

5G VE 6G TEKNOLOJİLERİ: YENİ NESİL AĞLARIN EKONOMİK VE SOSYAL ETKİLERİ

Bared Çil
İKV Uzmanı

5G



6G

5G ve 6G Teknolojileri: Yeni Nesil Ağların Ekonomik ve Sosyal Etkileri

Bared Çil, İKV Uzmanı

Giriş

Küresel ölçekte dijital dönüşüm süreci, bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızlı gelişimiyle birlikte yeni bir yapısal döneme girmiştir. Ekonomik faaliyetlerin dijitalleşmesi, kamu hizmetlerinin çevrim içi ortama taşınması ve bireylerin günlük yaşam pratiklerinin giderek ağ temelli hale gelmesi, dijital altyapının stratejik bir unsur olarak önemini artırmıştır. Bu bağlamda iletişim ağlarının kapasitesi, hız ve güvenilirlik düzeyi, dijital ekonominin sürdürülebilir büyümesi için belirleyici bir faktör hâline gelmiştir.

Beşinci nesil (5G) mobil iletişim teknolojisi, yalnızca veri aktarım hızında bir artış sağlamamış, aynı zamanda düşük gecikme süreleri, yüksek bağlantı yoğunluğu ve ağ dilimleme gibi özellikleriyle dijital dönüşümün altyapısal motoru olmuştur. 5G, akıllı şehirlerden otonom araçlara, uzaktan sağlık hizmetlerinden endüstriyel otomasyona kadar pek çok yeniliğin önünü açarak “hiper bağlantılı toplum” vizyonunu somutlaştırmıştır. Bununla birlikte, altıncı nesil (6G) teknolojisine yönelik küresel AR-GE çalışmaları, ağ teknolojilerinde yalnızca bir teknik ilerlemeden ziyade, iletişim paradigmasının yeniden tanımlandığı bir dönüşüm sürecine işaret etmektedir.

Dolayısıyla 5G’den 6G’ye geçiş, basit bir teknolojik gelişimden ibaret değildir. 6G, yapay zekâ destekli ağ yönetimi, kuantum iletişim, terahertz frekansları ve enerji verimliliği gibi yeniliklerle birlikte dijital altyapının bilişsel bir yapıya dönüşmesini öngörmektedir. Bu geçiş, verinin yalnızca iletildiği değil, aynı zamanda işlendiği ve yorumlandığı akıllı ağ anlayışını merkeze almaktadır. Söz konusu dönüşüm, ekonomik rekabet gücünü, toplumsal etkileşim biçimlerini ve sürdürülebilir kalkınma dinamiklerini doğrudan etkileme potansiyeline sahiptir.

1. 5G Teknolojisinin Temelleri ve Özellikleri

5G, yalnızca bir bant genişliği artışı değil, iletişim ağlarının yapısal tasarımında köklü bir dönüşümü temsil etmektedir¹. 4G’nin sağladığı temel kapasite artışının ötesinde, 5G yüksek hız, ultra düşük gecikme süresi, yoğun bağlantı kapasitesi ve esnek ağ mimarisi gibi nitelikleriyle dijital ekonominin yeni altyapısını oluşturmaktadır. Bu özellikler, 5G’yi yalnızca bir iletişim teknolojisi değil, aynı zamanda veri merkezli bir inovasyon platformu hâline getirmektedir².

4G’den Farkları: Hız, Gecikme ve Bağlantı Yoğunluğu

5G’nin en belirgin farkı, veri iletim hızında sağladığı dramatik artıştır. 4G’nin ortalama 100 megabit/saniye (Mbps) seviyesindeki hızına karşılık 5G, teorik olarak 10 gigabit/saniyeye (Gbps) kadar veri aktarımı yapabilmektedir. Bu fark, kullanıcı deneyimi açısından yalnızca daha hızlı indirme anlamına gelmemekte; gerçek zamanlı etkileşim, bulut tabanlı işlemler ve sanal gerçeklik uygulamaları gibi yüksek bant genişliği gerektiren teknolojilerin yaygınlaşmasını da mümkün kılmaktadır.

¹ Qualcomm, “Everything you need to know about 5G”, 02.02.2021, <https://www.qualcomm.com/5g/what-is-5g>, Erişim Tarihi: 10.10.2025

² Cisco, “What is 5G?”, 11.08.2025, <https://www.cisco.com/site/us/en/learn/topics/networking/what-is-5g.html>, Erişim Tarihi: 10.10.2025

Gecikme süresi (*latency*) açısından da 5G, 4G'ye kıyasla çarpıcı bir ilerleme sunmaktadır. 4G'de ortalama 50 milisaniye civarında olan gecikme, 5G'de 1 milisaniyenin altına düşebilmektedir. Bu, özellikle otonom araçlar, endüstriyel robotlar ve uzaktan cerrahi gibi milisaniyelik tepki sürelerine ihtiyaç duyan uygulamalar için kritik bir avantajdır.

Ayrıca, 5G'nin desteklediği bağlantı yoğunluğu 4G'nin çok ötesindedir. 5G altyapısı, bir kilometrekarelik alanda yaklaşık bir milyon cihazın eşzamanlı bağlantısını destekleyebilir. Bu kapasite, "nesnelerin interneti" (IoT) ekosisteminin ölçeklenmesi açısından belirleyici olup, akıllı şehirlerden tarımsal sensör sistemlerine kadar geniş bir kullanım alanı yaratmaktadır.

Ağ Dilimleme, Düşük Gecikme ve Nesnelerin İnternetine Etkisi

5G'nin en yenilikçi unsurlarından biri, ağ dilimleme (*network slicing*) teknolojisidir. Bu özellik, fiziksel bir ağ altyapısının sanal olarak birden fazla dilime ayrılmasına ve her bir dilimin farklı gereksinimlere göre özelleştirilmesine imkân tanır. Örneğin, bir dilim düşük gecikme gerektiren sağlık uygulamalarına tahsis edilirken, bir diğeri yüksek veri hacmi gerektiren medya yayıncılığı için kullanılabilir. Bu yaklaşım, ağ kaynaklarının daha etkili yönetilmesini ve hizmet kalitesinin garanti altına alınmasını sağlar.

Ağ dilimleme, aynı zamanda 5G'nin kurumsal ve endüstriyel kullanımını artıran temel bir unsurdur. Fabrika otomasyonu, akıllı ulaşım sistemleri veya kamu güvenliği ağları gibi alanlarda, özelleştirilmiş dilimler sayesinde güvenlik, hız ve bant genişliği gereksinimleri bağımsız biçimde optimize edilebilir.

Bu mimari, düşük gecikme süresiyle birleştiğinde, IoT (*Internet of Things*) ekosisteminin gelişiminde çarpan etkisi yaratmaktadır. Milyarlarca sensör ve cihazın gerçek zamanlı veri alışverişi, 5G'nin sunduğu bu ağ esnekliği sayesinde yönetilebilir hâle gelmektedir. Bu durum, enerji şebekelerinden tarım teknolojilerine, ulaşımdan lojistiğe kadar çok sayıda sektörde verimlilik artışı ve maliyet düşüşü sağlamaktadır.

5G Altyapısının Teknik Bileşenleri

5G'nin performansını belirleyen en temel unsur, altyapı mimarisinin çok katmanlı yapısıdır. 4G ağlarında çoğunlukla makro baz istasyonları (*macro cells*) kullanılırken, 5G sistemleri mikro ve nano hücrelerden oluşan yoğunlaştırılmış bir ağ topolojisine sahiptir. Bu yapı, daha yüksek frekans bantlarının kısa menzilin telafi ederken, kapsama alanında süreklilik sağlar³.

Baz istasyonları (*gNodeB*)⁴, 5G ağının fiziksel omurgasını oluşturur. Bu istasyonlarda kullanılan çoklu giriş-çoklu çıkış (*Massive MIMO*)⁵ anten sistemleri, aynı anda çok sayıda sinyali iletebilme kapasitesi sayesinde veri yoğunluğunu önemli ölçüde artırır. Bu teknoloji, özellikle kentsel alanlarda ağ performansını optimize ederken, kırsal bölgelerde spektrum verimliliğini yükseltir.

³ IBM, "What is 5G?", 18.04.2025, <https://www.ibm.com/think/topics/5g>, Erişim Tarihi: 11.10.2025

⁴ Wray Castle, "5G'de gNodeB nedir?", 02.09.2024, https://wraycastle.com/tr/blogs/sozluk/what-is-gnodeb-in-5g?srsltid=AfmBOoo9e6MgGyeyzbeaxgh8UjTIFV6DBqKlh_MCVEjX0kxYnhC6-taB, Erişim Tarihi: 13.10.2025

⁵ Keysight, "What is 5G Massive MIMO?", 19.02.2020, <https://www.keysight.com/blogs/en/inds/2020/02/19/what-is-5g-massive-mimo>, Erişim Tarihi: 13.10.2025

Bir diğerk kritik unsur, spektrum yönetimidir. 5G, üç farklı frekans bandını, düşük (sub-1 GHz), orta (1–6 GHz) ve yüksek (*mmWave*, 24 GHz ve üzeri), kullanarak hız ve kapsama arasında denge kurar. Düşük bantlar geniş alan kapsamı sağlarken, yüksek bantlar çok yüksek veri hızları sunar ancak menzili sınırlıdır. Bu nedenle, ulusal düzeyde etkin spektrum planlaması ve regülasyonu, 5G ağlarının yaygınlaşması için stratejik öneme sahiptir.

5G altyapısında uç bilişim (*edge computing*)⁶ entegrasyonu, verinin merkeze gönderilmeden yerel olarak işlenmesini mümkün kılarak hem gecikmeyi azaltmakta hem de ağ trafiğini hafifletmektedir. Bu yapı, özellikle otonom sistemler ve akıllı şehir uygulamalarında operasyonel verimlilik sağlamaktadır.

2. 5G Teknolojisinin Ekonomik ve Sosyal Etkileri

5G teknolojisi, yalnızca mevcut iletişim ağlarının bir üst versiyonu değil, dijital ekonominin yeniden yapılanmasını mümkün kılan bir altyapı devrimi olarak değerlendirilmektedir⁷. Yüksek hız, düşük gecikme süresi ve yüksek bağlantı kapasitesi sayesinde 5G, üretim süreçlerinde otomasyonun artmasını, gerçek zamanlı veri akışının etkili yönetilmesini ve nesnelerin interneti ekosisteminin genişlemesini sağlamaktadır. Bu durum, sanayi 4.0 uygulamalarının ölçeklenmesine, akıllı üretim sistemlerinin verimliliğinin artmasına ve enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasına imkân tanımaktadır.

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği ve Avrupa Komisyonu raporlarına göre, 5G'nin yaygınlaşması küresel gayri safi yurt içi hasılaya doğrudan katkı sunmakta, özellikle ulaştırma, sağlık, tarım, eğitim ve enerji gibi sektörlerde yeni iş modellerinin gelişmesine olanak sağlamaktadır. *McKinsey*'in öngörülerine göre 5G tabanlı teknolojilerin 2030 yılına kadar küresel ekonomiye trilyon dolar düzeyinde bir katkı sağlaması beklenmektedir⁸.

Türkiye açısından değerlendirildiğinde, 5G'nin stratejik önemi yalnızca dijital hizmetlerin kalitesinin artmasında değil, yerli üretim kapasitesinin ve inovasyon ekosisteminin güçlendirilmesinde de ortaya çıkmaktadır. Türkiye, 5G Vadisi Açık Test Sahası gibi girişimlerle teknolojinin yerli ekosistemde denenmesini ve uyumlu donanım üretiminin desteklenmesini hedeflemektedir. Avrupa Birliği ile yürütülen dijital iş birliği çerçevesinde, 5G ve ileri iletişim teknolojileri alanında standart uyumunun sağlanması da hem ekonomik hem teknolojik açıdan rekabet gücünü artırıcı bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Toplumsal ve Sosyal Dönüşüm

5G teknolojisinin sosyo-ekonomik etkileri, yalnızca ekonomik üretkenlikle sınırlı değildir. Toplumun dijitalleşme düzeyi, eğitim, sağlık ve kamusal hizmetlerin erişilebilirliği üzerinde de dönüştürücü sonuçlar doğurmaktadır. Yüksek hızlı ve düşük gecikmeli

⁶ Cloudflare, “What is edge computing?”, 17.11.2018, <https://www.cloudflare.com/learning/serverless/glossary/what-is-edge-computing/>, Erişim Tarihi: 13.10.2025

⁷ Perspektif, “5G ve Sosyo-Ekonomik Etkileri”, 07.06.2020, <https://www.perspektif.online/5g-ve-sosyo-ekonomik-etkileri/>, Erişim Tarihi: 11.10.2025

⁸ McKinsey&Company, “The road to 5G: The inevitable growth of infrastructure cost”, 06.02.2018, <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecom%20munications/Telecommunications/Our%20Insights/The%20road%20to%205G%20The%20inevitable%20growth%20of%20infrastructure%20cost/The-road-to-5G-The-inevitable-growth-of-infrastructure-cost.pdf>, Erişim Tarihi: 13.10.2025

bağlantı sayesinde uzaktan eğitim ve uzaktan sağlık hizmetleri daha etkili uygulanabilmekte, coğrafi engellerin azaltılması yoluyla bölgesel eşitsizliklerin giderilmesine katkı sunulmaktadır⁹.

Öte yandan, dijital altyapı yatırımlarının yoğunlaştığı kent merkezleri ile kırsal bölgeler arasındaki fark, “dijital uçurum” sorununu gündeme getirmektedir. 5G’nin sağladığı yüksek bağlantı kapasitesi, bu farkı azaltma potansiyeline sahip olmakla birlikte, altyapı maliyetleri ve yatırım öncelikleri, dijital kapsayıcılığın sağlanmasında belirleyici olacaktır.

Toplumsal boyutun bir diğer yönü ise güvenlik ve mahremiyet tartışmalarıdır. 5G ağlarının sağladığı yüksek veri akışı, kişisel ve kurumsal bilgilerin korunmasına ilişkin yeni riskler doğurmaktadır. Ayrıca, 5G’nin elektromanyetik dalgalar üzerinden iletim yoğunluğunu artırması, özellikle sağlık üzerindeki uzun vadeli etkiler açısından kamuoyunda tartışmalara yol açmaktadır. Bilimsel veriler bu konuda kesin bir risk ilişkisi ortaya koymasa da şeffaf iletişim ve uluslararası standartlara dayalı denetim mekanizmaları, kamu güvenini tesis etme açısından kritik önem taşımaktadır.

5G’nin toplumsal yaşam üzerindeki dolaylı etkileri, dijital etkileşim biçimlerinde ve kamusal alanın işleyişinde gözlemlenmektedir. Akıllı şehir uygulamaları, trafik yönetiminden enerji verimliliğine kadar birçok alanda kamusal hizmetin yeniden tanımlanmasını beraberinde getirmekte, birey-devlet ilişkilerinin dijital ortamda yeniden kurgulanmasına yol açmaktadır.

3. 5G’nin Ekonomik Etkileri ve Sektörel Dönüşüm Potansiyeli

5G teknolojisi yalnızca iletişim altyapısında bir ilerleme değil, aynı zamanda dijital ekonominin temel dinamiklerini yeniden şekillendiren stratejik bir dönüm noktasıdır. Artan hız, düşük gecikme süresi ve yüksek bağlantı kapasitesi sayesinde 5G üretimden ulaşıma, sağlıktan eğitime kadar çok sayıda sektörde verimlilik, otomasyon ve yenilikçilik düzeyini dönüştürmektedir. Bu yönüyle 5G, dijital dönüşümün omurgasını oluşturarak yeni iş modellerinin, endüstriyel ekosistemlerin ve ekonomik değer zincirlerinin ortaya çıkmasına olanak tanımaktadır¹⁰.

Sanayi 4.0’ın en kritik unsurlarından biri olarak değerlendirilen 5G, özellikle akıllı üretim, lojistik ve tarım gibi sektörlerde gerçek zamanlı veri alışverişini mümkün kılarak üretim süreçlerinde esneklik ve maliyet etkinliği sağlamaktadır. Örneğin, 5G destekli fabrika otomasyonu, makine ve sensörlerin milisaniyelik tepki süreleriyle etkileşime girmesini sağlayarak üretim hatalarını azaltmakta ve enerji verimliliğini artırmaktadır. Lojistik alanında 5G tabanlı takip sistemleri, tedarik zinciri yönetimini gerçek zamanlı hale getirirken; tarım sektöründe hassas tarım uygulamalarıyla kaynak kullanımını optimize etmektedir.

Finans ve hizmet sektörlerinde 5G, yüksek veri aktarım kapasitesi sayesinde bulut bilişim, yapay zekâ ve büyük veri teknolojilerinin entegrasyonunu hızlandırmaktadır. Bu sayede dijital bankacılık, uzaktan danışmanlık, sigortacılık ve e-ticaret gibi alanlarda daha kişiselleştirilmiş ve güvenli hizmet modelleri gelişmektedir. Aynı zamanda, 5G altyapısı üzerinden desteklenen uzaktan cerrahi uygulamaları, akıllı ulaşım sistemleri ve sanal

⁹ Bilim ve Aydınlanma, “5G Teknolojisinin Toplumsal ve Ekonomik Etkilerine Yönelik Öngörüler”, 30.05.2021, <https://bilimveaydinlanma.org/5g-teknolojisinin-toplumsal-ve-ekonomik-etkilerine-yonelik-ongoruler/>, Erişim Tarihi: 14.10.2025

¹⁰ Weepay, “5G ve 6G Teknolojisi: Değişen İletişim Altyapısı”, 05.10.2024, <https://weepay.co/blog/5g-ve-6g-teknolojisi-degis-en-iletisim-altyapisi>, Erişim Tarihi: 14.10.2025

gerçeklik tabanlı eğitim çözümleri, yalnızca ekonomik değil toplumsal refah açısından da dönüştürücü etkiler taşımaktadır¹¹.

Makroekonomik açıdan bakıldığında, 5G yatırımları önemli bir çarpan etkisi yaratmaktadır. *Ericsson* ve Dünya Ekonomi Forumu gibi kurumların analizlerine göre, 5G altyapısına yapılan her 1 dolar yatırım, uzun vadede yaklaşık 2,5 dolarlık GSYH artışıyla sonuçlanacaktır. Bunun temel nedeni, 5G'nin sadece doğrudan gelir yaratmaması, aynı zamanda dolaylı olarak yenilik ekosistemlerini tetiklemesidir. Girişimcilik, veri ekonomisi, yapay zekâ tabanlı hizmetler ve dijital platformlar, 5G'nin sunduğu bağlantı kapasitesi üzerinde yükselen yeni ekonomik alanlardır.

Bununla birlikte, bu dönüşümün yüksek maliyetli altyapı yatırımları, siber güvenlik riskleri ve düzenleyici uyum sorunları gibi zorlukları da beraberinde getirdiği görülmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, 5G altyapısının kurulumuna ilişkin finansal kısıtlar ve spektrum tahsisi sorunları, dijital bölünmenin derinleşme riskini artırmaktadır. Dolayısıyla 5G'nin ekonomik potansiyelinin tam anlamıyla açığa çıkması, yalnızca teknolojik ilerlemeye değil, aynı zamanda kapsayıcı dijital politika tasarımlarına da bağlıdır.

4. 6G Teknolojisine Giden Yol

5G'nin küresel ölçekte yaygınlaşma süreci henüz tamamlanmamış olsa da bilim ve teknoloji çevreleri çoktan bir sonraki aşama olan 6G üzerine yoğunlaşmıştır¹². 2030'lu yılların başında ticarileşmesi öngörülen 6G, yalnızca mevcut ağ kapasitesini artırmayı değil, insan, makine ve dijital ortamlar arasında bütünleşik bir bilişsel iletişim ağı oluşturmayı hedeflemektedir. Bu yönüyle 6G, yalnızca teknolojik bir dönüşüm değil, veri işleme, iletişim ve algılama süreçlerinde paradigma değişimi anlamına gelmektedir.

6G'nin Tanımı, Hedefleri ve Teknik Yenilikleri

6G, 5G'nin sunduğu gigabit düzeyindeki hızları terabit seviyelerine çıkararak saniyede 1 terabit veri aktarım hızına ulaşmayı amaçlamaktadır. Bunun ötesinde, 1 milisaniyenin altında gecikme süresi, trilyonlarca cihazın eşzamanlı bağlantısı ve algılama-iletişim-bilgi işleme entegrasyonu gibi hedeflerle tanımlanmaktadır¹³. 6G'nin teknik vizyonu yalnızca daha hızlı iletişim değil; çevresini algılayabilen, kendini optimize edebilen ve veri trafiğini öngörülen biçimde yöneten bilişsel ağlar kurmaktır.

Yapay Zekâ Destekli Ağ Yönetimi

6G sistemleri, ağın karmaşıklığını yönetmek ve gerçek zamanlı karar mekanizmalarını geliştirmek için yerleşik yapay zekâ teknolojilerini temel alacaktır. Bu çerçevede, ağın performansını optimize eden, kullanıcı davranışlarını öğrenen ve enerji tüketimini dinamik biçimde yöneten otonom ağ yönetimi modelleri geliştirilmektedir. Böylece YZ, yalnızca ağ verimliliğini artırmakla kalmayacak; aynı zamanda ağın kendi kendini

¹¹ Euronews, "5G teknolojisi hakkında bilmemiz gereken 2 büyük tehlike: Radyasyon ve güvenlik açığı", 14.01.2020, <https://tr.euronews.com/2020/01/14/5g-teknolojisi-hakkinda-bilmemiz-gereken-2-buyuk-tehlike-radyasyon-ve-guvenlik-acigi>, Erişim Tarihi: 15.10.2025

¹² Karel, "6G Nedir? Avantajları Nelerdir?", 05.07.2023, <https://www.karel.com.tr/blog/6g-nedir-avantajlari-nelerdir>, Erişim Tarihi: 15.10.2025

¹³ Fizynet, "6G İnternet Teknolojisinin Geleceği ve Beklentileri", 04.05.2024, <https://blog.fizynet.com.tr/6g-internet-teknolojisinin-gelecegi/>, Erişim Tarihi: 16.10.2025

onarabilen, güvenlik açıklarını tespit edebilen ve trafik yoğunluğunu öngörebilen bir yapıya evrilmesini sağlayacaktır.

Bu yaklaşım, “Zero-Touch Networks (ZTN)” olarak adlandırılan tamamen otonom iletişim mimarisinin de temelini oluşturur. ZTN, insan müdahalesini en aza indirerek ağı kendi kendine yapılandırılmasını, yönetilmesini ve hata düzeltmesini mümkün kılar. Böyle bir yapının hayata geçmesi, özellikle akıllı şehirler, otonom araçlar ve endüstriyel uygulamalar açısından büyük önem taşımaktadır.

Kuantum İletişim, Terahertz Bantları ve Holografik İletişim

6G'nin teknik omurgasını şekillendiren en yenilikçi alanlardan biri, terahertz (THz) frekans bantlarının kullanımudur. 100 GHz ile 10 THz arasındaki bu bantlar, veri iletiminde olağanüstü hız ve kapasite sunmakla birlikte, kısa menzil ve yüksek enerji tüketimi gibi mühendislik zorlukları da beraberinde getirir. Bu nedenle, enerji verimliliği yüksek anten tasarımları ve adaptif kanal yönetimi üzerine yoğun Ar-Ge faaliyetleri yürütülmektedir.

Diğer yandan, kuantum iletişim teknolojileri, 6G'nin güvenlik paradigmasını kökten değiştirme potansiyeline sahiptir. Kuantum anahtar dağıtımı sayesinde veri aktarımı teorik olarak kırılmaz bir şifreleme düzeyine ulaşabilir. Bu da özellikle savunma, finans ve kritik altyapı alanlarında 6G'nin stratejik önemini artırmaktadır.

Bir diğer yenilik alanı olan holografik iletişim, 6G'nin sunduğu ultra yüksek bant genişliği ve düşük gecikme sayesinde, üç boyutlu görüntülerin gerçek zamanlı olarak iletilmesini mümkün kılacaktır. Bu teknoloji, telekonferans, sağlık, eğitim ve eğlence sektörlerinde devrim yaratma potansiyeline sahiptir.

5G'den 6G'ye Geçiş: Altyapı ve Standartlaşma Süreci

6G'ye geçiş, yalnızca teknik bir yükseltme değil, küresel ölçekte koordinasyon gerektiren bir altyapı ve standartlaşma sürecidir. Mevcut 5G altyapısının üzerine inşa edilecek 6G ağları, yeni frekans tahsisleri, fiber optik genişlemeleri, uydu entegrasyonları ve veri merkezlerinin optimizasyonunu gerektirecektir.

Bu bağlamda uluslararası standart kuruluşları (ITU, 3GPP, ETSI vb.) şimdiden 6G için temel parametreleri belirlemeye başlamıştır. Avrupa Birliği, *Hexa-X*¹⁴ ve *Hexa-X-II*¹⁵ gibi araştırma projeleri aracılığıyla 6G vizyonunu şekillendirmekte; Japonya, Güney Kore ve ABD gibi aktörlerle ortak test platformları kurmaktadır. Türkiye'de ise ULAK, TÜBİTAK ve üniversiteler öncülüğünde 6G AR-GE çalışmaları 2021'den bu yana sürmektedir. 6G teknolojisine geçiş yalnızca bağlantı hızlarını değil, iletişim ekosisteminin işleyiş mantığını yeniden tanımlamaktadır. Yapay zekâ, kuantum teknolojileri ve terahertz iletişim gibi unsurların bütünleşmesiyle 6G, fiziksel ve dijital dünyalar arasındaki sınırları giderek daha geçirgen hale getirecektir.

5. 6G'nin Ekonomik Etkileri

6G teknolojisi, yalnızca iletişim altyapısında bir yenilik değil; küresel ekonominin yapısal dönüşümünü tetikleyebilecek bir genel amaçlı teknoloji (*General Purpose Technology*) olarak değerlendirilmektedir. Bu yeni ağ mimarisi, dijital ekonominin ölçeğini

¹⁴ Hexa-X, “About Hexa-X”, 07.12.2020, <https://hexa-x.eu/about/>, Erişim Tarihi: 16.10.2025

¹⁵ Hexa-X-II, “Objectives”, 31.01.2023, <https://hexa-x-ii.eu/objectives/>, Erişim Tarihi: 16.10.2025

genişletecek, üretim süreçlerini yeniden tanımlayacak ve küresel rekabet dengesini önemli ölçüde etkileyecektir¹⁶.

6G ile Beklenen Yeni İş Modelleri ve Endüstriler

6G'nin temel ekonomik etkilerinden biri, yeni iş modellerinin ve sektörlerin ortaya çıkmasını mümkün kılmasıdır. 5G döneminde gelişmeye başlayan akıllı üretim, otonom ulaşım ve uzaktan sağlık hizmetleri gibi alanlar, 6G'nin sunduğu ultra yüksek hız ve düşük gecikme sayesinde tamamen otonom ve gerçek zamanlı ekosistemlere dönüşecektir¹⁷.

Örneğin, holografik iletişim ve artırılmış gerçeklik tabanlı hizmetler, eğitimden mimariye, kültürden perakendeye kadar birçok sektörde fiziksel mekân kavramını yeniden tanımlayacaktır. Dijital ikiz teknolojisiyle birleşen 6G ağları, üretim tesislerinin veya şehirlerin dijital ortamda eşzamanlı olarak izlenmesini ve optimize edilmesini sağlayarak, endüstriyel verimlilikte önemli artış yaratacaktır.

Ayrıca, *metaverse* tabanlı ekonomi ve sanal üretim ortamları, 6G'nin sağladığı yüksek bant genişliği ve yapay zekâ destekli veri işleme kapasitesiyle birlikte ölçeklenebilir hale gelecektir. Bu durum, telekomünikasyonun ötesine geçerek, finans, enerji, lojistik ve sağlık gibi sektörlerde veriye dayalı, dinamik iş modellerinin yaygınlaşmasını beraberinde getirecektir.

Küresel Rekabet: ABD-AB-Çin Ekseninde Teknoloji Yarışı

6G'nin ekonomik etkileri, yalnızca ulusal düzeyde değil, aynı zamanda jeoekonomik güç dengeleri açısından da kritik önemdedir. 5G döneminde belirginleşen teknoloji egemenliği rekabeti, 6G ile stratejik bir boyut kazanmıştır¹⁸.

ABD, Çin ve AB, 6G'yi yeni nesil dijital altyapının temel direği olarak konumlandırmakta ve bu alanda yoğun AR-GE yatırımları yürütmektedir. Çin, 2019'da başlattığı *IMT-2030 Promotion Group*¹⁹ girişimiyle 6G standardizasyonunda öncü olmayı hedeflerken, ABD'de *Next G Alliance*²⁰ inisiyatifi sektör liderlerini bir araya getirerek ulusal bir inovasyon ekosistemi kurmuştur. AB ise *Hexa-X* ve *Smart Networks and Services Joint Undertaking* programlarıyla 6G'de açık, güvenli ve sürdürülebilir bir Avrupa modeli geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Bu rekabet, yalnızca teknolojik üstünlük değil, dijital egemenlik, veri güvenliği ve ekonomik bağımsızlık açısından da stratejik bir mücadeleye dönüşmektedir. Standart belirleme süreçleri, patent sahipliği ve tedarik zinciri kontrolü, 2030'lu yılların uluslararası ekonomik düzeninde belirleyici unsurlar olacaktır.

¹⁶ International Journal of Science, "Exploring the Social and Economic Impacts of 6G Networks and their Potential Benefits to Society", 13.02.2025, https://www.ijset.in/wp-content/uploads/IJSET_V13_issue2_310.pdf, Erişim Tarihi: 16.10.2025

¹⁷ Sosyalup, "Sürdürülebilir geleceğe katkı sunacak 6G teknolojisi 2030 yılına kadar hayata geçirilecek", 26.04.2022, <https://sosyalup.net/surdurulebilir-gelecege-katki-sunacak-6g-teknolojisinin-2030-yilina-kadar-hayata-gecirilecek/>, Erişim Tarihi: 16.10.2025

¹⁸ ITIF, "The Great 5G Race: Is China Really Beating the United States?", 03.11.2020, <https://www2.itif.org/2020-5g-china-us.pdf>, Erişim Tarihi: 17.10.2025

¹⁹ IMT, "Introduction of IMT-2030(6G) Promotion Group", 15.08.2022, <https://www.imt2030.org.cn/html/default/yingwen/Introduction/>, Erişim Tarihi: 17.10.2025

²⁰ Next G Alliance, "About", 20.10.2020, <https://nextgalliance.org/>, Erişim Tarihi: 17.10.2025

6G'nin Dijital Ekonomide Verimlilik ve Üretkenlik Artışına Katkısı

6G, dijital ekonominin verimlilik artışında üstel bir etki yaratma potansiyeline sahiptir. 5G'nin sunduğu otomasyon ve bağlantısallık kapasitesinin ötesine geçerek, 6G ağları üretim, lojistik ve hizmet sektörlerinde tam entegrasyon ve öngörüsül karar mekanizmaları sağlayacaktır.

Örneğin, tarımda sensör tabanlı izleme sistemleri, 6G'nin sunduğu düşük gecikmeli ağlar üzerinden gerçek zamanlı veri akışıyla kaynak optimizasyonunu mümkün kılacaktır. Sanayi 5.0 vizyonu kapsamında insan-makine iş birliğini artıran bilişsel üretim sistemleri, 6G'nin ultra güvenilir bağlantı yapısıyla güçlenecektir. Böylece üretim süreçlerinde hem maliyetlerin azalması hem de enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik hedeflerinin desteklenmesi beklenmektedir.

Makroekonomik düzeyde bakıldığında, 6G'nin GSYH artışına, istihdam yaratımına ve bölgesel kalkınmaya olumlu katkı yapacağı öngörülmektedir. OECD'nin tahminlerine göre, yeni nesil ağ teknolojilerinin yaygınlaşması, küresel dijital ekonominin payını 2035 itibarıyla %30'un üzerine çıkarabilir.

Yatırım ve Maliyet Boyutu: Altyapı, AR-GE ve İnsan Kaynağı

6G'ye geçişin ekonomik faydaları kadar önemli bir yatırım maliyeti de bulunmaktadır. Mevcut 5G altyapısının üzerine inşa edilecek 6G ağları; yeni baz istasyonları, fiber optik genişlemeler, enerji verimli donanımlar ve bulut tabanlı veri merkezleri için yüksek sermaye yatırımı gerektirmektedir.

Bunun yanında, AR-GE harcamaları ve nitelikli insan kaynağı ihtiyacı da artmaktadır. 6G'nin karmaşık yapısı, yapay zekâ mühendisliği, kuantum bilgi bilimi, yarı iletken teknolojileri ve siber güvenlik gibi alanlarda disiplinler arası uzmanlaşma gerektirmektedir. Bu da ülkelerin eğitim, araştırma ve inovasyon politikalarını yeniden şekillendirmesini zorunlu kılmaktadır. 6G teknolojisi ekonomik büyüme, verimlilik ve rekabet gücü açısından yeni fırsatlar sunsa da bu dönüşümün sürdürülebilirliği, stratejik yatırım planlaması, adil rekabet koşulları ve kapsayıcı dijital politikalar geliştirilmesine bağlı olacaktır.

6. Politik ve Düzenleyici Çerçeve

Yeni nesil iletişim teknolojilerinin ekonomik ve toplumsal potansiyeli, güçlü bir politik ve düzenleyici altyapı ile desteklenmediği sürece sürdürülebilir bir dijital dönüşüme dönüşmez. 5G'den 6G'ye geçiş süreci, yalnızca mühendislik alanında değil, aynı zamanda politika yapımı, standart belirleme, güvenlik ve yönetim alanlarında da kapsamlı bir yeniden yapılanmayı gerektirmektedir. Bu nedenle AB, ABD, Çin ve Türkiye gibi aktörler, 6G dönemine hazırlık için ulusal stratejiler ve çok paydaşlı iş birliği mekanizmaları geliştirmektedir.

AB'nin Dijital Stratejisi ve 6G Vizyonu

AB, dijital dönüşüm sürecinde küresel rekabet gücünü korumak ve Avrupa modeline dayalı bir teknoloji ekosistemi oluşturmak amacıyla kapsamlı bir Dijital On Yıl Stratejisi

(*Digital Decade 2030*) benimsemiştir²¹. Bu stratejinin temel bileşenlerinden biri, güvenli, kapsayıcı ve sürdürülebilir ağ altyapılarının geliştirilmesidir.

Bu doğrultuda, AB'nin 6G vizyonu *Hexa-X* ve *Hexa-X-II* projeleri şekillenmektedir. Avrupa Komisyonu tarafından desteklenen bu projeler, *Ericsson, Nokia, Siemens, Fraunhofer, IMEC* gibi önde gelen araştırma kurumları ve özel sektör aktörlerini bir araya getirerek 6G'nin teknik standartlarını, kullanım senaryolarını ve etik çerçevesini tanımlamayı amaçlamaktadır. *Hexa-X* projeleri, "insan merkezli, akıllı ve sürdürülebilir bir 6G ağı" vizyonunu temel almakta; enerji verimliliği, veri güvenliği, yapay zekâ etiği ve dijital egemenlik ilkelerini merkeze almaktadır.

Ayrıca, AB'nin 6G-IA (*6G Smart Networks and Services Industry Association*)²² yapısı, kamu-özel sektör ortaklıklarını güçlendirerek araştırma fonlarının etkin kullanımını sağlamaktadır. Bu yapı altında yürütülen *Smart Networks and Services Joint Undertaking* programı²³, 2021-2027 döneminde 1,8 milyar avrodan fazla bir bütçeyle Avrupa'nın 6G teknolojilerinde liderlik kapasitesini artırmayı hedeflemektedir.

7. Türkiye'nin 5G ve 6G Yol Haritası

Türkiye, yeni nesil mobil iletişim teknolojilerinde hem altyapı hazırlıkları hem de yerli üretim ve Ar-Ge düzeyinde aktif konumdadır. 2025 yılı itibarıyla, Bilgi ve İletişim Teknolojileri Kurumu (BTK) tarafından düzenlenen 5G frekans ihalesiyle birlikte ülkenin ilk adımı resmi olarak atılmıştır; ihale kapsamında 700 MHz ve 3,5 GHz bantlarında frekans paketleri tahsis edilmiştir ve hizmetin Nisan 2026 itibarıyla büyük şehirlerde devreye alınması hedeflenmektedir²⁴.

Altyapı düzeyinde ise, yerli ekipman üreticisi ULAK Haberleşme A.Ş. yaklaşık 3.000'den fazla saha noktasında 5G'ye geçiş için Massive MIMO teknolojisi ve Open RAN uyumlu donanımlarla hazırlıklara başlamış durumdadır²⁵. Bu hazırlık, ülkenin yalnızca 5G hizmetini almakla kalmayıp, teknik olarak yarı iletken baz istasyonuna kadar kritik bileşen üretme kapasitesini geliştirme hedefiyle bağlantılıdır. Yeni teknolojilere hazırlık açısından bu yaklaşım, önümüzdeki 6G döneminde ulusal rekabet gücü açısından önemli bir avantaj potansiyeli taşımaktadır.

6G açısından Türkiye'nin süreci de dikkat çekicidir. Örneğin *Ericsson Research Türkiye* ile *Türk Telekom* arasında 6G AR-GE & İnovasyon laboratuvarı kapsamında yürütülen iş birliği, SafeRoute-6G projesi gibi uluslararası inisiyatiflerle birlikte ilerlemektedir²⁶. Ayrıca Türkiye'nin, 6G teknolojilerinin güvenlik katmanı üzerine odaklanan ROBUST-6G

²¹ Avrupa Komisyonu, "Europe's Digital Decade", 27.09.2021, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/europes-digital-decade>, Erişim Tarihi: 20.10.2025

²² 6G-IA, "About", 10.10.2021, <https://6g-ia.eu/>, Erişim Tarihi: 20.10.2025

²³ 6G SNS, "About SNS", 30.11.2022, <https://smart-networks.europa.eu/>, Erişim Tarihi: 21.10.2025

²⁴ Turkish Minute, "Turkey raises \$2.95 billion in 5G spectrum tender as operators prepare rollout for 2026", 16.10.2025, <https://www.turkishminute.com/2025/10/16/turkey-raises-2-95-billion-in-5g-spectrum-tender-as-operators-prepare-rollout-for-2026/>, Erişim Tarihi: 21.10.2025

²⁵ Ulak, "Preparations Underway Across 3,000 Sites for a National Transition to 5G", 08.10.2025, <https://www.ulakhaberlesme.com.tr/en/preparations-underway-across-3000-sites-for-a-national-transition-to-5g/>, Erişim Tarihi: 22.10.2025

²⁶ Ericsson, "Ericsson and Türk Telekom forge strategic 6G collaboration", 04.03.2025, <https://www.ericsson.com/en/press-releases/5/2025/ericsson-and-turk-telekom-forge-strategic-6g-collaboration>, Erişim Tarihi: 22.10.2025

gibi Avrupa çapında fonlanan projelerde yer aldığı gözlemlenmektedir²⁷. Bu durum, Türkiye'nin 6G standardizasyon sürecine ve küresel araştırma ağlarına katılımı açısından ciddi bir adım attığına işaret etmektedir.

Buna karşın, Türkiye'de 5G hizmetlerinin yaygınlaşması açısından bazı yapısal zorluklar da bulunmaktadır. Kullanıcı cihazlarının %100'e yakınının 5G uyumlu olmaması, operatörlerin ve donanım üreticilerinin yatırımlarını yoğunlaştırmaları gereken alanlar arasında yer almaktadır. İhale sürecinin yakın geçmişte tamamlanmaması, kablolu ve fiber altyapıların da mobil ağla birlikte optimize edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Özetle, Türkiye'nin durumunu "altyapı hazırlıklarının tamamlanmasına yaklaşan ancak ticari yaygın hizmetin hâlâ başlangıç aşamasında olduğu" bir aşama olarak tanımlamak mümkündür.

Türkiye, 5G ve ötesi 6G alanında hem stratejik planlama hem de yerli teknoloji kapasitesi geliştirme açısından harekete geçmiştir. Ancak teknolojik hegemonya yarışı, yüksek yatırım gereksinimleri ve hızlı standartlaşma ihtiyaçları açısından fiyatlandırma, tedarik zinciri çeşitliliği ve insan kaynağı gelişimi gibi alanlarda tamamlanması gereken önemli alanlar mevcuttur. Bu nedenle Türkiye'nin, yalnızca teknoloji kullanıcısı değil teknoloji üreticisi konumuna geçmesi için mevcut hazırlıklarının hızla ticarileşme ve yaygınlaşma aşamasına taşınması önem kazanmaktadır.

Uluslararası Standartlaşma ve Siber Güvenlik Politikaları

6G döneminde ağların küresel ölçekte birbirine entegre çalışabilmesi, uluslararası standartların zamanında ve uyumlu şekilde belirlenmesine bağlıdır. Bu amaçla ITU (Uluslararası Telekomünikasyon Birliği), 3GPP²⁸ (*3rd Generation Partnership Project*) ve ETSI²⁹ (*European Telecommunications Standards Institute*) gibi kurumlar, 6G standartlaşma süreçlerini koordine etmektedir.

Bu standartlaşma yalnızca teknik boyutla sınırlı değildir, siber güvenlik, veri mahremiyeti, yapay zekâ etiği ve enerji verimliliği gibi alanları da kapsamaktadır. 6G ağlarının çok katmanlı ve otonom yapısı, güvenlik zafiyetlerinin tespitini zorlaştırdığından, kuantum kriptografi, güvenli ağ dilimleme ve blok zinciri tabanlı doğrulama sistemleri gibi yeni güvenlik paradigmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

AB'nin NIS2 Yönergesi ve Siber Dayanıklılık Yasası (*Cyber Resilience Act*)³⁰ düzenlemeleri, 6G altyapılarının güvenliğini sağlamak üzere dijital tedarik zincirlerine yönelik yeni sorumluluklar getirmiştir. Türkiye de bu alanda Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve Eylem Planı (2020–2023) kapsamında 5G ve ötesi ağların güvenlik standartlarını uluslararası normlarla uyumlu hale getirme yönünde adımlar atmaktadır.

Kamu-Özel Sektör İş birliği Modelleri

6G'nin geliştirilmesi ve uygulanması, yalnızca kamu yatırımlarıyla mümkün değildir. Kamu-özel sektör iş birlikleri bu sürecin temel unsurlarından biridir. Türkiye'de 5G Vadisi

²⁷ Ericsson, "Ericsson Research Türkiye coordinates ROBUST-6G to advance 6G research", 26.02.2024, <https://www.ericsson.com/en/press-releases/5/2024/ericsson-research-turkiye-coordinates-robust-6g-to-advance-6g-research>, Erişim Tarihi: 22.10.2025

²⁸ 3GPP, "About", 25.01.1999, <https://www.3gpp.org/>, Erişim Tarihi: 23.10.2025

²⁹ ETSI, "ETSI – The Standards People", 05.12.1998, <https://www.etsi.org/>, Erişim Tarihi: 23.10.2025

³⁰ Avrupa Komisyonu, "Cyber Resilience Act", 06.03.2025, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/cyber-resilience-act>, Erişim Tarihi: 24.10.2025

Açık Test Sahası³¹, BTK Akademi, TÜBİTAK 1515 Mükemmeliyet Merkezi Destek Programı³² gibi inisiyatifler, özel sektör, üniversiteler ve kamu kurumları arasında AR-GE odaklı iş birliklerini teşvik etmektedir. Bu modeller hem teknik kapasite geliştirilmesi hem de yerli üretim ekosisteminin güçlendirilmesi açısından stratejik öneme sahiptir.

6G teknolojilerinin küresel ölçekte şekillenmesi yalnızca teknik inovasyona değil, etkin yönetim, çok paydaşlı iş birliği ve düzenleyici uyum süreçlerine bağlıdır. AB'nin ve Türkiye'nin mevcut stratejileri, dijital egemenlik ve güvenlik ilkeleriyle uyumlu biçimde ilerlerse, yeni nesil ağların hem ekonomik hem toplumsal faydaları daha kapsayıcı biçimde hayata geçirilebilecektir.

7. Sonuç ve Türkiye İçin Öneriler

5G ve 6G teknolojileri, yalnızca iletişim altyapısında bir gelişme değil, ekonomik, toplumsal ve dijital dönüşümün temel belirleyicileri olarak geleceğe yön verecek bir paradigmaya işaret etmektedir. Bu yeni nesil ağlar, üretim süreçlerinden sağlık ve eğitim hizmetlerine, enerji yönetiminden ulaşım sistemlerine kadar pek çok alanda verimlilik, hız ve güvenlik artışı sağlayarak yaşam biçimlerini yeniden şekillendirecektir.

Geleceğe Yön Verecek Dönüşüm Alanları

5G, akıllı şehirler, otonom ulaşım, endüstriyel uygulamalar ve uzaktan sağlık gibi alanlarda kritik altyapıyı sağlayarak dijital ekonominin temellerini güçlendirmektedir. 6G ise bu dönüşümü daha ileriye taşıyarak, holografik iletişim, kuantum güvenliği, yapay zekâ destekli öngörülse ağ yönetimi gibi yeniliklerle çok daha bütünlük ve bilişsel bir dijital ekosistem yaratacaktır.

Bu teknolojiler, ekonomik üretkenliği artırmanın yanı sıra, toplumsal yaşamda da derin etkiler yaratacak; eğitim ve sağlık hizmetlerinin coğrafi engellerden bağımsız erişilebilirliğini sağlayacak, kamu hizmetlerini optimize edecek ve birey-devlet ilişkilerini dijital platformlar üzerinden güçlendirecektir. Ancak bu faydaların eşit biçimde dağıtılması, yalnızca teknolojiyle değil, doğru politika ve yönetim çerçevesiyle mümkündür.

Politika Önerileri ve Kota Uygulamalarının Gözden Geçirilmesi

Dijital teknolojilerin toplumsal fayda yaratabilmesi için, kota gibi çağ dışı sınırların kaldırılması kritik önemdedir. Mevcut veri ve internet kısıtlamaları, yüksek bant genişliği gerektiren eğitim, sağlık ve inovasyon hizmetlerinin etkili kullanımını engellemekte, dijital uçurumu derinleştirmektedir. Bu nedenle, ulusal ve uluslararası düzeyde sınırsız ve eşit erişimi sağlayacak politika önlemleri benimsenmelidir.

Ayrıca, kamu-özel sektör iş birliklerinin güçlendirilmesi, altyapı yatırımlarının stratejik ve kapsayıcı biçimde planlanması, yerli üretim ve AR-GE ekosistemlerinin desteklenmesi, dijital teknolojilerin adil dağılımını sağlayacak temel mekanizmalar arasında yer almaktadır. 6G'ye geçişte, eğitim ve insan kaynağı yatırımlarının artırılması, siber güvenlik

³¹ 5GTR Forum, "5G Vadisi Açık Test Sahası", 30.11.2021, <https://5gtrforum.org.tr/5g-vadisi-nedir>, Erişim Tarihi: 03.11.2025

³² TÜBİTAK, "Öncül Ar-Ge Laboratuvarları Destekleme Programı", 14.06.2024, <https://tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/1515-oncul-ar-ge-laboratuvarlari-destekleme-programi>, Erişim Tarihi: 03.11.2025

standartlarının uyumlaştırılması ve enerji verimli altyapıların tercih edilmesi de yol haritasının vazgeçilmez parçalarıdır.

Adil, Güvenli ve Sürdürülebilir Dijital Altyapılar İçin Yol Haritası ve Öneriler

- **Altyapı Yatırımlarının Kapsayıcı Planlanması:** Yeni nesil ağ teknolojilerinin toplumsal olarak adil biçimde fayda sağlaması için altyapı yatırımlarının şehir-kırsal ayrımı ya da bölgesel düzeydeki uçurumları gözeterek planlanması zorunludur. Türkiye özelinde yapılan çalışmalar, kentsel ve kırsal alanlar arasındaki internet erişimi, hız, bilgisayar sahipliği gibi göstergelerde anlamlı farklılıklar bulunduğunu göstermektedir³³. Bu nedenle, dijital altyapının genişletilmesi yalnızca büyük şehirlerle sınırlı kalmamalı, kırsal ve dezavantajlı bölgelerde fiber, sabit kablolu ve mobil geniş bant bağlantılarını kapsayacak şekilde stratejik olarak yönlendirilmelidir. Ayrıca bu yatırımların yalnızca erişim sağlama değil, erişim kalitesini yükseltme amaçlı olması, eğitim, sağlık, üretim gibi dijital yoğun sektörlerin kırsal alanlarda da etkili kullanılmasına olanak tanıyacaktır. Böyle bir yaklaşım, tek başına teknolojik ilerleme değil, bölgesel gelişme adaleti açısından da kritik öneme sahiptir.
- **Kota ve Veri Sınırlamalarının Kaldırılması:** Modern dijital hizmetlerin sunduğu imkânlar yüksek bant genişliği ve sınırsız kullanılabilir veri kapasitesi gerektirmektedir. Bu bağlamda, veri kullanımında kota ya da aylık sınırlama uygulamaları, dijital uçurumun bir boyutu olarak değerlendirilebilir. Örneğin, ABD’de *Federal Communications Commission (FCC)* veri kullanım kotalarının internet erişimi üzerindeki etkisini incelemek üzere bir sorgulama başlatmıştır³⁴. Bu tür sınırlamalar kaldırıldığında ya da makul düzeye indirildiğinde, tüm kullanıcılar için eşit yüksek kaliteli bağlantı hizmetine erişim imkânı doğacaktır. Bu da dijital dönüşümün toplumsal fayda yaratması açısından gereklidir. Türkiye için de politika yapımcıların, veri kullanımında kota sınırı uygulamalarını gözden geçirmeleri ve özellikle kırsal, ekonomik olarak dezavantajlı kullanıcı kitlelerine yönelik “sınırsız ya da yüksek limitli” planları teşvik etmeleri önerilmektedir.
- **Siber Güvenlik ve Veri Mahremiyeti Standartlarının Güçlendirilmesi:** 5G ve 6G altyapıları, ağ mimarisi olarak daha karmaşık, çok katmanlı, bulut ve uç bilişim entegrasyonuna açık yapılar içermektedir. Bu durum, saldırı yüzeyini genişletmekte ve geleneksel güvenlik modellerini yetersiz bırakmaktadır. 6G özelinde yapılan analizlerde, özellikle *zero-trust* mimarileri, blok zinciri tabanlı anahtar yönetimi ve yapay zekâ destekli saldırı tespiti gibi yeni güvenlik yaklaşımlarının gerekliliği vurgulanmıştır³⁵. Ayrıca, uluslararası düzeyde yapılan ortak açıklamalarda, 6G’nin tasarım aşamasından güvenli, açık ve dirençli ilkeleriyle geliştirilmesi gerektiği belirtilmektedir. Bu bağlamda Türkiye’nin dijital altyapı güvenliğini sağlayacak yasal düzenlemeleri güncellemesi, ağ hizmeti sağlayıcıları için güvenlik standardı zorunlulukları getirmesi ve uluslararası standartlarla uyumu sağlaması önem taşımaktadır.
- **Kamu-Özel Sektör İşbirliklerinin Teşvik Edilmesi:** Yeni nesil ağlar yalnızca altyapı ve teknoloji yatırımı değil, aynı zamanda inovasyon, insan kaynağı ve yerli

³³ İTÜ, “The digital divide in Turkey”, 04.05.2023, <https://polen.itu.edu.tr/items/ed4b7972-8ad2-4a6c-a2c8-8d837d6e5ef0>, Erişim Tarihi: 05.11.2025

³⁴ Wiley, “FCC Opens Notice of Inquiry on the Use of Data Caps”, 21.10.2024, <https://www.wiley.law/alert-FCC-Opens-Notice-of-Inquiry-on-the-Use-of-Data-Caps>, Erişim Tarihi: 05.11.2025

³⁵ Forth, “Cybersecurity Challenges and Pitfalls in 6G Networks”, 16.11.2024, https://users.ics.forth.gr/~zarras/files/HOLISTIC_2025_Cybersecurity.pdf, Erişim Tarihi: 05.11.2025

üretim açısından ekosistem yaklaşımı gerektirir. Bu nedenle, kamu-özel sektör iş birliği modelleri (*Public-Private Partnerships - PPP*) stratejik araçlar olarak kullanılmalıdır. Örneğin Avrupa'da özel sektör, araştırma kurumları ve devlet kurumlarının bir araya geldiği ortak AR-GE programları 6G vizyonunun geliştirilmesinde önemli bir paya sahiptir. Türkiye'de de bu tür iş birliklerinin artırılması, yerli baz istasyonu üretimi, test sahaları oluşturulması, startup ve girişim destekleriyle AR-GE kültürünün yaygınlaştırılması açısından kritik olacaktır. Yatırım ortamı ve düzenleyici teşviklerle bu iş birlikleri desteklenmeli, inovasyon döngüsünün hızlanması sağlanmalıdır.

- **Sürdürülebilir ve Enerji Verimli Ağ Tasarımı:** Yeni nesil ağlardaki teknik gelişmelerin çevresel etkileri de ihmal edilemez. 6G vizyonu yalnızca hız ve kapasite artışı üzerine kurulu değildir; aynı zamanda enerji verimliliği, çevresel sürdürülebilirlik ve kaynak kullanımının optimize edilmesi hedeflerini de içermektedir. Örneğin Avrupa tarafından yayımlanan *European Vision for the 6G Network Ecosystem*³⁶ adlı çalışmada sürdürülebilirlik, 6G sistemlerinin tasarımından itibaren temel bir unsur olarak ele alınmaktadır. Bu doğrultuda, Türkiye'de planlanan 5G/6G altyapılarında enerji tüketimi azaltılmalı, yenilenebilir enerji kaynakları entegrasyonu, bakırdan bakırsıza geçiş, düşük güç antenler gibi teknolojiler önceliklendirilmeli ve yatırım kararları çevresel etki analizleri çerçevesinde yapılmalıdır. Bu sayede dijital altyapı büyümesi, iklim hedefleri ve sürdürülebilir kalkınma çerçevesiyle uyumlu hale gelecektir.

Sonuç olarak, 5G ve 6G teknolojileri, ekonomik kalkınmadan toplumsal refaha kadar geniş bir etki alanına sahiptir. Bu potansiyelin gerçekleşmesi, adil erişim, kapsayıcı politika ve sürdürülebilir altyapı tasarımı ile mümkündür. Türkiye ve AB'nin mevcut stratejileri, teknoloji geliştirme ve dijital dönüşüm hedefleri doğrultusunda ilerlerse, yeni nesil ağlar hem ekonomik büyüme hem de toplumsal fayda yaratma açısından kritik bir araç olacaktır.

³⁶ 6G-IA, "EUROPEAN VISION FOR THE 6G NETWORK ECOSYSTEM", 24.11.2024, <https://6g-ia.eu/wp-content/uploads/2024/11/european-vision-for-the-6g-network-ecosystem.pdf>, Erişim Tarihi: 05.11.2025