD) ve ASM-I (Hollanda)'dır. Bazı ekipmanların tedarikinde ileri düzeyde tekelleşme oluşmuştur. Örnek olarak, ASML litografi ekipmanlarında dünya pazarının %80'ini, ekstrem mor-ötesi (EUV) litografi ekipmanlarında ise %100'ünü elinde tutmaktadır.

v. Ön-Uç Üretim

En yeni süreç teknolojilerine sahip “ön uç” üretim tesisleri, transistörleri silikon katman üzerine 5 nm veya daha düşük çözünürlükte yerleştirebilmekte ve böylece on milyarlarca transistör içeren çipler üretebilmektedir. Böyle bir tesisi inşa etmenin maliyeti 20 milyar avro; bu karmaşıklıkta çipleri tasarlayıp geliştirmenin maliyeti ise 1 milyar avro seviyelerindedir.

Maliyet etkin üretim için gerekli üretim hacimleri o kadar yüksektir ki çoğu firma kendi tasarımlarının üretimini üçüncü partiler için üretim yapmakta uzmanlaşmış firmalara yaptırmaktadır. TSMC (Tayvan), Samsung (Kore), UMC (Tayvan), SMIC (Kanada) and Global Foundries (ABD), bu üretim firmalarından başlıcalarıdır. Bunlar arasında yalnızca TSMC ve Samsung 5 nm ve altındaki boyutlarda ön uç üretimi yapma kabiliyetine sahiptir.

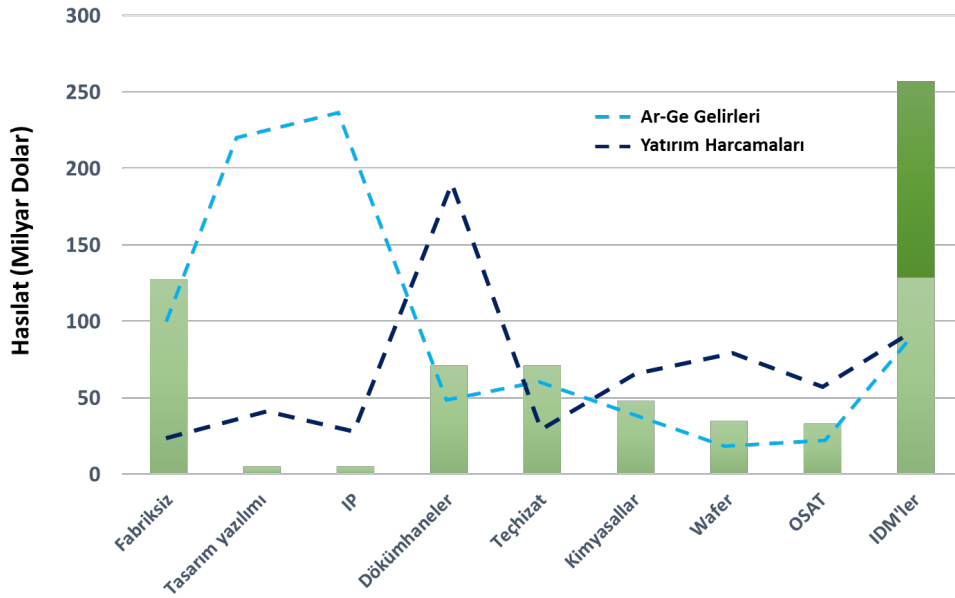
Bu durum, yarı-iletken endüstrisinde ciddi bir dönüşüme yol açmıştır. Daha önceleri, bu alanda kendi çiplerini tasarlayan, üretim ve montaj için gerekli tesislere sahip entegre cihaz üreticileri (Integrated Device Manufacturers/IDMs) öne çıkmaktaydı. Bugün ise çoğu şirket “fabless” veya “fab-lite” tabir edilen, üretimlerinin tamamını veya bir kısmını şirket dışında, bu alanda uzmanlaşmış üretim firmalarına yaptırdıkları iş modelleri ile faaliyet göstermektedir. Bu “fabless”/fabrikasız tasarım, küresel çip gelirlerinin %40'ı oluşturmakta ve bu alanda pazar lideri olarak Qualcomm, Nvidia, Broadcom (ABD), MediaTek (Tayvan) ve AMD (ABD) gelmektedir.

Intel (ABD), Micron (ABD), NXP (Hollanda), Texas Instruments (ABD), STM Microelectronics (Fransa/İtalya) ve Infineon (Danimarka), ön uç üretimi kendi bünyelerinde yapmaktadır. Bu firmalar, aylık 50.000-100.000 adet civarında üretim yapan yarı-iletken katman üretim tesisleri işletmektedir. Entegre cihaz üreticileri de özellikle ileri düzeyde gelişmiş/özelleşmiş çipler için üçüncü parti üretim firmaları ile çalışmaktadırlar.

vi. Arka-Uç Üretim

“Arka-Uç” üretim, çiplerin güvenilirlik ve dayanıklılık ile diğer devre bileşenleriyle temasını sağlayacak bir formda paketlenmesini içermektedir. Katman, tekli parçalara kesilmeden önce katmandaki her çip test edilmektedir. Testi geçen parçalar çip olarak paketlenmekte, paketlenen çipler ise kapsamlı işlev ve performans testlerine girmektedir. Bu işlemler, yarı-iletken entegre cihaz üreticileri tarafından kendi bünyelerinde yapılmakta veya yarı-iletken montaj ve testinde uzmanlaşmış firmalara yaptırılmaktadır.

Şekil 20: Segmentlere Göre Elektronik Sektörü Gelirleri



Kaynak: Accenture. 2022 & EU Chip Act 2022 ³²

Şekil 20’de yarı-iletken sektöründeki gelirin değer zincirinin farklı aşamalarına dağılımını ve Ar-Ge ve CAPEX harcamalarının gelire oranlarını göstermektedir. Çip tasarımı, sektördeki toplam Ar-Ge harcamalarının %65’i ile en yoğun Ar-Ge oranına sahip alandır. Üretim (ön-uç üretim) ise toplam yatırımın %64’ü ile en çok yatırım gerektiren alan olarak göze çarpmaktadır. Üretilen değer, değer zincirinin aşamalarına göre farklılık göstermektedir.

³² <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-8799-2022-INIT/en/pdf>

a. Yarı-iletkenler Alanında Dünyadaki Güncel ve Önemli Teşvik ve Programlar

i. A Chips Act For Europe Programı (AB)

Avrupa Komisyonu'nun 2022 yılında sunduğu öneriye göre, Ufuk Avrupa Programı Kapsamındaki Key Digital Technologies (KDT) Ortaklığı'nın (Joint Undertaking), Chips Joint Ortaklığı (Undertaking) olarak değiştirilmesi ve AB tarafından Chips Joint Ortaklığı'na Ufuk Avrupa'dan 2.650.000 euro, Digital Europe Programı'ndan 1.525.000 euro olmak üzere toplam 4.175.000 euro destek sağlanması önerilmektedir. Dijital On Yıl Politike Programı'na göre AB'nin bu alandaki stratejik hedefi, 2030 yılında dünyadaki yarı-iletken üretimini mali büyüklük olarak %20'sine ulaşmak ve bunu ileri teknoloji, inovatif ve sürdürülebilir yarı-iletkenler ile gerçekleştirmektir.

Kurulacak olan Chips Joint ortaklığının temel amacı, AB içindeki ileri teknoloji ve yeni nesil yarı-iletken teknolojilerindeki büyük ölçekli kapasitenin artırılması olarak belirtilmiştir. Bu kapsamda dört spesifik hedef belirlenmiştir:

- Entegre yarı-iletken teknolojileri için büyük ölçekli tasarım kapasiteleri oluşturulması
- Mevcut pilot hatların geliştirilmesi ve yeni pilot hatlar geliştirilmesi
- Kuantum çiplerin geliştirilmesinin hızlandırılması amacıyla ileri teknolojilerin geliştirilmesi ve mühendislik kapasitesinin artırılması
- Bu alanda Avrupa içinde bir Rekabet Merkezleri ağı kurulması

Bu program vasıtası ile yeni nesil düşük güç tüketimli işlemcilerin tasarım, test ve doğrulamaları da desteklenerek Avrupa Birliğinin yeşil mutabakat stratejisi ile uyum sağlanması hedeflenmektedir. **Fotonik, nöro-morfik hesaplama, kuantum teknolojileri** ve yeni materyaller gibi yeni teknolojilere yönelik altyapı yatırımlarının da desteklenmesinin gerekliliği öneride vurgulanmaktadır.

ii. "Chips and Science Act" Yasası (ABD)

ABD'de Ağustos 2022'de başkan tarafından imzalanarak yürürlüğe giren Çip ve Bilim Yasası/CHIPS and Science Act kapsamında, ABD'de yarı-iletkenler alanında Ar-Ge ve üretim çalışmalarını desteklemek amacıyla yaklaşık 280 milyar dolarlık kaynak ayrılması yasalaşmıştır.

Bu kapsamda yarı-iletken ve telekomünikasyon alanlarında sağlanacak kaynak yaklaşık 106 milyar ABD doları olup vergi avantajları ile benzeri diğer teşvikler ve doğrudan araştırma desteklerini kapsamakta olup ABD'ye yarı-iletken sektörünü tüm segmentlerinde üretim kabiliyetlerini ve teknolojik liderliği kazandırmayı amaçlamaktadır. Diğer alanlara ayrılan toplam yaklaşık 174 milyon ABD doları civarındaki kaynak ise NASA'nın uluslararası uzay istasyonu programı ve Artemis programı ve Mars görevi programlarını da kısmi olarak finanse edecektir. Sıfır emisyon teknolojilerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasında da bu kapsamda kaynak ayrılması planlanmaktadır.

Yasanın birinci bölümünde (CHIPS Act 2022) yakın dönemde yarı-iletken üretim, montaj, test, paketlenme ve Ar-Ge yatırımlarını teşvik etmek amacıyla 39 milyar dolar kaynak ayrılmıştır. Bunun yanı sıra 11 milyar dolarlık ek kaynakla da aşağıdaki Ar-Ge faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir:

- Üretim, Ar-Ge, prototipleme ve iş gücü yetiştirilmesi amacıyla Kamu-Özel İş Ortaklığı modeliyle bir ulusal yarı-iletken teknoloji merkezi kurulması
- İleri düzey montajı test ve paketlenme alanındaki etkinliğin artırılması amacıyla bir Ulusal İleri Paketleme ve Üretim Programı başlatılması
- Hükümet, endüstri ve akademi ortaklığında cihaz ve yeteneklerin araştırılması amacıyla bir ABD Yarı-İletken Üretim Enstitüsü kurulması
- Ölçüm ve standartların geliştirilmesi amacıyla bir Mikroelektronik Metroloji Ar-Ge Programı başlatılması.

Bunlar ile birlikte yine yasanın birinci bölümü kapsamında yakın dönemde gerçekleştirilecek bazı faaliyetler şunlardır:

- Yarı-iletken alanında iş gücünün oluşturulması için CHIPS for America İşgücü ve Eğitim Fonu oluşturulması
- CHIPS for America Savunma Fonu oluşturulması
- CHIPS for America Uluslararası Teknoloji Güvenlik ve İnovasyon Fonu kurulması
- Açık mimarili yazılım tabanlı kablosuz teknolojilerin geliştirilmesi amacıyla bir Kamusal Kablosuz Tedarik Zinciri Fonu kurulması.

b. Yarı-iletkenler Alanında Dünyadaki Güncel ve Önemli İhraç Kısıtlamaları

ABD Ticaret Bakanlığı'nın Ekim 2022'de uygulamaya koyduğu yeni düzenleme son dönemlerin teknoloji ihracı alanındaki en kapsamlı kısıtlamaları içermektedir. Buna göre, Çinli müşterilere yüksek işlem gücüne sahip (sn'de 300 trilyon ve üzeri işlem yapabilen veya 300 TeraOp), ve yüksek veri hızı sağlayan (sn'de en az 600 Gb) ileri teknoloji ürünü çiplerin satışı yasaklanmıştır. (Örnek olarak Nvidia'nın veri merkezleri ve yapay zekâ eğitiminde kullanılmak amacıyla tasarlanmış yeni H100 işlemcileri sn'de 400 trilyon işlem gerçekleştirebilmekte ve 900 Gb veri akışı sağlayabilmektedir.)

Bunun yanı sıra gelişmiş mantık işleme veya hafıza elemanları üretiminde kullanılacağı bilinen üretim ekipmanlarının satışı da kısıtlanmaktadır. Bu kısıtlama, 16 nanometre be daha küçük çözünürlüklü çipleri, en az 128 katmanlı NAND uzun süreli bellek entegrelerini ve en az 18 nm veya daha düşük çözünürlüklü DRAM kısa süreli bellek entegrelerini de kapsamaktadır.

Kısıtlamalar yalnızca ABD firmalarını değil ABD vatandaşları ve ABD'de oturma izni bulunan kişileri de kapsamaktadır. Bu kapsamda Çin menşeli yarı-iletken şirketlerinde çalışan ABD vatandaşları bu işlerinden çıkmak durumunda kalmış, yarı-iletken üretim ekipmanları üreten Hollanda menşeli ASML firması da ABD vatandaşı çalışanlarının Çinli müşterilere hizmet veremeyeceğini duyurmuştur.

Genel olarak ofislerde, oyunlarda ve günlük tüketici uygulamalarında kullanılan çipler kısıtlamadan etkilenmemektedir. Kısıtlamanın ana hedefini, büyük ölçekli makine öğrenimi modellerinin eğitilmesi ve çalıştırılması amacıyla kullanılan ile büyük veri merkezleri ve süper bilgisayarlar oluşturmaktadır. İhraç kontrolü kısıtlamalarının, kuantum bilişim ve biyo-teknolojiler gibi diğer yenilikçi ve hassas teknoloji alanlarını da kapsayacak şekilde artırılacağı ön görülmektedir.

c. Çip Krizi

Salgın döneminde uzaktan çalışma önlemleri iş, eğitim ve eğlence gibi kullanıcı elektroniği ürünlerinin ağırlıklı olarak yer aldığı faaliyetlerin evden yapılmaya başlanmasının da önünü açmıştır. Bu durum, bilgisayarlar, mobil cihazlar, cep telefonları, tabletler, hatta oyun konsolları gibi elektronik marketi ürünlerinin daha çok kullanılması ihtiyacı oluşturmuştur. Eğitimde de teknolojinin kullanılması bu cihazlara olan talebi çok daha yukarılara taşımış ve tüketici elektroniği olarak adlandırdığımız sektöre olan talep artmıştır. Tüketici elektroniği sektörünün bir girdisi olan çiplere talep

de böylece artmış olmuştur. Bunlara ek olarak telekomünikasyon şirketlerinin geniş bant altyapısı yatırımlarının artması da yarı-iletkenlere olan talebi artırmıştır.

Covid-19 salgının etkisiyle cep telefonu, tablet ve bilgisayar üreticileri Apple, Samsung gibi sektörün büyük firmalarının mevcut çip üretim tesisleri altyapılarının kapasitelerinin büyük bir kısmını yaptıkları anlaşmalarla ile kendi üretimleri için tahsis etmeleri ile çip üretimleri yetersiz kalarak tedarik dar boğazı oluşturmuştur. Aniden artan talep, çip sektöründe yeni yatırımların kurulmasının uzun zaman alması ve çok yüksek maliyetler gerektirmesi sebebi ile çip tedarikinde sıkıntılara neden olmuştur.

Ukrayna- Rusya Savaşı

Ukrayna, çip üretiminde kritik öneme sahip olan Neon, palladium ve C4F6 gibi birçok ham maddenin üretimini sağlamaktadır. Yarı-iletken litografi sürecinde kullanılan inert gazlar arasında yer alan Neon'un, %40-%45 oranında dünyadaki market hacmine sahip iki firma Ukrayna'da bulunmaktadır. Operasyon sebebiyle operasyonlarını durduran bu firmalar yarı-iletken fiyatlarına ve temin süresinin uzamasına önemli bir etkisi olduğu değerlendirilmektedir.

d. Elektronik Komponent İhtiyacının En Çok Öne Çıktığı Sektörler

Yarı-iletken satışında 2022 yılında 2020 yılına göre %26'lık bir büyüme olmuştur. Aşağıda belirtilen alanlarda giderek artan bir elektronik komponent ihtiyacı ile olmuştur.

- Endüstriyel Otomasyon
- Otomotiv Endüstrisi
- Sağlık Sistemi
- 5G/6G Haberleşme Sistemleri
- Havacılık, Savunma, Uzay
- Enerji

3.2.6. Enerji, Güç Elektroniği, Batarya

Yenilenebilir enerji kaynaklarına erişim artıkça ve alternatif enerji sistemleri geliştirildikçe bu sistemlerden elde edilen enerjinin tüketimin yüksek olduğu sanayi bölgelerine ve yerleşim bölgelerine verimli bir şekilde iletilmesi gerekmektedir. Uzun mesafe toplu güç iletimi, farklı büyük şebekelerin bağlantısı, deniz üstü (off-shore) yenilenebilir enerji kaynaklarının karaya taşınması gibi alanlarda kullanımı bulunmakta ve bu kapsamda HVDC (yüksek gerilim DC)

sistemlerin kullanımı her geçen gün artmaktadır. ABB, GE gibi küresel firmaların sunduğu bu tür çözümlerin Çin gibi uzak doğu ülkelerinde de yaygınlaştığı bilinmektedir. Bu kapsamda ülkemizde de yüksek hacimli enerjinin üretildiği bölgelerden, tüketimin yüksek olduğu bölgelere enerjinin transferinde HVDC sistemleri değerlendirilebilir.

HVDC sistemlere ek olarak bir diğer iletim alternatifinin MVDC (orta-gerilim DC) olacağı öngörülmektedir. Ulaşım sistemleri için DC kataner hatlar, elektrikli araçlar için hızlı şarj istasyonları, rüzgâr ve güneş enerji sistemlerinde üretilen enerji, enerji depolama tesisleri ve veri merkezleri yüksek güç iletimi gerektiren DC tabanlı sistemlere örnek olarak verilebilir. Bu tür sistemlerde enerji iletiminde AC gerilim kullanıldığında farklı bir AC gerilime dönüşüm aşamasında ara kademelerde AC-DC, DC-DC ve DC-AC güç dönüştürücülerin kullanımı gerekmektedir. AC-AC dönüşüm yerine DC iletim ara güç dönüşümü azaltan ve kayıpları azaltan bir yöntem olarak son zamanlarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu kapsamda ülkemizde artan elektrikli araç şarj istasyonları, enerji depolamalı yenilebilir enerji üretim merkezleri ve mikro şebekeler arasında MVDC sistemlerin kullanımı değerlendirilmelidir. Siemens ve ABB gibi küresel firmalar yerine yerli çözümlerin oluşturulması enerji güvenliği politikalarını destekleyici adımlar olacaktır. Bu kapsamda çok-seviyeli güç dönüştürücüler, onları kontrol eden kontrolcüler, yüksek gerilime uygun yarı-iletken ve pasif malzeme teknolojileri, akıllı algoritmalar desteklenmesi gereken ana unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Yenilebilir enerji kaynaklarının öneminin daha da arttığı günümüzde su üstü (yüzen) güneş enerji sistemleri ve deniz üstü rüzgâr türbinleri güç kapasitesi ve yaygınlaşma olarak artış trendindedir. Ülkemizde mevcut sistemlerde kullanılan güç elektroniği bileşenleri ile yeni nesil sistemlerdeki donanım, yazılım ve algoritma gibi temel unsurların da yerli tasarım olmasına yönelik teşvikler sağlanmalıdır.

Güç elektroniği için yarı-iletken geliştiren sektörlerde GaN ve SiC tabanlı teknolojilere önemli yatırımlar yapılmaktadır. Ülkemizdeki potansiyel göz önüne alındığında yarı-iletken sektörüne yapılacak yatırımlar stratejik önem arz edecek ve olası milli güvenlik problemlerinin önüne geçecektir. Yenilebilir enerji sistemlerinde kullanılan generatörler başta olmak üzere gündün güne yaygınlaşan elektrikli araçlarda ve raylı araçlarda kullanılan elektrik motorlarında da yerli tasarım ve üretime yönelik teşvikler sağlanmalıdır. Özellikle kritik bileşenlerden biri olan kalıcı mıknatısların maden sahalarının araştırılması, cevherin işlenerek mıknatıs üretimi yapılması ile soft-manyetik malzemelerin araştırılması da önem arz etmektedir.

Mikro şebeke, çeşitli enerji üretim metotları ile buna uygun şebeke yönetim teknolojisinin bir arada değerlendirildiği küçük ölçekli elektrik şebekeleridir. Mikro şebekeler,

yenilenebilir kaynakların şebekeye dâhil olmalarında avantajlar getirmek ile beraber talep yönetiminde kolaylıklar ve var olan enerjinin maksimum verimde kullanımını sağlayabilmektedir. Güneş enerjisi sistemleri doğaları gereği düzensiz enerji kaynakları olarak değerlendirmekte ve şebekelerde sınırsız bir şekilde kullanılamamaktadır. Bu sorunun çözüme yönelik çeşitli enerji depolama sistemleri, farklı güç elektroniği ve akıllı şebeke yönetimi yaklaşımları sunulmaktadır. Enerji depolama sistemleri ile entegre, yenilebilir enerji üretim tesisleri içeren akıllı mikro şebekelerin yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Ülkemizde de bu yönde oluşturulacak pilot sistemler ile olağan koşullarla birlikte doğal afet gibi zaruri durumlarda enerji depolamalı mikro şebekelerin önemli bir çözüm paketi olabileceği değerlendirilmektedir. Özellikle donanım, algoritma, siber güvenlik ile desteklenmiş haberleşme katmanları ve bütüncül SCADA sistemleri bu sistemler için temel çalışma konularını oluşturacaktır. Enerji depolamada, ASPİLSAN ve TOGG önderliğinde başlatılan hücre üretim faaliyetleri daha da yaygınlaştırılarak yerli üretici sayısının artırılması önem arz etmektedir. Bu faaliyetlere ek olarak alternatif enerji depolama sistemleri, yakıt hücreleri, şarj sistemleri üzerine destek mekanizmaları sürdürülmelidir.

Yenilenebilir enerji, enerji depolama, elektrikli araçlar, raylı sistemler ve endüstriyel uygulamalar boyutunda bütüncül olarak ele alındığında öne çıkan araştırma alanları aşağıda paylaşılmıştır.

a. Güç Elektroniği

- IGBT ve MOSFET tabanlı doğrultucu ve evirici güç blokları
- Kapı-Sürme Devreleri
- Yeni Nesil 3/Çok Seviyeli Güç (3-L ve M-L) Topolojileri
- Yüksek Verimli Resonant Güç Dönüştürücüler
- Filtre Tasarımı
- Manyetik Tasarım
- Kablosuz Güç Transferi
- Katı-Hal Trafo

b. Sayısal Donanımlar, Algoritma ve Gömülü Yazılım

- DSP+FPGA Tabanlı Kontrol Kartları
- Sistem Modelleme
- Emniyet kritik yazılım geliştirme
- Yeni-Nesil Kontrol Yöntemleri
- Kestirimci Bakım

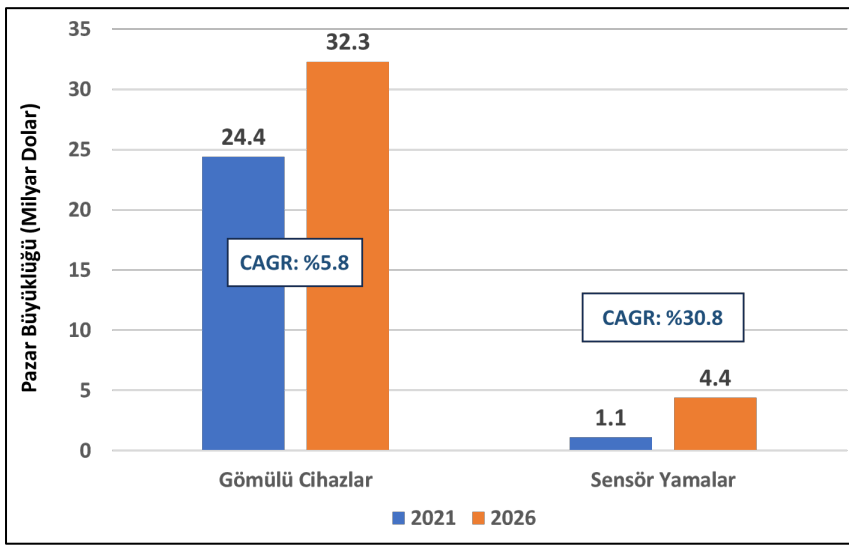
- c. Yarı-iletken Teknolojileri**
 - GaN HEMT Geliştirme
 - GaN Tabanlı Donanım Geliştirme
 - SiC MOSFET Geliştirme
 - SiC Tabanlı Güç Elektroniği Bileşenleri Geliştirme
 - ASIC Tabanlı Yeni Nesil Kapı-Sürme Devreleri
- d. Termal Tasarım ve Paketleme**
 - Termal Modelleme ve Kayıp Analizleri
 - Malzeme Teknolojileri
 - Cihaz Paketleme
 - Soğutma Teknolojileri
 - Bara Tasarımı
 - EMI/EMC
- e. Motor Teknolojileri**
 - Mıknatıslı Motorlar
 - Kalıcı mıknatıs üretimi ve soft-manyetik malzemeler
 - İndüksiyon Motorları
 - Yüksek Hızlı Servo Motorlar
 - Mıknatıs Destekli Senkron Relüktans Motorlar
 - Kestirimci Bakım
- f. Enerji Depolama ve Mikroşebeke Yönetimi**
 - SCADA Sistemleri
 - Siber Güvenli Sistemler
 - Enerji Geri Kazanım Yapı ve Algoritmaları
 - Batarya ve Süperkapasitör Teknolojileri
 - Batarya Yönetim Sistemleri
 - Şarj Cihazları
 - GENSET (Klasik ve yakıt hücreli) Uygulamaları

İklim koşullarındaki değişkenlikler enerji dağıtımının enerji depolama ile desteklenmesi ile önümüzdeki yıllarda enerji ihtiyacının daha sağlıklı karşılanabileceğini göstermektedir. Bu yüzden, enerji depolama kapasitesinin artırılması yönünde ve daha ekonomik enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesi yönünde ARGE desteği önem arz etmektedir.

3.2.7. Sağlık Teknolojileri

Sağlık Teknolojilerinde 4.0 kavramıyla birlikte; tanı ve teşhis koyma, sağlık ve aktivite takibi ile taşınabilir kişisel sağlık izleme aparatları alanlarındaki önemli gelişmelerle, sağlık teknolojilerinde yeniliklere odaklanılmıştır. Bu yeniliklerle birlikte biyosensör uygulamaları gelişme fırsatı bulmuştur. Biyosensör uygulamaları iki farklı şekilde yapılmaktadır; (i) Gömülü Cihazlar, (ii) Sensör Yamalar. Şekil 21, biyosensörlerin uygulama şekillerine göre pazar büyüklüklerini göstermektedir.

Şekil 21: Uygulama Şekillerine Göre Biyosensör Pazarının Büyüklüğü ve 2026 Senesinde Beklenen Pazar Büyüklüğü (Milyar ABD Doları)

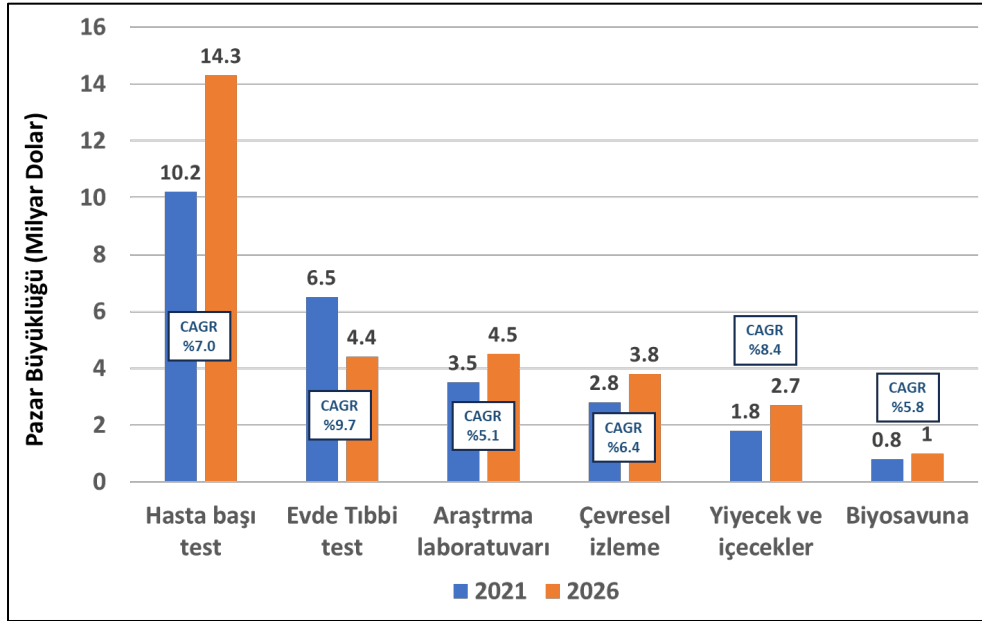


Kaynak: Global Forecast³³

Gömülü cihazlar, biyosensör pazarında büyük bir pazar payına sahiptir. Bu cihazlar, hasta başı test, evde teşhis, yiyecek ve gıda testleri, laboratuvar test cihazları, çevresel izleme ve biyosavunma gibi bir dizi uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazlarının yaygınlaşması ile sağlık uygulamalarında büyük bir dönüşüm yaşanmıştır. IoT, uygulamalı tedaviye, yüksek doğruluğa, doktorlar tarafından uygun müdahaleye ve gelişmiş eksiksiz hasta bakımına izin veren gerçek zamanlı uyarı ve izlemeye imkân vermektedir. Bu nedenle, gömülü cihazların kullanılmaya başlanması, biyosensörlerin pazar büyümesini yönlendirecektir. Şekil 22’de görüldüğü gibi hasta başı test teknolojileri, biyosensör pazarında en büyük payı almaktadır.

³³ Biosensors Market with Covid-19 Impact, Global Forecast to 2026”, Report Code: SE 3097,

Şekil 22: Gömülü Cihaz Tabanlı Biyosensörlerin Uygulama Şekillerine Göre Pazar Büyüklükleri (Milyar ABD Doları)



Kaynak: Global Forecast³⁴ [5,6]

Günümüzde sensör yama cihazları 1,1 milyar ABD doları gibi (Şekil 21) küçük bir pazar payına sahiptir; ancak pazarlarının önümüzdeki yıllarda önemli bir oranda büyümesi beklenmektedir. Giyilebilir cihazların tıbbi ve tüketici sektörlerindeki büyümesinin, sensör yama cihazlarının pazar büyümesini hızlandırması beklenmektedir. Giyilebilir ürünler, tıbbi sorunları olan kişilerin sağlıklarının düzenli olarak izlenmeleri için çok yararlı olacaktır. Bu tür gelişmeler, sensör yama cihazları pazarını yönlendirecek ve dolayısıyla hem kendi hem de bütün biyosensörlerin pazar varlığını artıracaktır.

TMT Predictions 2022 raporuna göre sağlık alanında akıllı saatlerin ve akıllı yamaların kullanım alanları artmaktadır [8]. Deloitte'un raporladığı 2021 Connectivity and Mobile Trends çalışmasına göre ankete katılanların %39'u akıllı saate sahiptir³⁵. Bu cihazları kullanarak kişiler kendi sağlıklarını yakından takip edebilmektedir. Örneğin kalp atış hızı ölçüm monitörleri çoğu akıllı saatte bulunmaktadır ve hatta bunların bazıları inmenin ana sebeplerinden biri olan atriyel fibrilasyon gibi anomalilerin tespiti için FDA onayı almış durumdadır [8]. Bu cihazlar daha gelişmiş teknolojilere sahip oldukça, özellikle kronik rahatsızlıkların izlenmesi ve ciddi hastalıkların semptomlarının takibi için daha fazla insan tarafından kullanılacağı

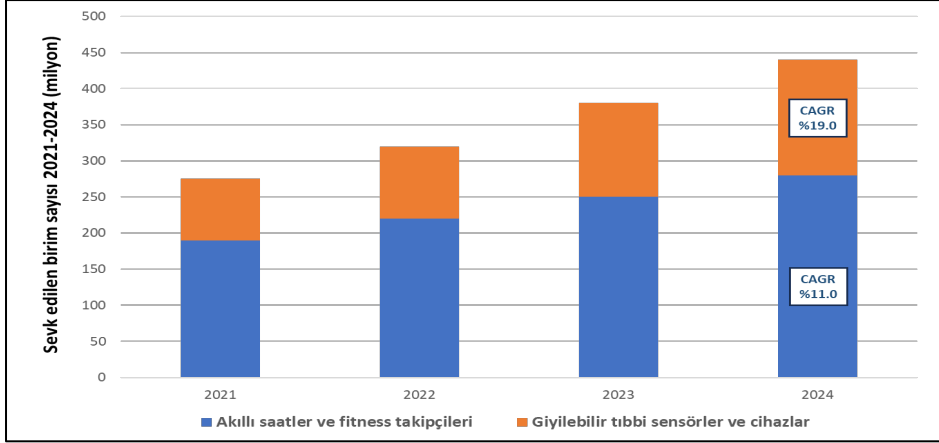
³⁴ MarketsandMarkets™, 2021

³⁵ [Connectivity and Mobile Trends Survey, 2021]

<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/telecommunications/connectivity-mobile-trends-survey-2021.html>

beklenmektedir. Giyilebilir sağlık cihazlarının 2021-2024 yılları arasında dünya genelindeki sipariş miktarlarındaki artış bu öngörüğü doğrulamaktadır.

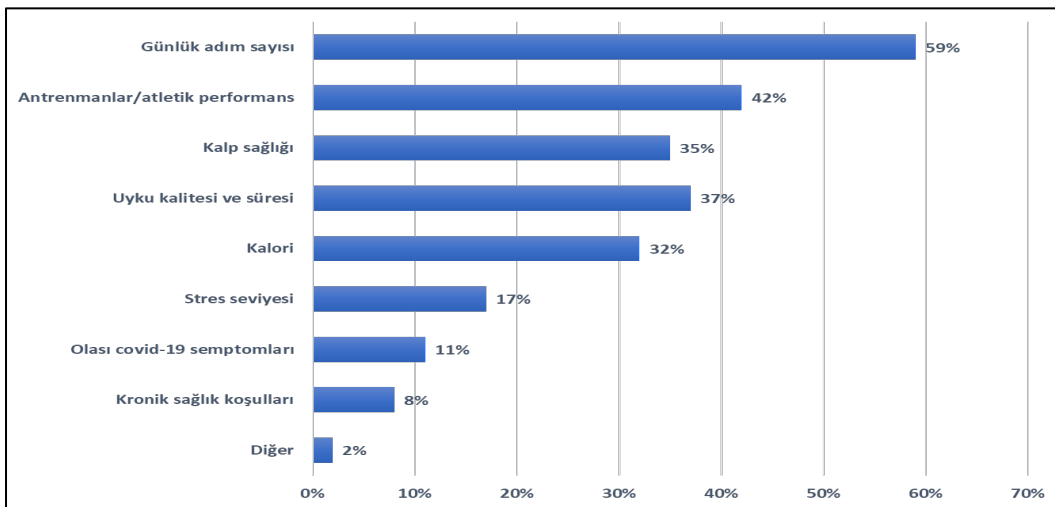
Şekil 23: 2021-2024 Arasında Giyilebilir Sağlık Cihazlarının Dünya Çapındaki Sipariş Miktarı



Kaynak: Loucks et al [8]

Akıllı saatlerdeki teknolojik ilerleme - sensör, yarı-iletken ve yapay zekâ teknolojilerindeki ilerlemeye bağlı olarak - son yıllarda hız kazanmıştır. Örnek olarak, PPG (Fotoplethysmografi - Photoplethysmography) teknolojisi ile kan hacmindeki değişimin sürekli takibi için kullanılan optik sensörler akıllı saatlerin bazılarında bulunmaktadır. Benzer sensörlerden gelen verinin makine öğrenmesi temelli algoritmalar ile işlenmesi sayesinde kullanıcıların hareketlilik miktarları, stres seviyeleri, kalp sağlıkları gibi konularda Şekil 24'teki anket çalışması bilgi vermektedir.

Şekil 24: Haziran 2021'de Yapılan Bir Anket Çalışmasına Göre İnsanların Akıllı Saatleri Kullanım Amaçları



Kaynak: Loucks et al [8].

Akıllı yamalar ise genellikle deriye yapıştırılan küçük, pasif, yeni teknoloji cihazlardır. Bazıları mikroskobik iğnelere sahip olan yamalar çoğunlukla diyabet yönetimi, hasta takip, ilaç salım gibi tek bir işlevi yerine getirmeyi amaçlar. Örneğin kalp atım düzensizlikleri için geliştirilmiş akıllı yamalar genellikle kalbin elektriksel aktivitesini nicemleyen elektrokardiyografi (EKG) teknolojisini kullanır ve akıllı saatlerden daha doğru ölçüm gerçekleştirirler (Loucks et al., 2022).

Sağlık teknolojileri şirketleri, tüketicilerin gittikçe artan giyilebilir sağlık cihazı taleplerini karşılamak için yeni işlevler geliştirmektedirler. Ancak giyilebilir cihazlar nispeten yeni olduğu için tüketiciler ve sağlık hizmeti sağlayıcıları tarafından daha yaygın kabulü zaman alabilir. Bu tür cihazları kullanan sağlık çalışanları, bu teknolojinin faydalı olduğunu ancak elde edilen verinin güvenilirliği, doğruluğu ve kullanım hatalarından kaynaklı durumların dezavantaj oluşturduğunu belirtmektedir.

Tablo 3, bölge bazında biyosensör pazarının büyüklüğünü göstermektedir. Burada; Kuzey Amerika'nın küresel biyosensör pazarının en büyük pay sahibi olduğu görülmektedir. Önemli endüstriyel oyuncuların varlığı ve nanoteknoloji gibi yeni teknolojik gelişmelerin erken benimsenmesi, Kuzey Amerika'daki biyosensör pazarının büyümesinin ana faktörleridir. Pazarın büyümesi, çoğunlukla biyosensörler içeren tıbbi cihazların araştırma ve geliştirilmesine yönelik fon artışından kaynaklanmaktadır.

Dünyada giyilebilir sağlık teknolojileri geliştiren irili ufaklı çok sayıda firma bulunmaktadır. Bunlardan önemli birkaçı şunlardır: Apple Inc., Samsung Electronics Co. Ltd, Garmin Ltd, Fitbit Inc., Fossil Group Inc., Huawei Technologies Co. Ltd, Sony Corporation, Microsoft Corporation, Omron Healthcare Inc., Medtronic PLC.

Tablo 3: Bölge Bazında Biyosensör Pazarının Büyüklükleri (Milyar ABD Doları)

Bölge	2021	2022	2023	2024	2025	2026	CAGR (2021-2026)
Kuzey Amerika	10.2	11.0	11.9	12.7	16.5	14.4	%7.1
Avrupa	7.0	7.5	8.0	8.5	9.1	9.6	%6.5
Asya Pasifik Ülkeleri	6.6	7.3	8.0	8.7	9.5	10.2	%9.0
Diğerleri	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.5	%7.5
Toplam	25.5	27.7	29.9	32.2	34.4	36.7	%7.5

Kaynak: Global Forecast³⁶

³⁶ [Global Smartwatch Market - Growth, Trends, Covid-19 Impact, and Forecasts \(2021 - 2026\) \(reportlinker.com\)](https://www.reportlinker.com/global-smartwatch-market-growth-trends-covid-19-impact-and-forecasts-2021-2026/)

Sağlık teknolojilerinin geliştirilmesi amacıyla Ar-Ge faaliyetleri açısından Avrupa Birliği'nde CORDIS tarafından giyilebilir teknolojiler konusunda birçok projeye destek sağlanmaktadır (Giyilebilir Teknolojiler Araştırma Raporu, 2020). Bunlara örnek olarak BEWELL (Fiziksel ve Duygusal Refahı İzleme ve Geliştirme Amaçlı Giyilebilir Sensörler ve Aktüatörler), A-PATCH (Bulaşıcı Hastalığın Gerçek Zamanlı Tespiti için Otonom Yama), WEARPLEX (Giyilebilir Çoklu Biyomedikal Elektrotlar), PEPZOSKIN (Biyoyumlu Kendi Gücünü Sağlayan Elektronik Cilt), NIGHTINGALE (Giyilebilir Sensör Teknolojisini Kullanarak Hastaları ve Bakıcıları Birbirine Bağlama), WELMO (Akciğerin Etkili Takibi için Giyilebilir Elektronik Cihaz) ve SOCKETSENSE (Amputeler İçin Gelişmiş Sensör Tabanlı Giyilebilir Protez Soketi Tasarımı ve Geliştirilmesi) projeleri sayılabilir.

Genelde biyosensör teknolojileri özelde giyilebilir sağlık teknolojileri gibi alanlardan elde edilen sağlık verilerinin işlenmesinde ve biyolojik veri işlemede yapay zekâ kullanımı ve teknolojinin en gelişmiş seviyesini (state of the art) belirleyen yöntemlerin saptanması için erişime açık büyük veri bankaları kurulmaktadır. Sistematik oluşturulan bu veri bankaları zaman içerisinde hem veri miktarı, hem de veri çeşitliliği anlamında genişletilerek zenginleştirilmektedir. Bu veri kümeleri üzerinde düzenli aralıklarla organize edilen ve genellikle “grand-challenge” olarak isimlendirilen dünya çapında katılıma açık organizasyonlar ile küresel kapsamda araştırmacıların ilgili probleme sunduğu çözümler ve başarımları belirlenmektedir. Sonuçlar ayrıntılı olarak raporlanmakta ve bu kapsamda yapılan yayınlar “benchmark” özelliği taşıyarak, gerek akademik gerek ticari çalışmalara kılavuzluk etmektedir. Diğer bir ifadeyle, her bir “challenge”da ortaya konulan problem, ilgili alanda dünyadaki tüm araştırmacıların katılımına açık olarak ortak veritabanı üzerinde çözülmekte ve sonuçlar karşılaştırılarak mevcut teknolojinin problemi çözmedeki etkinliği ve kısıtlılıkları saptanmaktadır. Günümüzde en yaygın kullanılan veri bankalarına örnek olarak UKBiobank (<https://www.ukbiobank.ac.uk/>) (İngiltere) ve National Cancer Institute (NCI, ABD) (<https://datascience.cancer.gov/resources/nci-data-catalog>) verilebilir. Bu veri bankaları hazırlanıp sonuçlar elde edildikçe, veri bankalarının hazırlanması ve yapay zekâ sistemlerini geliştirilmesinde kullanımı konusunda yeni standartlar geliştirilmektedir. Benzer şekilde, sonuçların değerlendirilmesi ve uzman değerlendirmelerine karşılık gelen başarımların belirlenmesi konusunda da önemli yenilikçi çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

2022-2023 Ar-Ge ve Yenilik Konu Başlıklarından “Yapay Zekâ Teknolojilerinde Öncelikli Ar-Ge ve Yenilik Konuları” altında yer alan “Sağlıkta Açıklanabilir Yapay Zekâ Çözümleri”nde yardımcı sağlık sistemlerinde açıklanabilir yapay zekâ yöntemleri ile

doktorların hasta başına harcadığı toplam zamanın azaltılması, teşhis ve tedavi süreçlerinin daha etkin hale getirilmesi hedefine yönelik olarak Temel/Uygulamalı Araştırma, Teknoloji Geliştirme ve Yenilik Projeleri desteklenmektedir. Bu kapsamdaki çalışmalar için Hastaneler, Üniversiteler, Büyük Ölçekli Sanayi Kuruluşları, KOBİ'ler, Teknopark Firmaları, Kamu Araştırma Enstitüleri/Merkezleri ile iş birlikleri oluşturulması tavsiye edilmektedir. Bu başlık altında projelerin odaklanması beklenen yenilikçi özellikler arasında geliştirilecek ürünlerle tıp doktorlarının hasta başına harcadığı zamanın kısaltılması, teşhis koyma aşamasında tüm olasılıkların değerlendirilmesi, hastaya uygun tedavi protokolünün belirlenmesi, bu hedefe konu olan sağlık alanına uyarlanmış uygulamalarla, bu modellerin verdikleri kararların nedenlerinin ve kaynaklarının açıklanmasına yönelik Ar-Ge ve yenilik çalışmaları yapılması, bu sistemlerin verdikleri kararlar ve ürettikleri çıktıların doktorlar tarafından teşhis ve tedavi süreçlerinin daha etkin hale getirilmesi amaçlı kullanılması, yardımcı sağlık sistemlerinde açıklanabilir Yapay Zekâ modülüne sahip bir sistemin rekabette yaratacağı üstünlük sayesinde pazarlarda öne geçmesi, teşhis ve tedavi süreçlerinin hızlanması, hekimlere yapacağı katkı sayesinde süreçlerin iyileşmesine fayda sağlaması, toplum sağlığına ve sağlık hizmetlerinin kalitesinin artmasına katkı sunulması, açıklanabilirlik sayesinde hataların takip edilmesi, giderilmesi, yanlışlığın kaldırılması, daha çok ve çeşitli verinin birlikte analiz edilmesi ile daha doğru tanımlar konulabilmesi, nesnelerin interneti uygulamalarıyla anlık sağlık takibi ve ön teşhislerle, yaşlanan nüfusun sağlık takibi konusunda da dünyada rekabet avantajı elde edilebilmesi yer almaktadır.

“Potansiyel Hastalık Belirleme/Takibe Yönelik Yapay Zekâ Çözümleri” başlığı altında ise geçmiş sağlık verilerin analizi ile kişiye özel potansiyel hastalık belirleme, durum tahmini ve takip sistemlerinin geliştirilmesi bu sayede kişisel sağlık takibi, kişiye özel tedavi yöntemleri, asistan hizmeti ve önleyici hekimliğe yardımcı olabilecek veriye dayalı Yapay Zekâ modellerinin geliştirilmesi hedefine yönelik olarak Teknoloji Geliştirme Projeleri desteklenmektedir. Bu kapsamdaki çalışmalar için Üniversite, Kamu ve Özel Sektör işbirlikleri oluşturulması tavsiye edilmektedir. Bu başlık altında projelerin odaklanması beklenen yenilikçi özellikler arasında sağlık süreçlerinde veriye dayalı Yapay Zekâ modellerinin kullanılması ile toplum sağlığına ilişkin kilit performans indikatörlerinin güçlendirilmesi, sağlık personelinin verimliliğini artırmaya dönük sonuçlar ortaya konulması, geçmiş sağlık verilerinin hem kural tabanlı hem de veriye dayalı analizi ile toplum sağlığı alanında pek çok katma değerli uygulamanın geliştirilmesi, Sağlık Bakanlığı tarafından işletilen ulusal yazılım sistemleri bünyesinde, toplumun çok büyük bir kısmında mevcut olan diyabet, hipertansiyon ve kalp

damar rahatsızlıkları gibi temel kronik hastalıkların erken dönemde tespiti ve izlem altına alınması, tedavi süreçlerinin kişiselleştirilmesi ve tedavi etkinliğinin izlenmesine dönük sistemlerin geliştirilmesi, veriye dayalı Yapay Zekânın etkin kullanımı ile kronik hastalıkların ve girişimsel cerrahi süreçlerine hazırlık, gebelik ve yeni doğan takibi gibi süreçlerde sürveyans ve erken uyarı amaçlı uzman karar destek sistemlerinin geliştirilmesi, Covid-19 tedavi etkinliği takibi gibi güncel konularda asistan veren sistemlerin geliştirilmesi, Sağlık alanında kullanılan ilaç ve malzemenin arz talep tahminlemede konvansiyonel olarak kullanılan tekniklere daha güçlü bir alternatif sağlayacak sistemlerin geliştirilmesi ve kişiselleştirilmiş sağlık uygulamaları, hastalık tahminleme ve önleme faaliyetlerine yardımcı olmak amacıyla medikal kayıtlardan ve akıllı cihazlar kullanılarak hastalardan toplanan verileri birleştirecek şekilde büyük veri kütüphanelerinin oluşturulması ve bulut tabanlı büyük veri analitiği çözümlerinin geliştirilmesi yer almaktadır.

Yenilikçi, gelecekte birçok sektörde önemli uygulama alanları bulacak olan mikro-nano motorlara ilişkin bilimsel ve teknolojik birikimin sağlanması hedefine yönelik olarak “Medikal Cihaz ve Robotik Cerrahi için Mikro-Nano Motorlar” geliştirilmesi amacıyla Temel/Uygulamalı Araştırma, Teknoloji Geliştirme ve Yenilik Projeleri desteklenmesi de TÜBİTAK 2022-2023 Ar-Ge ve Yenilik Konu Başlıkları arasında yer almakta olup bu kapsamdaki çalışmalar için Üniversiteler, Araştırma Enstitüleri ve Sanayi ile işbirlikleri oluşturulması tavsiye edilmektedir. Bu başlık altında projelerin odaklanması beklenen yenilikçi özellikler arasında medikal cihazlarda kullanılmak üzere mikro-nano motorların yerli olarak geliştirilmesi, robotik cerrahi ve hassas ölçüm cihazlarında kullanılmak üzere ve mikromanipülatör üretiminde karşılaşılan problemlerin çözümü için yüksek güçte verimli olarak çalışan, hafif ve uzun ömürlü mikro-nano motor teknolojilerinin geliştirilmesi ve vücut içinde dışarıdan kontrollü olarak hareket edebilen yumuşak ve esnek mikro robotların geliştirilmesi yer almaktadır.

Biyosensörler günümüzde; klasik yöntemlere alternatif olarak, gelecekte tanı alanının en büyük oyuncusu olacaktır. Optik, Elektrokimya ve Termal gibi farklı alanlardaki geliştirilen biyosensör teknolojileri, tanı ve test pazarını önemli ölçüde domine edecektir. Ancak, yavaş ticarileşme hızı, yüksek fiyat, yeni ürünlerin kalitesi, orijinalliği ve güvenilirliği ile ilgili kullanıcıların çekinceleri ve Ar-Ge’ye dâhil olan yüksek maliyetlerin pazarın büyümesini sınırlaması beklenmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerdeki pazarlarda; gıda endüstrisi ve çevresel izleme uygulamaları ve giyilebilir cihaz alanlarındaki yüksek büyüme fırsatlarının, biyosensör pazarında faaliyet

gösterenler için gelecekte kazançlı fırsatlar sunacağı öngörülmektedir. “Türkiye’de Giyilebilir Teknolojiler” araştırmasına göre Türkiye’den katılımcıların çoğu giyilebilir teknoloji ürünlerinin pahalı olduğunu, ancak gelecekte fiyatların düşeceğini ve ürünlerin kullanımlarının da artacağını düşünmektedir (Güven, 2016).

Türkiye’nin iki büyük üniversitesinde sağlık çalışanı olmak üzere eğitim gören 473 öğrenci üzerinde yapılan bir çalışmada kan şekeri, kalp atış hızı ve EKG’ler gibi temel fiziksel ölçümlerin nesnelerin interneti teknolojisi kullanılarak daha kolay olacağını beklediği sonucu çıkmıştır (Bodur et al, 2019). Aynı çalışmada, hastaların akıllı hayati takibi, mobil sağlık, hasta veri güvenliği, biyomedikal uygulamalar, giyilebilir teknolojiler, kronik hastalıklarda hemşirelik uygulamaları ve evde bakım gibi konuların gelecekte nesnelerin interneti teknolojisinin önemli uygulama alanlarından olacağını beklediği de ortaya çıkmıştır (Bodur et al, 2019).

Giyilebilir sağlık teknolojilerinin gelişmesi ve yaygınlaşması ile oluşacak inanılmaz miktarlardaki büyük verinin 5G teknolojisi, bulut teknolojileri ve uç yapay zekâ teknolojilerinin kullanımıyla işlenebileceği ve anlamlı senaryolarda kullanımının mümkün olacağı değerlendirilmektedir (Softtech Teknoloji Raporu, 2021).

Ülkemiz, son dönemde yüksek teknolojiye dayalı ekonomi politikasına bağlı olarak biyosensör teknolojileri gibi Ar-Ge’ye bağlı cihazların üretimine önem vermektedir. Burada takip edilmesi gereken önemli hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Ar-Ge süreçlerinin uzunluğu ve maliyetlerinin büyüklüğü düşünülerek, bu süreçlerin kesintiye uğramaması için gerekli ekonomik koşulların yaratılması.
- Ar-Ge süreçlerinde çalışabilecek yeterli donanıma sahip mühendislik ve yaşam bilimleri öğrencilerinin, ülkemize hizmet verebilmeleri için yeterli ekonomik güce sahip olmalarının sağlanması.
- Biyosensör uygulamalarının en önemli bileşeni olan hekimlerin, Ar-Ge yapan şirketler ve üniversite laboratuvar yürütücüleri ile iletişiminin sağlıklı bir şekilde yapılabileceği bir portalın ortaya konması.
- Sanayi kuruluşları, Ar-Ge merkezleri ve üniversite laboratuvarları arasındaki işbirliklerinin artırılması.
- Bu teknolojilerin test edilmesi ve sertifikasyon süreçleriyle ilgili bilgilerin ve dokümantasyonun, teknoloji geliştiren paydaşlara sağlıklı bir şekilde aktarılması.

- Biyosensör konusunda Ar-Ge merkezlerinin ve üniversitelerin bilinçlendirilmesi adına, bu konuda çalışmalar yürüten akademisyen ve sanayi paydaşlarının bilgilendirme toplantıları ve çalıştaylar yapması.

Ayrıca, bu noktada ulusal veri bankalarının kurulmasının teşvik edilmesi ve bu yönde stratejilerin geliştirilmesi de önerilmektedir. Erişime açık veri bankalarının KVKK çerçevesinde nasıl hazırlanması gerektiği netleştirilmeli ve bu sayede etik kurul izinlerinin alınması kolaylaştırılmalıdır. Ülkemiz için öncelikli konular belirlenmeli ve bu konulara ilişkin veriler sistematik olarak ve çok merkezli şekilde toplanmaya başlanmalıdır. Ulusal çapta kullanılacak yapay zekâ sistemlerinin geliştirilebilmesi için federe öğrenmeye dayalı yaklaşımlar kullanılmalı ve geniş çaplı saha testleri yapılmaya başlanmalıdır.

Kamu Hastaneleri Genel Müdürlüğü'nün ihtiyacı olan ve ülkemizde üretilmeyen orta-yüksek ve yüksek teknoloji medikal cihazlar konusunda yerli sanayinin geliştirilmesi planlanmalıdır. Kurulacak özel ihtisas komisyonları aracılığı ile yerli sanayinin gelişeceği alanların ve bu alanlarla ilişkili orta-yüksek ve yüksek teknoloji ürünlerin belirlenmesi gereklidir. Belirlenen ürünler için aşağıdaki hususlar önemlidir:

- Kamu Hastanelerinin ihtiyaç duyduğu teknik gereksinimlerin oluşturulması,
- Kamu Hastaneleri ihtiyacının en az %50'sinin belirli bir süre boyunca, yerli sanayiye alım garantisi olarak verilerek sanayiye tasarım ve üretim yetkinliği kazandırılması düşünülmelidir.

Sonuç olarak ilgili alanlarda sürdürülebilir gelişme sağlamak amacıyla alım garantisi verilecek firmalar için teknik ve idari kriterler oluşturulması, firmaların tasarım, üretim, pazarlama, satış, servis yetkinliklerindeki gelişiminin denetlenmesi gerekmektedir.

3.2.8. Savunma, Havacılık ve Uzay Sistemlerine Yönelik Elektronik Teknolojiler

ABD, mikro elektronik üretiminde liderliği başlıca Çin ve Tayvan olmak üzere Uzakdoğu ülkelerine kaptırmış durumdadır. Elektronik tasarımında hala lider olarak elektronik tasarım otomasyon araçlarında dünya pazarının %85'ini elinde bulundursa da üretimde payı %10 civarındadır. Özellikle 5 nm ve 7 nm ölçeğindeki ileri seviye tasarımlarda ve üretimlerde Tayvan ve Güney Kore merkezli firmaları kullanmaktadır. Hem ileri seviye gelişmiş tasarım hem de üretimde Uzakdoğu ülkelerine olan bağımlılığın savunma sanayiini de etkileyecek olması sebebiyle ulusal güvenlik için tehdit oluşturduğu değerlendirilerek, bu yeteneklerin ABD içinde yerleşik firmalara kazandırılmasını hedeflemektedir. Savunma elektroniğinde en

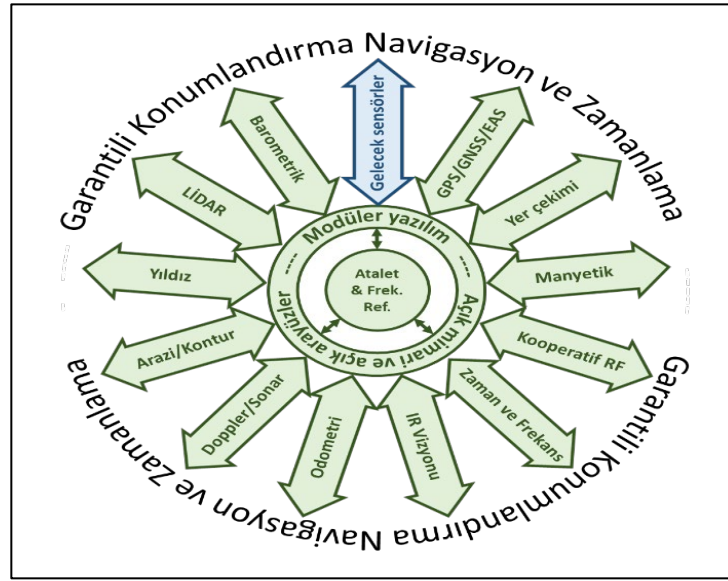
kritik yeni teknolojilerden biri de yapay zekâ çipleridir. Yapay zekâ uygulamalarında yapay zekâ çipleri ve genel amaçlı çiplerin performans farkları göz ardı edilemeyecek kadar yüksektir. En gelişmiş yapay zekâ çipleri, yapay zekâ algoritmalarının geliştirilmesinde geleneksel çiplerden binlerce kat daha hızlı olabilmektedir. Georgetown Üniversitesi Güvenlik ve Yükselen Teknolojiler Merkezi'ne göre bir yapay zekâ çipi, geleneksel bir çipe oranla Moore kanununa göre 26 yıllık gelişimin yaratacağı etki seviyesinde daha verimlidir. Özellikle savunma sanayii uygulamalarında kullanılacak özelleşmiş yapay zekâ çiplerinin tasarım yeteneğinin kazanılmasının ülkemiz için de stratejik olarak önemli olduğu değerlendirilmektedir.

En gelişmiş yapay zekâ çipleri 5 nm ve 7 nm ölçeğinde tasarlanmaktadır. ABD henüz bu ölçekte çip üretim yeteneğine sahip değildir. ABD merkezli Intel firmasının yapay zekâ sistemlerinde kullandığı FPGA'ler 10 nm ölçeğine göre tasarlanmaktadır, firma 2023 içerisinde 7 nm ölçeğinde üretim yapma kabiliyetine kavuşmayı hedeflemektedir. Ayrıca Tayvan merkezli TSMC firması da ABD Arizona'da kuracağı tesiste 2024 yılında 5 nm ölçeğinde üretim yapabilmeyi hedeflemektedir. Bu ölçeklerde üretim kabiliyetinin kazanılması ülkemiz için kısa ve orta vadede mümkün ve maliyet etkin olmasa da bu alanda tasarım kabiliyetinin kazanılmasıyla üretim için de ortaklıkların oluşturulması mümkün olabilecektir. Son yıllarda ülke olarak hem geliştirme hem de üretim kapsamında önemli bir yol kat ettiğimiz akıllı ve güdümlü mühimmatlarda da çok sayıda mikro elektronik bileşen kullanılmaktadır. Harbe hazır olma kapsamında, bu bileşenlerin tedarik ve üretim hızının gerektiğinde normal kapasitenin önemli bir miktar üzerine çıkarılabilmesi ve gerekli alt malzemelerin stoklarda yeterli miktarda bulundurulması da bu kapsamda değerlendirilmesi gereken önemli hususlardır.

Savunma elektroniği konusunda yurt dışına bağımlığımızı azaltabilmek için sahip olmamız gereken önemli kaynaklardan biri de yetişmiş insan kaynağıdır. Bu konuda tecrübeli çalışanların yurt dışına gitmesinin yanında son yıllarda üniversite öğrenimi için gençlerin yazılım mühendisliği programlarını daha yüksek oranda tercih etmeye başlamasıyla önümüzdeki dönemlerde mikro elektronik alanında yeni yetişecek insan kaynağı açısından bir sorun yaşanacağı ön görülmektedir. Benzer bir insan kaynağı sorunu diğer ülkelerde de ön görülmektedir. ABD tarafından bu soruna yönelik olarak, Purdue Üniversitesi başkanlığında 16 üniversitenin katılımıyla, başta savunma sanayii alanında olmak üzere mikro elektronik konusunda çalışma yapacak öğrencileri desteklemek üzere SCALE isimli bir program başlatılmıştır. Program başlıca ABD Savunma Bakanlığı tarafından fonlanmaktadır. Bu alanda benzer programların ülkemizde de uygulanmasının, öğrencilerin lisans eğitimi ve lisansüstü

eğitim seçimlerinde mikro elektronik alanını tercih etmesinin teşvik edileceği mekanizmalar oluşturulmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir. İleri navigasyon destek sistemlerinin navigasyon sistemlerine entegre edilmesi, dünyada, göreceli olarak, yeni üzerinde çalışılmaya başlanmış bir konudur. Yine Honeywell ve Northrop-Grumman gibi firmaların bu alanda ciddi çalışmaları mevcuttur. Bu tür sistemlerin kullanımı ile mevcut navigasyon sistemlerinin güvenilirliği ve çevresel etkenlerden bağımsız hassas navigasyon bilgisi üretme kabiliyetinin artırılabilceği açıktır.

Şekil 25: Northrop-Grumman Modüler Navigasyon Sistemi Mimarisi



Özellikle Ukrayna-Rusya savaşı ile Suriye hava sahasında uydu sinyallerinin ağır karıştırma ve aldatma nedeniyle kullanılmadığı görülmektedir. Bu durum insansız platformların bu tip koşullarda kullanımını ciddi oranda kısıtlamaktadır. Alternatif destek sistemlerinin kullanımı, bu tip koşullarda kritik bir taktik avantaj sağlayacaktır. Ülke olarak bu alana odaklanılarak, teknolojik olarak dünyadaki diğer büyük firmalardan geri kalmamak kritik öneme sahiptir. Global olarak savunma ve havacılıkta rekabet edebilmek için önemli bir teknoloji alanı olduğu değerlendirilmektedir. İleri Navigasyon Destek Sistemleri alanındaki faaliyetlerin devlet tarafından desteklenmesinin ülke kalkınmasına yüksek fayda sağlayacağı değerlendirilmektedir.

3.2.9. Bilgisayar Donanımı

Bilgisayar donanımlarındaki x86 mimarisi temelli hâkimiyet kısa bir süre öncesine kadar devam etmekteydi. Bu kısıtı Apple firması bilgisayar donanımlarında ARM tabanlı

olarak kendi tasarladığı çiplerin tercih edilmesiyle zayıflatmıştır. Dünyada açık kaynak donanım ve yazılım tasarımlarına artan ilgi neticesinde RISC-V buyruk kümesi University of California – Berkeley bünyesinde hizmet veren öğretim görevlileri önderliğinde açık kaynak olarak yayınlanmıştır. RISC-V ekosistemi tarafından desteklenen buyruk kümesi ve yazılım iş paketleri neticesinde birçok firma (Sifive, Andes, Incore vs.) buyruk kümesine uyumlu işlemciler ve SoC'ler geliştirme yarışına girmiştir. Firmaların yanısıra Rusya ve Hindistan'da RISC-V uyumlu SoC geliştirme çalışmalarının olduğu bilinmektedir. Buyruk kümesinin özgürleştirilmesi kapsamında başlatılan bu çalışmalar neticesinde Açık kaynak donanım geliştirilmesi adına iş birlikleri oluşturulmuş ve ilk ürünler kullanıcılara sunulmuştur.

Ülkeler kendi tasarımı olan işlemcileri geliştirmenin yanı sıra ihtiyaca özgün çözümleri de aynı SoC üzerinde gerçekleştirmeye yönelik çalışmalarını sürdürmektedir. Bu kapsamda grafik hızlandırıcılar, vektör hızlandırıcılar, yapay zeka hızlandırıcılar ve kripto hızlandırıcılar gibi konularda çalışmaların yürütüleceği öngörülmektedir. Bu kapsamda RISC-V tabanlı yüksek performans ve düşük güç tüketimi gibi alanlarda ülkemizde işlemci ve SoC geliştirme çalışmalarının yanında hızlandırıcı IP tasarımları gibi konularda çalışmaların yürütülmesi var olan trendi yakalamak adına önemlidir. İşlemci çalışmalarına ek olarak entegre bazında PCIE tabanlı anahtarlama devreleri ve PCIE çoklayıcı devreler gibi konularda çalışmalar yürütmek faydalı olacaktır.

İşlemci bileşenlerinin yanında sistem seviyesinde bulut çözümlerine yönelik geliştirmelerin yapılması da ülkemiz adına önemlidir. Yapay zekâ bileşenlerinin hızlı gelişmesi ve akabinde verinin kıymetlenmesi dikkate alındığında bulut çözümlerinin ülkemiz içerisinde kurulması ve firmaların üniversitelerin kullanıma açılması önem arz etmektedir. Kullanıcı yaklaşımlarının bulut üzerine döndüğü değerlendirildiğinde kurumların ortak veya dağıtık bulut çözümlerinin olması hem veri güvenliğini sağlamak hem de siber güvenlik çözümlerini kolay uygulayabilmek adına çok önem arz etmektedir. Artan bulut çözümlerini destekleyecek şekilde donanım ve yazılım çözümlerinin de yerli olarak planlanması orta vadede ülkede oluşacak bilgi birikiminin artmasına ve kendine yeter bir ekosistemin oluşmasına katkı sağlayacaktır.

3.2.10. Siber-Güvenlik

Siber güvenlik politikaları ve teknolojileri düzenli olarak gözden geçirilmeli ve gereksinimlere uygun olarak güncellenmelidir. İnsan kaynağı yetiştirme ve kapasite geliştirme için eğitime önem verilmelidir. Bu alanda çalışan personel güvenlik uygulamaları, zararlı yazılım analizi, tehdit istihbaratı ve makine öğrenimi gibi araçları kullanarak siber güvenliğin

sağlanmasında etkin bir şekilde rol almalıdır. Siber güvenlik konusundaki etkin personel yazılım geliştirme, ağ sistemleri, bilgisayar mimarileri gibi alanlarla doğru orantılı olarak gelişmektedir. Bu yüzden, ülkenin geleceği açısından da kritik bir çalışma alanı olduğundan siber güvenlik ve bilgi teknolojileri eş yatırım alanı olarak düşünülmelidir.

Avrupa Birliği (AB) ürün güvenliği düzenlemeleri Yeni Yasal Çerçeve (New Legislative Framework) kapsamında yayımlanmış olan 23 adet düzenlemeyi içermektedir. AB içerisinde telsiz ekipmanlarına ilişkin piyasa gözetimi ve denetimi faaliyetleri ise 2014/53/EU Radio Equipment Directive (RED) kapsamında yürütülmektedir. 1 Ocak 1996 yılında yürürlüğe giren Gümrük Birliği Anlaşması kapsamında söz konusu düzenleme ülkemiz mevzuatına 2014/53/AB Telsiz Ekipmanları Yönetmeliği (TEY) olarak uyumlaştırılmıştır. Avrupa Birliği tarafından ürünlerin siber güvenliği ile ilgili düzenlemeler ihdas edilmekte ve var olan düzenlemelere de siber güvenlik ile ilgili başlıklar eklenmektedir. Ocak 2022’de AB Resmî Gazetesi’nde RED’in bir alt düzenlemesi olan 2022/30 EU düzenlemesi yayımlanmıştır. Bu düzenleme kapsamında “internet bağlantılı” belirli telsiz ekipmanlarının siber güvenlik gereklerini karşılaması gerekmektedir. Bu kapsamda ülkemizde yapılacak alt düzenleme ile TEY’in temel gerekler maddesinde yer alan siber güvenliğe ilişkin gereklerin sağlanması hedeflenmektedir. Söz konusu temel gerekler TEY’in “Temel Gerekler” başlıklı 5 inci maddesinde;

“(3) Belirli kategorilerdeki veya sınıflardaki telsiz ekipmanları, aşağıdaki temel gerekleri karşılayacak şekilde imal edilir:

ç) Haberleşme şebekesine veya şebekenin çalışmasına zarar vermez ve şebeke kaynaklarının uygunsuz kullanılması nedeni ile haberleşme hizmetinin kabul edilemez bir seviyede bozulmasına sebep olmaz.

d) Kullanıcıların ve abonelerin kişisel bilgileri ile gizliliğinin korunmasını sağlamak için tedbirler içerir.

e) Sahtekârlığa karşı korunma sağlanması için belirli özellikleri destekler.”

hükmü ile belirtilmiştir.

Söz konusu düzenlemeye göre 1 Ağustos 2024 tarihinden itibaren AB pazarına arz edilen “internet bağlantılı” cihazların siber güvenlik kriterlerini sağlaması zorunlu olacaktır. Ancak henüz CENELEC tarafından bu kriterlere ilişkin harmonize standartlar üzerinde çalışılmakta olup standartların yayımlanmasının yaklaşık 9 ay gecikebileceği belirtilmektedir. Bu nedenle söz konusu düzenlemenin uygulama tarihinin 2025 yılına ertelenmesi olasıdır.

Harmonize standartların bulunmaması imalatçı firmaların cihazlarının RED'e uyumlu olduğunu ispat edebilmesi için Onaylanmış Kuruluşlara başvurması gerekmektedir. RED kapsamında Türkiye'de bir Notified Body (Onaylanmış Kuruluş) henüz bulunmamaktadır ancak AB NANDO sistemine kayıtlı tüm onaylanmış kuruluşlar AB ülkeleri tarafından tanınmakta olup herhangi birinden hizmet alınabilmektedir. Henüz standardizasyon çalışmaları devam eden söz konusu standartlara ilişkin test, eğitim ve donanım temini hususlarının BTK uhdesinde yürütülmesini teminen gerekli çalışmaların yapılması planlanmaktadır.

Bununla birlikte, 2022/30 EU düzenlemesi yalnızca "internet bağlantılı" telsiz ekipmanlarını kapsamaktadır. Şu anda AB'de çok daha geniş kapsamlı bir düzenleme olan Cyber Resilience Act (Siber Dayanıklılık Yasası - CRA) üzerinde çalışılmakta olup söz konusu düzenlemenin 2024 yılında yayımlanması beklenmektedir. CRA tüm elektronik cihazları kapsayan geniş ölçekli bir siber güvenlik düzenlemesidir ve AB'nin hedeflerinden biri olan ve 2030 yılında dijital dönüşümünü tamamlaması için oluşturulan "dijital on yıllık yol haritasının" bir parçası olarak, dijital dönüşüm sürecinde tüketicileri ve pazarı siber olaylardan korumayı amaçlamaktadır. Böylece tüm cihazlar ve dijital hizmetler için siber güvenlik kuralları oluşturularak asgari bir siber güvenlik seviyesi sağlanması planlanmaktadır. Bu düzenleme ile 2022/30 EU düzenlemesinin yürürlükten kaldırılma ihtimalinin yüksek olduğu AB Komisyon çalışanları tarafından vurgulanmaktadır. Ancak 2022/30 EU düzenlemesi için CENELEC tarafından üretilecek harmonize standartların kullanılmaya devam edeceği ifade edilmektedir. Bu kapsamda, imalatçıların CRA ve/veya 2022/30 EU düzenlemesine uyum sağlayabilmek için harmonize standartlar yayımlanıncaya kadar bir onaylanmış kuruluş ile çalışmaları gerekmektedir olup AB Resmi Gazetesi'nde yayımlanmış olan herhangi bir onaylanmış kuruluşa başvurmaları yeterlidir. Ancak siber güvenlik alanında Türkiye'de yerleşik bir onaylanmış kuruluşun bulunmasının imalatçılar için daha ekonomik olacağı belirtilmektedir. Ayrıca siber güvenlik ve gizlilik için Türkiye'nin Avrupa Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) kapsamında Yeterli Koruma Bulunan Ülke Statüsü kazanılması açısından önemli bir konudur. Bu nedenle 2021 yılından beri Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB) ve sektörden paydaşlar ile toplantılar düzenlenmekte olup siber güvenlik alanında Türkiye'de yerleşik bir onaylanmış kuruluş tahsis çalışması sürdürülmektedir. Söz konusu toplantılarda TEY kapsamında bir onaylanmış kuruluşun sahip olması gereken nitelikler, hukuki altyapısı, teknik detayları ve gerekli prosedürler ile ilgili bilgi paylaşımında bulunmaktadır. Böylece onaylanmış kuruluş olarak atanmak isteyen özel sektör ve kamu kurumlarının gerekli çalışmaları gerçekleştirebilmesi için uygun ortam sağlanmaktadır.

Şebeke ve Bilgi Güvenliği (Network and Information Security – NIS) Direktifi siber güvenlikle ilgili AB tarafından kabul edilen siber güvenlik mevzuatının ilk parçasıdır. NIS Direktifi, temel hizmetlerin işletmecileri ve dijital hizmet sağlayıcılar için geçerli olan bir dizi şebeke ve bilgi güvenliği gereksinimleri belirlenmişti. Avrupa Konseyi dijitalleşme ve siber saldırılardaki artışla birlikte artan tehditlerle mücadele etmek için NIS Direktifinin yerine alacak NIS2 Direktifi için bir teklif sundu. NIS2 Direktifinde güvenlik gereksinimlerinin güçlendirilmesi, tedarik zincirinin güvenliğinin ele alınması ve raporlama yükümlülüklerini düzenlenmesi yer almaktadır. NIS2 Direktifinin kapsamının daha fazla kurum ve sektörü etkili bir şekilde önlem almaya zorlayarak genişletilerek uzun vadede Avrupa’da siber güvenlik seviyesinin artırılması amaçlanmaktadır. NIS2 Direktifi, 16 Ocak 2023’te yürürlüğe girdi ve üye devletlerin önlemlerini ulusal mevzuatlarına aktarmaları için 21 aylık süre tanımlanmıştır.

AB dışındaki bir ülkenin GDPR Yeterli Korumanın Bulunduğu Ülke ilan edilme prosedürü düzenlenmiştir. Buna göre; bir ülke aşağıdaki prosedür izlenerek, Avrupa Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) 45. maddesindeki kriterler dikkate alınmak suretiyle yeterli korumanın bulunduğu ülke statüsünü kazanabilecektir:

- Avrupa Komisyonunun teklifi,
- Avrupa Veri Koruma Kurumunun görüşünün alınması,
- Avrupa Birliği üyesi ülkelerin temsilcilerinin onaylarının alınması,
- Avrupa Komisyonu tarafından alınan kararın kabul edilmesi

Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Konseyi alınan kararların değiştirilmesi, korunması ve iptal edilmesi için her zaman kendilerine verilen yetkileri kullanabilirler. Yeterli korumanın bulunduğu ilan edilen bir ülkeye, ilave bir koruma önlemine ihtiyaç duyulmaksızın veri aktarımı yapılabilecektir. Diğer bir değişle, güvenli ülke ilan edilen ülkelere yapılan veri transferleri Avrupa Birliği içinde yapılmış gibi kabul edilecektir. Şu ana kadar Andorra, Arjantin, Kanada (ticari kuruluşlar), Faroe Adaları, Guernsey, İsrail, Man Adası, Japonya, Jersey, Yeni Zelanda, İsviçre ve Uruguay Avrupa Birliği tarafından GDPR yeterli korumanın bulunduğu ülkeler olarak tanınmıştır.16 Haziran 2021’de AB Komisyonu, Avrupa Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) kapsamında kişisel verilerin Güney Kore’ye de aktarılması için yeterlilik kararının kabul edilmesi sürecini başlatmıştır. 28 Haziran 2021’de Komisyon, Avrupa Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) kapsamında kişisel verilerin Birleşik Krallık’a aktarımı için yeterlilik kararı kabul etmiştir.

Türkiye'nin Avrupa Birliği nezdinde Yeterli Korumanın Bulunduğu Ülke statüsü kazanması ve AB üye ülkelerinin Kurul tarafından yeterli korumaya sahip ülkeler listesinde yer alması önemlidir. Bu durumda kişisel veri aktarımları Türkiye ile AB arasında serbestçe yapılabilecektir. Şu anda mevcut yapıda, yurt dışına kişisel veri aktarımı oldukça zor şartlarda sağlanmaktadır ve çağımızın mevcut hızlı yapısına aykırı durumdadır. Türkiye'nin, Avrupa Birliği nezdinde yeterli korumaya sahip ülkeler arasında sayılması, kişisel veri transferini oldukça kolaylaştıracak ve ülkemizin küresel rekabetteki yerini sağlamlaştıracaktır. Türkiye'nin yeterli korumaya sahip ülke olarak kabul edilmesi için yapılması gereken birtakım değişiklikler mevcuttur. Bunlardan birincisi, her ne kadar Kişisel Verilerin Korunması Kanunu ve ilgili mevzuat Avrupa Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) ile paralel düzenlemeler içeriyor olsa da Kişisel Verilerin Korunması Kanunu ve ilgili mevzuatın, Avrupa Genel Veri Koruma Tüzüğü'ne uygun hale getirilmesidir. Burada bahsedilen, sadece belirli maddelerin değiştirilmesi değil, sözü edilen ilgili mevzuatın tamamının, Avrupa'daki muadili ile uyumlaştırılmasıdır. Söz konusu değişiklik yapıldığı takdirde, Türkiye ve AB'de uygulanan kanunlar büyük oranda denk hale gelecektir. Dolayısıyla, AB, kendi kullandığı Kanun'un büyük ölçüde benzerini kullanan Türkiye'yi yeterli korumanın bulunduğu ülke kabul edebilecektir. Bir diğer konu ise, Türkiye'nin GDPR yeterli korumaya sahip ülkeler arasında yer alması için AB ile resmi müzakere sürecinin başlatılması gerekmektedir. Bildiğiniz gibi, ticaretimizde büyük ortağımız Avrupa Birliği olmaktadır. Ticaretin bu kadar yoğun olduğu durumda veri transferi ise kaçınılmaz olmaktadır. Mevcut durumda ise kişisel veri transferi neredeyse imkânsız olmaktadır. Bu durumun bir an evvel değiştirilmesi gerekmektedir. Kişisel Verileri Koruma Kurulundan izin alınarak, kişisel veri aktarımı yapılması süreci hem yavaşlatmakta hem de her zaman mümkün olmamaktadır. Kişisel Verileri Koruma Kurulu 02.05.2019 tarih, 2019/125 no.lu Kararı ile yeterli korumaya sahip ülkelerin belirlenmesinde esas alınacak kriterleri belirlemiş olup henüz bu ülkelerin listesini yayımlamamıştır. Kurul tarafından, AB üye ülkelerin yeterli korumaya sahip ülkeler olarak ilanı ile Türkiye'nin yeterli korumanın bulunduğu ülke ilan edilmesi durumunda ise bu problemler büyük ölçüde çözülecektir. Bütün paydaşların bu konuda çalışması çok büyük önem arz etmektedir.

Bunun yanında kişisel verilerin yurt dışına aktarılma şartları, 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK)'nın dokuzuncu maddesi kapsamında düzenlenmiştir. KVKK'nın 9. maddesi uyarınca kişisel veriler ancak ilgili kişinin açık rızası olması durumunda yurt dışına aktarılabilir. Kişisel veriler, beşinci maddenin ikinci fıkrası ile altıncı maddenin üçüncü fıkrasında belirtilen şartlardan birinin varlığı ve kişisel verinin aktarılacağı yabancı ülkede;

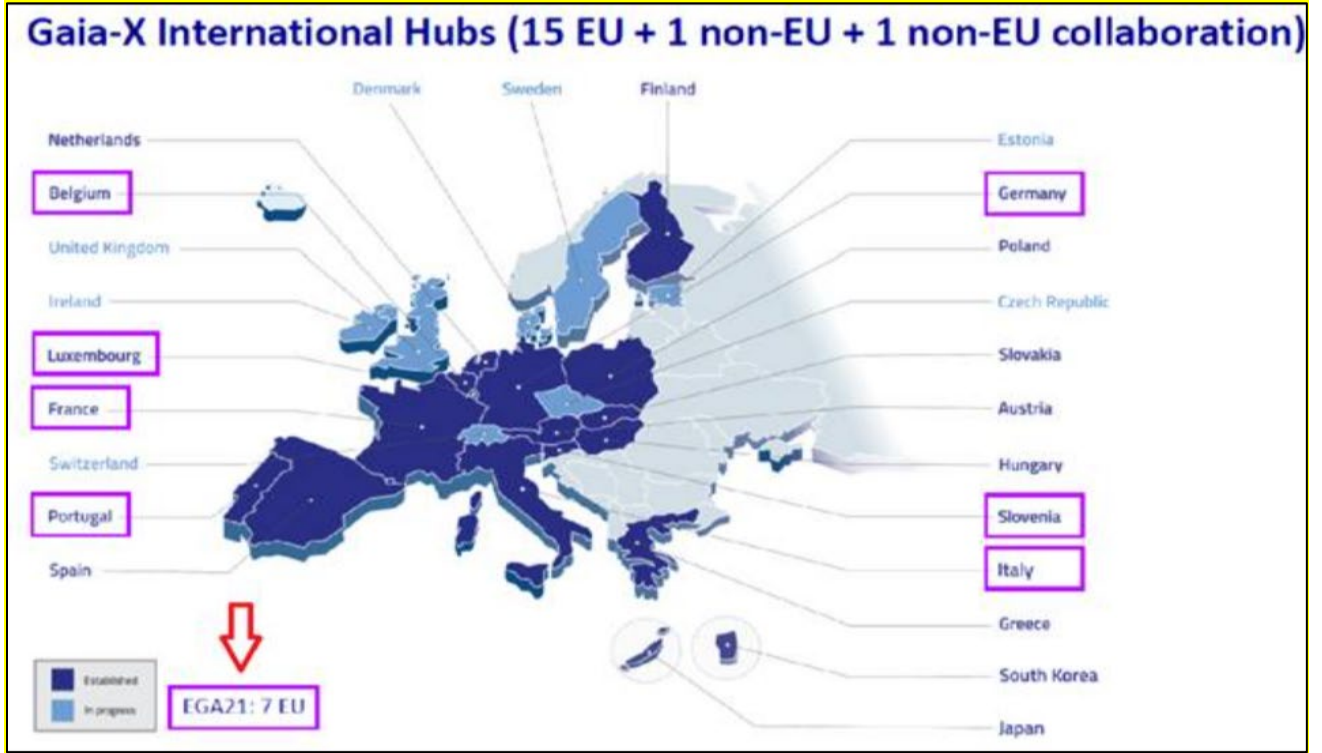
- Yeterli korumanın bulunması,
- Yeterli korumanın bulunmaması durumunda Türkiye'deki ve ilgili yabancı ülkedeki veri sorumlularının yeterli bir korumayı yazılı olarak taahhüt etmeleri ve Kişisel Verileri Koruma Kurulunun izninin bulunması, kaydıyla ilgili kişinin açık rızası aranmaksızın yurt dışına aktarılabilir.

Bu noktada, yurt dışına veri aktarımı gerçekleştirecek veri sorumlusunun gerekli kontrolleri yapması gerekmektedir. Bunlardan birincisi, veri aktarımı yapılacak ülkenin yeterli korumanın bulunduğu ülkeler listesinde olup olmadığının araştırılmasıdır. Ancak, yeterli korumanın bulunduğu ülkeler listesi bugüne kadar Kurul tarafından açıklanmamıştır. Türkiye'nin GDPR yeterli koruma bulunan ülke statüsü almasıyla beraber yeterli korumanın bulunduğu ülkeler olarak AB bünyesindeki ülkelerinin tanımlanması sağlanabilecektir. Bu noktada, Veri Sorumlularının yurt dışına veri aktarımı için tek seçenekleri, ilgili kişilerden açık rızalarını almaktır. Somut durumda yaşadığımız sıkıntı, Kurul'un yurt dışına veri aktarımı için şu aşamada sadece açık rıza hukuki sebebinin kabul etmesinden kaynaklanmaktadır. Sayılan problemlerin çözümü ancak Kişisel Verilerin Korunması Kanununun değiştirilerek GDPR rejimine uyumlu hale getirilmesi ile mümkün olacaktır. Mevzuatın GDPR ile tam uyumlu hale getirilmesi ülkemiz ekonomik çıkarlarına son derece güçlü bir şekilde hizmet edecektir. Türkiye'nin de GDPR yeterli korumanın bulunduğu ülkeler arasında yer alması ve bunun için de AB ile ilgili sürecin başlatılması çok önemli olacaktır.

Dijital dönüşüm, iklim değişikliğiyle birlikte Avrupa dönüşüm stratejisinin iki ayağından biridir. Covid-19 salgını AB'nin dijital dönüşümünü her zamankinden daha gerekli ve hızlı hale getirmiştir. Dünya, dördüncü sanayi devriminin bir sonraki aşamasının eşiğindedir. Avrupa veri işleme, yapay zekâ, nesnelerin interneti ve siber güvenlik alanlarında yoğun bir şekilde çalışmaktadır. Avrupa dışındaki ABD'li aktörlerin kişisel veri toplama ve bulut bilişimde başı çektiği ilk yıllara göre bu çalışmalar Avrupa'yı çok daha avantajlı bir konuma getirecektir. Dijital geçiş süreci için veri egemenliği kritik öneme sahiptir, bu nedenle GAIA-X AB bulutu projesi de başlatılmıştır. GAIA-X'in amacı Avrupa veri altyapısı için ortak

gereksinimler geliştirmektedir. Bu nedenle açıklık, şeffaflık ve diğer Avrupa ülkelerine bağlanma yeteneği GAIA-X'in merkezinde yer almaktadır. Avrupa ülkeleri, şirketler ve üniversiteler şu anda GAIA-X projesinde aktif olarak destek vermektedir. Birçok Avrupa ülkesi, UK, Japonya ve Güney Kore de GAIA-X üyeleri arasına katılmıştır. İhracatının büyük bir kısmını Avrupa ülkelerine yapan Türkiye'nin de GAIA-X ülkeleri arasına katılması kritiktir.

Şekil 26: GAIA-X Üye Ülkelerinin Dağılımı



Kaynak: data-infrastructure.eu³⁷

3.2.11. Ekran Teknolojileri

Elektronik sanayiinde hem bilgisayar donanımı hem de tüketici, ev elektroniği etkilemesi bakımından ekran teknolojileri kritik öneme sahip ürünler arasında yer almaktadır.

LCD Ekran Teknolojisi

1900'lü yılların başlarında geliştirilen katot-ışınli-tüp teknolojisi uzun yıllar ekran teknolojisinin ana bileşeni olarak hizmet vermiştir. Ancak yerini 1980'li yıllarda yavaş yavaş LCD ekran teknolojisine bırakmıştır. 2020'li yıllarda uzun vadede Organik Işık Yayan Diyot

³⁷ <https://www.data-infrastructure.eu/GAIA-X/Navigation/EN/Home/home.html>

(OLED) ekran teknolojisinin LCD Ekran teknolojisini ekran pazar payı açısından yakalayacak ve geçeceği öngörülmektedir. OLED ekran pazarı “Foldable”, “Flexible” ve “Rigid” olarak üçe ayrılmış durumdadır ve 2025 yılında toplam büyüklük olarak dünya LCD ekran pazarına denk hale gelecektir. Bu trendin sürmesi ve 2028-2030 civarında LCD’nin OLED’e karşı pazarı kaybetmesi beklenmektedir. Hâlihazırda LCD teknolojisine sahip ekranların tükenme (obsolescence) problemleri ortaya çıkmaya başladığı bilinmekte olup bilhassa özel çalışma şartlarında ve niteliklerde OLED ekranların maliyetlerinin çok yüksek olacağı ve yine ithalat kısıtlamalarına tabi olacağı izlenmekte olduğundan OLED teknolojisinin geliştirilmesi kritik önemdedir.

OLED Ekran Teknolojisi

Organik malzemelerde “elektrolüminesans” olgusunun bulunmasından sonra OLED geliştirme çalışmaları başlamış, çalışan ilk OLED ekran 1987 yılında Eastman Kodak tarafından geliştirilmiştir (Tang & Vanslyke, 1987). Bu tarihten itibaren OLED ekranlar ile ilgili yapılan çalışmaların ve elde edilen ilerlemenin sürekli olması neticesinde OLED ekranlar günümüz ekran pazarında yerini almıştır. Cep telefonları, televizyonlar ve otomobiller OLED teknolojisini yaygın kullanan sistemlerdir. Uzun yıllardır kullanılan LCD ekran teknolojisinin yakın gelecekte yerini tamamen OLED ekran teknolojisine bırakması beklenmektedir. OLED ekran teknolojisi, sahip olduğu avantajlar nedeniyle tükenme riski giderek artan LCD ekran teknolojisinin en büyük alternatifi konumundadır. En büyük avantajları üretim teknolojisinden kaynaklı olarak geliştirilen ekranların esnek, ince ve hafif olabilmesi ve LCD teknolojisine kıyasla sahip oldukları yüksek parlaklık (lüminans), yüksek kontrast oranı, arka ışık ihtiyacının bulunmayışı sebebiyle düşük güç tüketimi ve geniş görüş alanıdır.

OLED cihazının teknoloji dünyasına tanıtılmasıyla birlikte akademi çevrelerinin ve sanayinin gösterdiği yoğun ilgi, bu alanda çok sayıda yayın yapılmasına ve patent alınmasına yol açmıştır. 1989 yılında Cambridge Üniversitesi’nde konjüge yapılı polimeri ışık yayıcı olarak kullanma yoluyla “Elektrolüminesans”ın bir dönüm noktası olan bir keşif yapılmış ve solüsyon-işlenebilir OLED malzemeler geliştirilmiştir. Zaman içerisinde OLED malzemeler ve OLED aygıtların geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmaların sayısı giderek artmış, OLED teknolojisi aydınlatma ve ekranlar olmak üzere 2 ayrı sektörde yaygın şekilde kendini göstermiştir. Ekran sektöründe 2010 yılından sonra bilhassa Samsung firmasının cep telefonu ve tablet ürünlerinde OLED teknolojisi ön plana çıkmış olup sonrasında büyük ekran televizyon sektöründe de OLED çalışmaları hız kazanmıştır. Mevcut durumda LCD üreticisi olan birçok firma tesislerini OLED üretim tesisine çevirerek özellikle esnek ekranlar üzerine çalışmalar

yapmıştır. Günümüzde şu an OLED ekran pazarında katlanabilir (foldable), esnek (flexible) ve esnek olmayan (Rigid) ekranlar mevcuttur. Samsung, LG gibi önemli firmaların yol haritalarında OLED teknolojisinin LCD'den sonraki tek alternatif ekran teknolojisi olarak lanse ettiği görülmektedir. (LG firmasının büyük ekranlar için sloganı "It is either OLED or OLED" şeklindedir.)

Ekran Teknolojilerinde LCD/OLED Pazarının Seyri

Organik ışık yayan diyot (OLED) ekran teknolojisi son yıllarda önemli ölçüde ilerlemiş ve yüksek çözünürlüklü akıllı telefonlar, Tablet PC'ler ve TV'ler gibi üstün performansa sahip tüketici elektroniği ürünlerine giderek daha fazla uyarlanmıştır. Esnek OLED ekranlar, akıllı telefonlar ve akıllı saatler gibi tüketici elektroniği cihazlarında ticarileştirilmeye başlamış, OLED teknolojisindeki gelişmelere ek olarak, OLED ekranların üstün performans uygulamaları için başarılı bir şekilde geliştirilmesi ve benimsenmesi, ince film transistör (Thin Film Transistor-TFT) arka panel teknolojisi, piksel sürücü elektroniği, piksel desenleme teknolojileri ve enkapsülasyon teknolojilerindeki ilerlemeleri beraberinde getirmiştir.

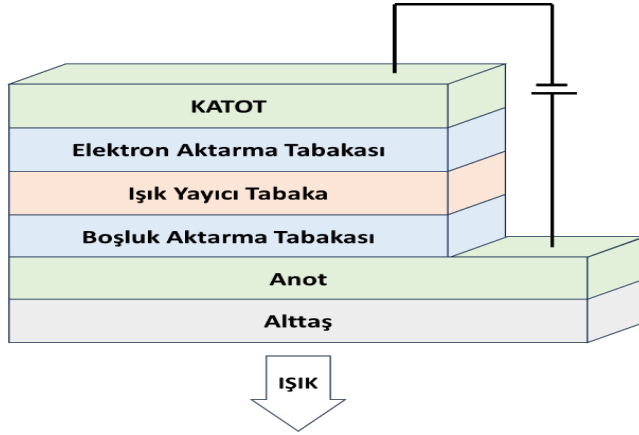
Bu ve bunun gibi çok işlevli gösterge cihazlarının içinde kullanılan ekranlar kullanıcı arayüzünün gerekli olduğu pek çok uygulamada yaygın olarak kullanılmakta ve görev yapan pilot veya operatörlere icra etmekte oldukları göreve (yük taşıma, personel taşıma, arama kurtarma, vb.) yönelik durum farkındalığı sağlayan tüm bilgileri istenen ebat ve formatlarda sağlamaktadır.

OLED Cihazların Işık Yayma Mekanizması

OLED (Organik Işık yayan diyot) aygıtlar en temel haliyle anot ve katot elektrotları arasında organik katmanların bulunduğu, bu organik katmanlardan biri olan ışık yayan tabakanın uygulanan potansiyel fark altında kendiliğinden ışık yaydığı bir teknolojidir. Katmanlar 1-100 nm arasında değişen kalınlıklardadır. Bir OLED aygıtı ait en basit katman mimarisi aşağıda verilmiştir.

Bu teknolojiye bazı tanımlar şu şekildedir:

Şekil 27: En Temel OLED Aygıt Katman Mimarisi



Alttaş, genellikle yüksek ışık geçirgenliğine sahip cam, plastik vb. malzemelerden üretilmektedir. Anot, şeffaf bir elektrottur. Dünyada anot malzemesi olarak en yaygın kullanılan malzeme İndiyum Kalay Oksit (ITO) malzemesidir. Grafen teknolojisinin keşfi ve bu malzemenin sahip olduğu özellikler nedeniyle grafenin de OLED aygıtlarda anot olarak kullanımıyla ilgili çalışmalar vardır.

Boşluk/Elektron aktarma tabakaları, sisteme elektron ve boşlukları sağlayan katmanlardır. Bu elektron ve boşluklar ışık yayıcı tabaka içerisinde elektrik alan altında birleşerek aygıtın kendiliğinden ışık yaymasını sağlarlar. Işık Yayıcı Tabaka, elektrik alan altında kendiliğinden ışık yayan organik bir malzemedir. Bu tabaka için polimer, küçük molekül, kuantum nokta (Quantum Dot-QD) gibi çeşitli malzemeler kullanılabilir.

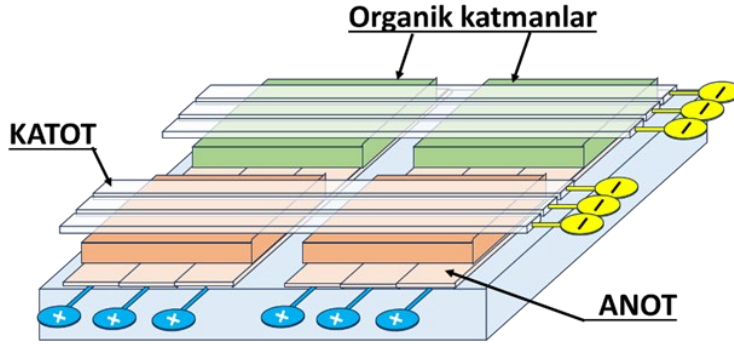
Katot, metal bir elektrottur. Genellikle Alüminyum tercih edilir.

PMOLED ekran sürme tekniğinde anot ve katot malzemeleri birbirine dik olan şeritlerden oluşur. Kesişen noktalar pikselleri oluşturur (Şekil 9). Bu teknik ile ekran üretimi yapılabilir ancak yüksek gerilim ihtiyacı ve çapraz karışma (crosstalk) nedeniyle ancak düşük çözünürlük ve düşük alanlı (maksimum 2 inçlik diyagonal) ekranlarda kullanılabilir.

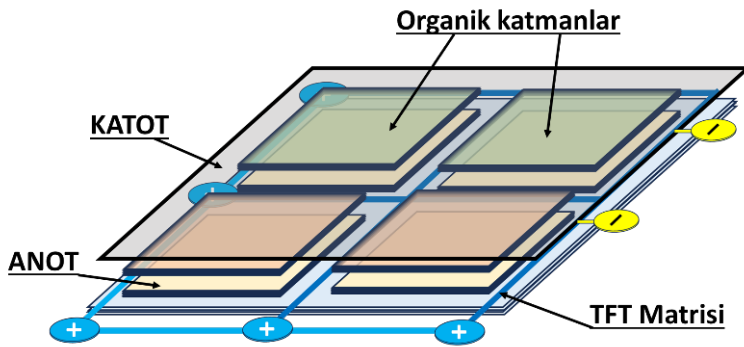
AMOLED ekran sürme tekniğinde ise her pikseli kendine ait mikro veya nano boyutta transistörleri olacaktır. Bu transistörlerin oluşturduğu dizinler İnce Film Transistör Teknolojisi (TFT) olarak adlandırılmaktadır. TFT dizinindeki transistörler pikselleri birbirinden bağımsız

olarak süreceğinden daha az gerilim ihtiyacı olmakta ve bu nedenle yüksek çözünürlük ve geniş alanlı ekranların üretilmesine olanak sağlamaktadır. Bugünlerde 2 inçten büyük tüm ekranlar (cep telefonları, televizyonlar vb.) AMOLED teknolojisi ile üretilmektedir.

Şekil 28: Pasif Matris Piksel Düzeni (PMOLED)



Şekil 29: Aktif Matris Piksel Düzeni (AMOLED)



Ülkemizde beyaz eşya firmalarında LCD ve OLED ekranlar kullanılarak ile TV, akıllı tahta gibi ürünlerin seri üretimi yapılabilmektedir. Ancak bu ürünlere yönelik teknolojik bileşenlerin LCD ekranların geliştirilmesine yönelik kabiliyetler hayli sınırlıdır. Dolayısıyla LCD ekranların tedarikinde dışa bağımlılık devam etmektedir.

OLED teknolojisi ile ilgili olarak ise ülkemizin pek çok üniversitesinde OLED aygıtların birkaç piksel olarak ve monokrom olarak geliştirilmesi başarılıdır. LCD teknolojisinden farklı olarak ülkemizde:

- Kuantum Nokta ışığı malzemelerin özgün geliştirilmesi,

- Düşük çözünürlükte OLED ekranların ışığıcı katman yapılarının farklı renkler için geliştirilmesi,
- İnce film transistör dizinlerinin geliştirilmesi,

yönünde teknoloji geliştirme çalışmaları bazı üniversitelerimizde ve TÜBİTAK MAM'da ve ASELSAN'da yürütülmektedir. Katma değer potansiyeline sahip bir alan olan OLED ekran teknolojisine yönelik bazı altyapılar bu kuruluşlarda sınırlı düzeyde kurulmuş olup bu altyapıların seri üretim yapabilir şekilde geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Bugüne dek; monokrom, düşük çözünürlükte ve pasif matris olarak yapılagelen OLED ekran tasarım çalışmalarının; renkli, yüksek çözünürlükte ve aktif matris ince film transistör dizinleri kullanılarak devam ettirilmesi ve bu tasarımların Devletimiz tarafından desteklenmesinin sağlanması halinde; sağlıklı bir teknolojik geçiş ve gelişim tamamlanmış olacak, bu konudaki Ülkemizde var olan teknolojik birikim olumlu şekilde değerlendirilmiş olacaktır.

3.3. Yatay Teknolojiler

Blockchain, yapay zekâ, büyük veri, nesnelerin interneti, dijital ikiz gibi yatay teknoloji alanlarındaki gelişmeler de sektörü ilgilendirmektedir.

Türkiye'yi kritik teknolojilerin üreticisi haline getirmek ve 2023 Sanayi ve Teknoloji Strateji Belgesi'nin etkililiğini artırmak için Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yol haritaları ve strateji belgeleri hazırlanmaktadır. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi (CBDDO) ile işbirliği ve koordinasyon ile hazırlanan Ulusal Yapay Zekâ Strateji Belgesi, 2021 yılı Ağustos ayında kamuoyu ile paylaşılmış, eylem planları hazırlanmış ve strateji belgesinin uygulama safhasına geçilmiştir

- **Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi**

Teknolojideki dönüşümde belirleyici unsurlardan biri haline gelen ve önemi giderek artan Yapay Zekâ konusunda Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2021 yılında CBDDO ile birlikte Ulusal Yapay Zekâ Strateji Belgesini kamuoyuna paylaşmıştır. Sonrasında, stratejide yer alan 119 tedbir için eylem planı hazırlanmış ve tüm paydaş kurum ve kuruluşlara sorumlu oldukları eylemler bildirilerek çalışmalara başlanmıştır. Millî Teknoloji Hamlesi doğrultusunda stratejik öncelik ve amaçlara daha etkin ve hızlı şekilde ulaşabilmesini temin etmek için ve gerekli üst seviye koordinasyonu sağlamak üzere Cumhurbaşkanlığı Yardımcılığı liderliğinde "Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi Yönlendirme Kurulu" oluşturulmuştur. Bu yönetim mekanizması kapsamında "Veri Yönetişimi", "İnsan Kaynakları", "Teknik Altyapı ve Platformlar", "YZ

Hukuku ve Etik”, “Güvenilir ve Sorumlu YZ”, “Kamu YZ Ekosistemi” ve “YZ Yetkinlik Geliştirme Merkezi” konu başlıklarına odaklanılmış olup, bu hususlara özel uzmanlardan oluşan çalışma grupları faaliyete alınmıştır. Bu koordinasyon ile küresel gelişmelere paralel konumda kalmak ve sonraki aşamada öncü olmak amaçlanmıştır. Strateji belgesi ve eylem planının neticesinde yapay zekânın, tüm yasal düzenlemeler ile etik ilke ve değerlere saygılı, teknik açıdan sorunsuz ayrıca sosyal çevresini dikkate alan bir teknoloji olmasını temin etmek ve gerekli tüm alanlarda yaygınlaşması hedeflenmektedir.

- **Dijital İkiz Teknolojileri Geliştirilmesi**

Önümüzdeki yıllarda dijital ikiz teknolojisi hızla ilerleyerek çeşitli endüstri ve sektörleri devrim yapma potansiyeli oluşturacaktır. Dijital ikizler, yapay zekâ, makine öğrenimi ve IoT gibi çeşitli teknolojilerle giderek daha fazla entegre olmaktadır. Bu entegrasyon, kapasitelerini artırmakta ve veri analizi, tahmin ve karar verme için daha güçlü araçlar haline gelmektedirler.

Dijital ikizler, üretim ve havacılık gibi birçok endüstride sağlık, kentsel planlama ve inşaat dâhil olmak üzere geniş bir yelpazede güncel uygulamaları bulunmaktadır. Bu uygulama çeşitliliği, dijital ikiz teknolojisinin çok yönlülüğünü ve pek çok alana hitap ettiğini açık bir şekilde göstermektedir. IoT cihazları ve sensörlerle entegrasyon, dijital ikizin gerçek zamanlı veri toplamasına olanak tanırken, fiziksel sistemleri yüksek doğrulukla yansıtma ve kontrol etme yeteneğini artırmaktadır.

Dijital ikiz teknolojisi enerji kullanımını optimize etmek ve çevresel endişelerin üst düzeyde olduğu bir dönemde sürdürülebilir uygulamaları desteklemek amacıyla kullanılmaktadır. Dijital ikizde etkileşim ve görselleştirmek için artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) kullanımı, kullanıcıların karmaşık sistemleri anlamalarını ve sağladıkları verilere dayalı kararlar almalarını kolaylaştırmaktadır.

Dijital ikiz teknolojisinin ilerlemesiyle birlikte, veri güvenliği, gizliliği ve standardizasyonla ilgili sorunlar ele alınması gereken zorluklar olarak ortaya çıkmaktadır. Bu zorluklar, teknoloji ilerledikçe daha da karmaşık hale geliyor. Dijital ikiz teknolojisi daha yaygın hale geldikçe, düzenleyiciler, farklı endüstrilerde kullanımını düzenlemek ve standartlaştırmak için güvenlik ve uygunluk sağlamak amacıyla ISO, SAE gibi kuruluşlar aracılığıyla standartlar oluşturmaktadır.

Dijital ikiz teknolojisinin iş süreçlerine önemli bir etki yapması beklenmektedir. Böylelikle verimliliği artıracak, yeni iş modelleri ve gelir kaynaklarını mümkün kılacaktır.

Dijital ikiz teknolojisinin önümüzdeki yıllarda sürekli evrimi daha fazla ilerlemeyi beraberinde getirerek uygulamaları yeni alanlara genişletecektir. Sonuç olarak, çeşitli endüstrilerde olduğu gibi elektronik sanayiinde de karar verme, verimlilik ve sürdürülebilirlik üzerinde olumlu etki yaparak ekonomik ve çevresel faydalara katkı sağlayacaktır.

- **Büyük Veri**

Büyük veri teknolojileri, elektronik endüstrisini birçok şekilde dönüştürmede kritik bir rol oynamaktadır. Büyük veri analitiği, elektronik üreticilerine üretim süreçlerini anlık olarak izleme ve analiz etme olanağı sağlar. Bu, üretim sürecinin erken aşamalarında sorunların belirlenmesine olanak tanıyarak ürün kalitesini artırma ve atıkları azaltma yolunu açar. Günümüzde büyük veri Sezgisel Bakım ve Makine Öğrenimi algoritmaları, makine ve ekipman performansını optimize etmek için kullanılmaktadır. Elektronik endüstrisi karmaşık küresel tedarik zincirlerine dayanmaktadır. Büyük veri teknolojileri, tedarik zincirine daha iyi görünürlük kazandırma, envanteri takip etme ve lojistik süreçleri optimize etme imkânı sunar. Bu, zamanında üretim taleplerini karşılama ve tedarik zinciri kesintilerini azaltma gerekliliği için esas teşkil etmektedir.

Büyük veri, elektronik şirketlerinin müşteri etkileşimleri ve tercihlerinden veri toplama ve analiz etme olanağı sunmakla birlikte, ürünleri ve hizmetleri özelleştirmek için kullanılmakta, bu da daha memnun müşterilere ve artan marka bağlılığını sağlamaktadır. Elektronik endüstrisi önemli miktarda enerji tüketmektedir. Büyük veri teknolojileri, üretim tesislerinde enerji tüketimini izlemek ve optimize etmek için kullanılabilir, süreçleri daha enerji verimli ve çevre dostu hale getirmektedir.

Büyük veri, pazar araştırması ve rekabet analizi yapmak için gereklidir. Piyasa trendleri, tüketici davranışları ve rakip stratejilerine dair içgörüler sunar, şirketlere bilinçli kararlar alarak rekabetçi kalmalarını sağlar. Ayrıca elektronik endüstrisinin dijitalleşmesinin arttığı bir dönemde büyük veri teknolojileri, siber güvenliği güçlendirmek için kullanılmaktadır. Gerçek zamanlı güvenlik tehditlerini ve zayıf noktaları tanımda yardımcı olur. Elektronik endüstrisi çeşitli düzenlemelere ve standartlara tabidir. Büyük veri teknolojileri, veri yönetimi ve raporlama için kullanılarak düzenleyici gereksinimlere uygunluğu sağlamaktadır.

Elektronik endüstrisi son derece dinamik bir sektördür ve büyük veri teknolojilerinin sürekli evriminin daha fazla fayda ve yenilik getirmesi beklenmektedir. Bu sebeple ülkemizin bu kapsamdaki altyapılara katkı sağlamalıdır. Büyük miktarda veriyi işleme ve analiz etme yeteneği, ilgili sektörde ve bağlı sektörlerde verimlilik, ürün kalitesi ve rekabetçilik konularında

daha fazla ilerlemeye yol açacaktır.

4. SONUÇ VE GENEL DEĞERLENDİRME

Elektronik sanayi, ülkemizin gelişmesine çeşitli şekillerde önemli katkılar sağlayabilir:

- Ekonomik Büyüme: Elektronik sanayi, ekonomik büyüme için bir motor olabilir. Elektronik ürünler ve hizmetlerin ihracatı, ekonomik büyümeyi teşvik ederken, bu sektördeki yatırımlar istihdamı artırır ve yerel ekonomiyi canlandırır.
- Teknolojik İnovasyon: Elektronik sanayi, teknolojik inovasyon ve ilerleme konusunda önemli bir rol oynar. Yeni ve gelişmiş elektronik ürünler ve hizmetler, diğer sektörleri de olumlu yönde etkileyebilir, örneğin verimliliği artırabilir ve yeni iş modellerini mümkün kılabilir.
- Eğitim ve Yetenek Geliştirme: Elektronik sanayi, özellikle STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) alanlarındaki eğitim ve yetenek geliştirme için fırsatlar yaratabilir. Bu, ülkenin genel teknolojik yeteneklerini ve rekabet gücünü artırabilir.
- Altyapı ve Servisler: Elektronik sanayi, altyapı ve hizmetlerin geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Örneğin, iletişim teknolojileri, enerji dağıtım ağları, ulaşım sistemleri ve hatta sağlık hizmetleri gibi alanlarda.
- Ulusal Güvenlik: Elektronik sanayi, ulusal güvenliği de güçlendirebilir. Özellikle siber güvenlik ve savunma teknolojileri gibi alanlar, ülkenin güvenliğini koruma ve tehditlere karşı koruma yeteneğini artırabilir.

Sonuç olarak, elektronik sanayi, ülkemizin ekonomik, teknolojik ve sosyal gelişmesinde önemli bir rol oynayabilir. Bu sektörün gelişimini desteklemek, ülkemizin gelecekteki başarısı ve refahı için önemlidir.

KAYNAKÇA

- [1] Elektrik-Elektronik Sanayii Sektör Raporu 2021.
- [2] Ericsson Mobility Report, Haziran 2022.
- [3] Das, S.S.; Kumar, J.; Dawn, S.; Salata, F. Existing Stature and Possible Outlook of Renewable Power in Comprehensive Electricity Market. Processes 2023, 11, 1849. <https://doi.org/10.3390/pr11061849>
- [4] Dias, D., & Paulo Silva Cunha, J. (2018). Wearable health devices—vital sign monitoring, systems and technologies. Sensors, 18(8), 2414.
- [5] Luxton, Richard. "Challenges and future aspects of sensor technology." Advanced Sensor Technology. Elsevier, 2023. 853-877.
- [6] Universal Biosensors, Annual General Meeting, 24 July 2020 [Report Code: SE 3097]
- [7] Travagnin, M. "Cold atom interferometry for inertial navigation sensors." Publ. Office of EU, Luxembourg. Search in (2020).
- [8] Loucks, Eric B. The Mindful College Student: How to Succeed, Boost Well-being, and Build the Life You Want at University and Beyond. New Harbinger Publications, 2022.
- [9] European Chips Act (ECA), 2022
- [10] HPC wire, 2022
- [11] JABIL, 2023
- [12] McKinsey and Company, 2022
- [13] Deloitte Semiconductor Industry Outlook, 2023
- [14] R Palma et al. (2022). The Growing Challenge of Semiconductor
- [15] Inter Solar – Global Market Outlook, 2022
- [16] Ross YOUNG (2019). OLED Supply Chain Results - Display Supply Chain Consultants
- [17] Ericsson Mobility Report, June 2022, <https://selectra.net/sites/selectra.net/files/2022-09/ericsson-mobility-report-june-2022.pdf>, (01.02.2023)
- [18] 5G ve Ötesi Beyaz Kitap, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 5GTR Forum, Temmuz 2018, <https://www.btk.gov.tr/duyurular/5g-ve-otesi-beyaz-kitap>, (01.02.2023)
- [19] 3GPP, Releases, [The 3GPP's System of Parallel Releases](https://www.3gpp.org/Releases), (01.02.2023)
- [20] https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2023.pdf
- [21] <https://www.enisa.europa.eu/topics/cyber-threats/threats-and-trends>
- [22] <https://purplesec.us/resources/cyber-security-statistics/#APTs>
- [23] 5G Vadisi Açık Test Sahası Test Şebeke Altyapıları, <https://5gtrforum.org.tr/faydalanicilar>, (01.02.2023)
- [24] UAB, Haberleşme Genel Müdürlüğü, ULAK Projesi, [Projelerimiz - Haberleşme Genel Müdürlüğü \(uab.gov.tr\)](https://projelerimiz-haberlesme-genel-mudurlugu.uab.gov.tr), (01.02.2023)
- [25] ULAK Haberleşme A.Ş., <https://ulakhaberlesme.com.tr/tr/kurumsal/hakkimizda>
- [26] Haberleşme Teknolojileri Kümelenmesi, <https://www.htk.org.tr/haberlesme-teknolojileri-kumelenmesi-icerik-77>, (01.02.2023)

[27] UAB, UDH Araştırmaları Merkezi Başkanlığı, 5. Nesil (5G) Mobil Haberleşme Altyapısının Geliştirme Projelerinin Desteklenmesi Amacıyla Çağrı Programı, [5. Nesil \(5G\) Mobil Haberleşme Altyapısının Geliştirme Projelerinin Desteklenmesi Amacıyla Çağrı Programı Hazırlanmıştır. - - UDHAM \(uab.gov.tr\)](#) , (01.02.2023)

[28] Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Türkiye Elektronik Haberleşme Sektörü,  Aylık Pazar Verileri Raporu, 2022-4. eyrek,

[29] <https://www.btk.gov.tr/uploads/undefined/ceyrek-raporu-2022-4-c-eyrek-22-03-23-kurumdis-i.pdf>, (06.06.2023)

[30] https://ec.europa.eu/growth/toolsdatabases/nando/index.cfm?fuseaction=country.notifiedbudy&cou_id=792

[31] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/cyber-resilience-act>

[32] [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689333/EPRS_BRI\(2021\)689333_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689333/EPRS_BRI(2021)689333_EN.pdf)