



# Otomotiv Sektöründe Gelişen Teknolojiler

KPMG Türkiye

[kpmg.com.tr](http://kpmg.com.tr)



# İçindekiler

**5** Sektöre Genel Bakış

**7** Elektrifikasyon

**9** Bataryalar

**11** 3D Baskılama Teknolojisi

**15** Dijital İkiz Teknolojisi

**17** Yapay Zeka Teknolojisi

**19** Sektörel Değişim



# Sektöre Genel Bakış

**Küresel otomotiv sektörünün pandemi etkisinin azalması ile 2022 yılında önceki yıla kıyasla daha olumlu bir sene geçirdiği izlense de; üretim ve satış verilerinin henüz pandemi öncesi seyrine dönmediği gözlemlenmektedir**

## Otomotiv sektörüne genel bakış

Otomotiv sanayii küresel ekonominin yaklaşık %3'ünü oluşturmakla birlikte; 2020 yılından beri Çin'de başlayarak global anlamda etkisini gösteren Covid-19 pandemisinden en çok etkilenen sektörlerden birisi olmayı sürdürmektedir.

Pandemi sebebiyle küresel üretimdeki %16 oranlarına varan daralma, hammadde fiyatlarındaki artış, devletler tarafından emisyon kriterlerindeki regülasyon sıkılaştırmaları, çip arzının eksikliği gibi önemli faktörlerden etkilenen otomotiv üretiminin; 2022 yılında 2020 ve 2021 senelerine göre daha olumlu ilerlediği izlense de, özellikle Haziran 2022 verileri göz önünde bulundurulduğunda Avrupa başta olmak üzere henüz pandemi öncesi dönemdeki seyrine dönmediği gözlemlenmektedir. 2022 Haziran itibarıyla satış rakamlarının Avrupa'da 1996'dan beri en düşük seviyesinde olduğu izlenirken; 2022 yılındaki olumlu seyrin özellikle Çin'deki üretim artışında gerçekleştiği gözlemlenmektedir.

2021 yılına ait küresel yolcu ve hafif ticari araç üretim adedi yaklaşık 76.9 milyon iken 2022 yılının ilk 6 aylık dönemdeki yıl sonu üretim öngörüsü yaklaşık 81.5 milyon olarak izlenmektedir. Üretimin 2025 yılında ise pandemi öncesi dönemi yaklaşık %10 oranında geçeceği öngörülmektedir.

Ancak sektör genelinde Covid-19 pandemisi nedeniyle küresel boyuttaki birçok otomotiv üreticisi şirketin, uygulanan sokağa çıkma yasakları gibi kısıtlamalar sebebiyle üretimlerine belirli sürelerle ara vermek zorunda kaldığı ve kısıtlamalar sonrasındaki talebi doğru belirleyemediği görülmektedir.

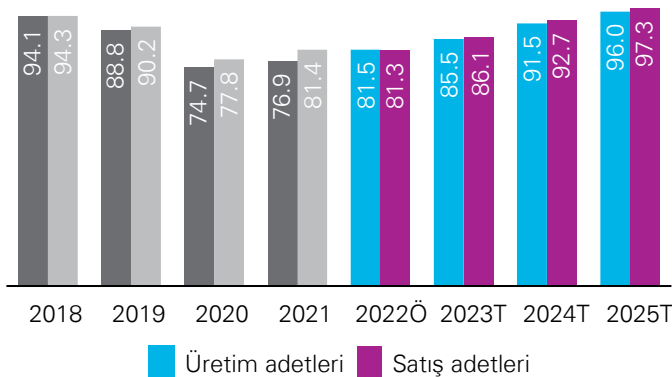
Bu sebeple üretim adetleri hem Covid öncesi yıllara göre azalmış, hem de üreticiler gerekli talebi karşılamakta zorlanmıştır.

Özellikle son dönemde yaşanan ve Çin'deki ana maddesi silisyum olan çipler için gerekli olan hammadde eksikliği ve dünyanın en büyük çip üreticisi olan Tayvan ile Çin arasında yaşanan politik gerginlik sebebiyle otomotiv sektöründe çip arzı sıkıntılarının üretim sayılarını ciddi oranda etkilemeye devam ettiği izlenmektedir.

Küresel sürdürülebilirlik kapsamında ise hükümetlerin, karbon emisyon oranlarının azaltılmasına yönelik çeşitli çalışmalar yaptığı görülmektedir. Çin, ABD, Avrupa Birliği ve diğer birçok ülke 2050 yılına kadar karbon emisyonlarında net sıfır olma hedeflerini açıklamıştır. Avrupa Parlamentosu ayrıca Haziran 2022 tarihinde 2035 ve sonrası için benzinli ve dizel araç satışlarının satışının yasakladığını açıklamıştır. Kararın uygulanmasının tüm üye ülkelerin yasayı kabul etmesine bağlı olduğu ve Almanya Maliye Bakanlığı'nın, ilgili gelişmeyi kabul edemeyeceklerini belirttiği izlenmektedir. Ancak tüm bu gelişmeler otomotiv sektörünü karbondioksit salınımına yönelik halihazırda yapılan çalışmaların yanında daha fazla teknolojik geliştirmeler ve yenilemeler yapmak durumunda bırakacağı öngörülmektedir.

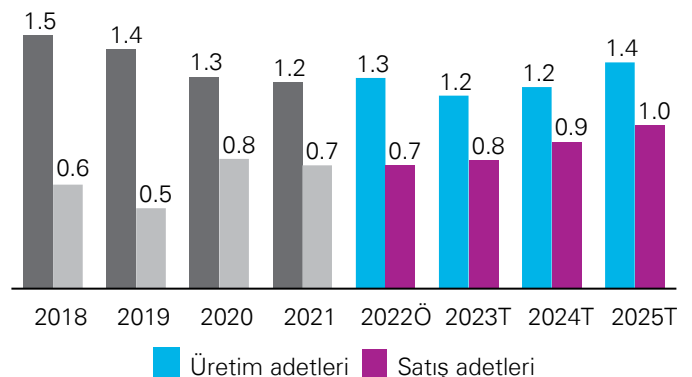
Türkiye'de ise tedarik sorunları yolcu ve hafif ticari araç üretimini negatif yönde etkilerken; iç pazarda yaşanan araç, akaryakıt fiyatlarındaki artış ve ihracatın %60'dan fazlasının gerçekleştirildiği Avrupa'daki daralma da satışları olumsuz etkilemektedir. Nisan 2022 itibarıyla ikinci el araç pazarındaki KDV'nin %1'den %18'e çıkartılması da otomotive olan talebi kısıtlamaktadır.

## Küresel yolcu ve hafif ticari araç üretim ve satış adetleri (mil)



\*2022 verisi Ocak – Haziran ayları arasını kapsamaktadır  
Kaynak: KPMG kaynakları, Masaüstü araştırmaları

## Türkiye yolcu ve hafif ticari araç üretim ve satış adetleri (mil)





# Elektrifikasyon

## Araç ve batarya üretiminde yaşanan teknolojik gelişmeler ve devletler tarafından verilen özel teşvikler sayesinde elektrik ve hibrit motorlu araçların üretiminde ve satışında artış yaşanması öngörülmektedir

Küresel anlamda otomotiv üretiminde yaşanan teknolojik gelişmelerin yanı sıra iklim krizi ve yüksek karbon salınımı gibi çevresel problemler pek çok sektörü etkilediği gibi otomotiv sektörünün de hızlı değişimine sebep olmaktadır. Birçok hükümet artık fosil yakıtlara dayalı ekonomilerden sürdürülebilir, yeşil ve iklim krizi etkilerini azaltmaya çalışan bir ekonomiye ihtiyaç duyduklarını kabul etmekte ve buna yönelik çalışmalar yürütmektedir. Kontrolsüz sanayileşme, hızla artan nüfus ve sürekli yükselen enerji talebine bağlı olarak, günlük yaşamımızın vazgeçilemez bir parçası olan ulaşım araçlarının mazot ve benzin gibi fosil yakıtlarla çalışması çevresel krizin boyutlarını artırmaktadır.

Günümüzde ulaşım alanındaki karbon emisyonunu azaltmaya yönelik yapılan çalışmaların en başında elektrikli araçların üretimi gelmektedir. İçten yanmalı motor sistemleri çalışmak için fosil yakıtlara ihtiyaç duyarken, elektrikli araçların motorları elektrikle çalışmakta ve bu sayede çevreye çok daha az zarar vermektedir. Tamamen elektrikli ve hibrit (içten yanmalı ve elektrikli) tipi araçların birçok firma tarafından üretilmeye başlanması ile de araç fiyatları giderek daha fazla kişinin bütçesine uygun hale gelmektedir.

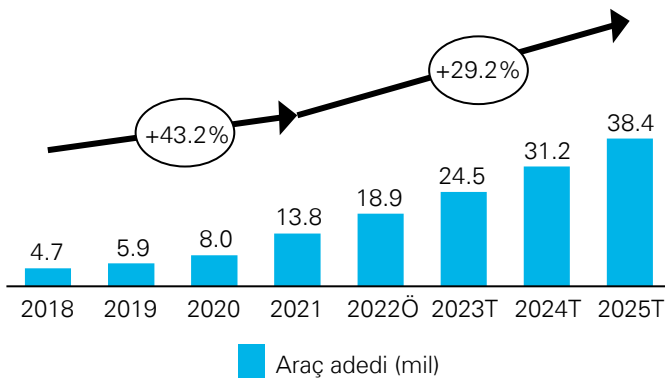
İçten yanmalı motorlu araçlar dışında, farklı hibrit ve elektrikli motor tiplerine sahip araç satışlarının küresel olarak 2018 yılından itibaren 2021 yılının sonuna kadar yıllık birleşik %43,2 oranında büyüdüğü ve bu büyümenin 2022 itibarıyla 2025 sonuna kadar %29,2 olarak devam etmesi öngörülmektedir.

Türkiye özelinde ise 2019 yılı sonu itibarıyla toplam enerji tüketiminin yaklaşık %24'ü ulaşım sektörü tarafından oluşturulmaktadır.

Bu sebeple karbon emisyon oranında büyük etkisi olan ulaşım sektörü için hükümet, elektrikli araç sektörüne yatırım yapmak isteyen firmalar başta olmak üzere; teşvikler, vergi muafiyetleri ve sosyal güvenlik yardımları gibi destekler vermekte ve planlamaktadır. İlgili teşviklerin en güncel örneklerinden biri, 2021 yılı Mart ayında çıkartılan yeni ekonomi ve reform paketi dahilinde yeşil dönüşüm başlığı altında şarj istasyonlarının kurulması, akıllı taşımacılık altyapısına dair yatırımlar yapılması ve toplu taşımacılık alanında elektrikli araçların kullanılması gibi maddelerinin yer alması olarak gösterilebilir.

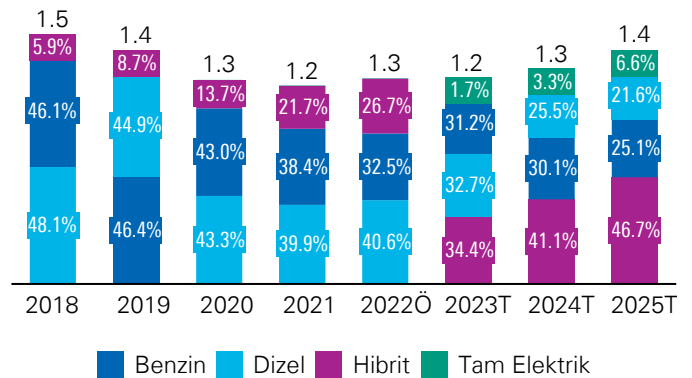
Türkiye'nin 2021 yılı üretim miktarları göz önüne alındığında, dünyada en büyük 13 ve Avrupa'da en büyük 4. yolcu ve hafif ticari araç üreten ülkesi olmasına rağmen, ülkedeki elektrikli araç kullanımı henüz hedeflenen boyutlarda değildir. Türkiye'de 2021 sonu itibarıyla %39,9 oranı ile en fazla dizel araçlar kullanılırken; hibrit ve elektrik motorlu araç kullanım oranı henüz çok düşük seviyelerdedir. Ancak hem araç ve batarya üretim teknolojilerindeki gelişmeler hem de insanların çevre ve ekosistem ile ilgili bilinçlenmesi ile ülkemizde de özellikle 2018 sonrasında elektrikli ve hibrit motorlu otomobil satışları yaklaşık olarak %201 oranında artış göstermiştir. 2018 yılı sonunda yaklaşık 89 bin adet yapılmış olan elektrikli ve hibrit otomobil satışının; 2021 sonunda 267 bine ulaştığı gözlemlenmektedir. Bu trendin 2021 sonrasında tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ivmelenerek artacağı öngörülmektedir.

### Küresel elektrik ve hibrit motorlu yolcu ve hafif ticari araç adetleri (mil)



\*2022 verisi Ocak – Haziran ayları arasını kapsamaktadır  
Kaynak: KPMG kaynakları, Masaüstü araştırmaları

### Türkiye'de yakıt tiplerine göre yolcu ve hafif ticari araç oranları (%)





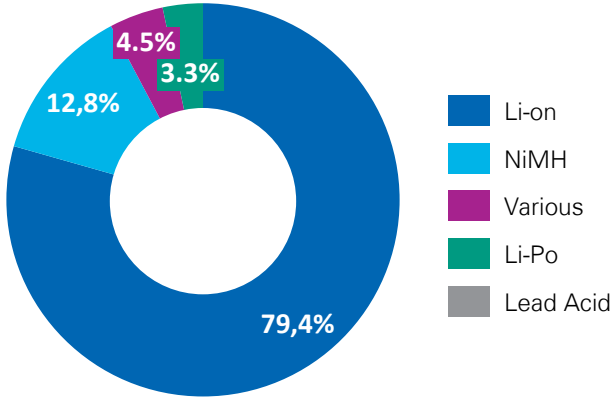


# Bataryalar

## Elektrikli araçlarda kullanılan bataryaların yüksek maliyetleri ve giderek daha fazla önem kazanan çevre bilinci sebebiyle, üreticiler yatırım odaklarını geri dönüştürülebilir pillerin geliştirilmesine çevirmektedir

Elektrikli araçların giderek daha fazla yaygınlaşması; araç bataryalarının ve ilgili teknolojik gelişmelerin otomotiv endüstrisi için daha büyük önem kazanmasına sebep olmaktadır. 2021 yılı sonu itibarıyla elektrikli ve hibrit motorlu araçlarda kullanılan bataryalar; Li-ion (Lithium Iron), Ni-MH (Nickel Metal), Li-Po (Lithium Ploymer), Solid State, Lead Acid ve Ultracapacitors gibi diğer çeşitli pil teknolojilerinden oluşmaktadır. Global olarak 2021 yılı 2021 yılı sonu itibarıyla elektrikli ve hibrit araç satışlarında en fazla kullanılan pilin; %79,4 oran ile 10.9 milyon araçta kullanılan Li-Ion batarya olduğu görülmektedir. Aynı dönem itibarıyla toplam batarya satışı yaklaşık 13.8 milyon iken; bu sayının 2033 sonu itibarıyla 77 milyona çıkması öngörülmektedir. Ayrıca 2033 itibarıyla Li-Ion pili satışının %80 ile 2021 yılına benzer bir oranda seyredeceği; ancak Ultracapacitor'ler gibi diğer çeşitli bataryaların %4.2'den %14'lere çıkacağı beklenmektedir.

### Batarya tiplerine göre elektrikli ve hibrit araç oranları, 2021



Elektrikli araçların gelecekte otomotiv pazarına egemen olacağı öngörülerek batarya üretimi adına iki büyük zorluk üzerinde çalışılmaktadır. Bunlardan biri pahalı bataryalarda kullanılan, madencilik işlemi zorlu, çevresel ve sosyal maliyetleri yüksek olduğu için nadir bulunan metallerin batarya üretiminde kullanımının azaltılmasına yönelik çalışmalardır. İkincisi ise, kullanılmış araba bataryalarındaki değerli metallerin verimli bir şekilde yeniden kullanılabilmesi için batarya geri dönüşümü teknolojisinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesidir.

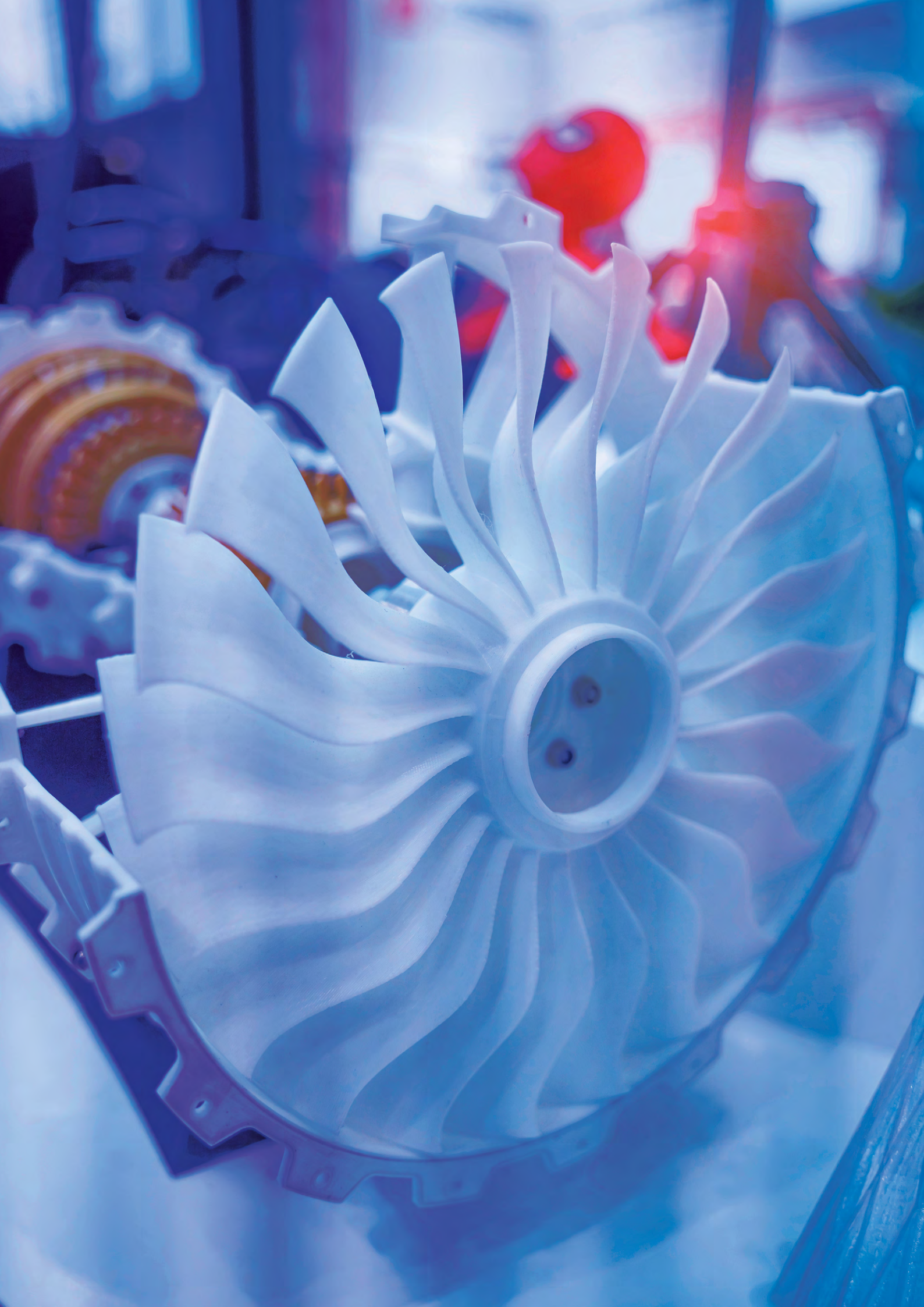
Pil ve otomobil üreticileri, kısmen devlet teşvikleri ve gelecek düzenlemelerin beklentisiyle, elektrikli araç pillerinin üretim ve geri dönüşüm maliyetlerini azaltmak için yüksek bütçeli yatırımlar yapmaktadır. Ulusal araştırma fon sağlayıcıları, bataryaların geri dönüşümü ve üretimi için en gelişmiş ve ekonomik yöntemi bulmaya yönelik araştırma merkezleri kurmuştur. Bu bakımdan en karlı yol değerli metalleri yeni çıkarılan metallerle rekabet edebilecek kadar ucuza geri kazanmaya yönelik süreçler geliştirmektedir. Diğer yandan araştırmacılar maliyetleri düşürmek adına elektrikli araç bataryalarının üretimi için çıkarılması gereken metallerin batarya başına kullanımını azaltmaya çalışmaktadır.

Kullanılan metal miktarları pil tipine ve aracın modeline göre değişmekle beraber tek bir araba Li-Ion pil takımı (NMC532 olarak bilinen bir türden), yaklaşık 8 kg lityum, 35 kg nikel, 20 kg manganez ve 14 kg kobalt içerebilmektedir. Li-Ion maliyetlerinde düşüşler yaşandığı için uzmanlar yakın gelecekte Li-Ion bataryalara olan talepte herhangi bir azalma olmayacağını öngörmektedir. Bunların yanı sıra bir Li-Ion elektrikli araç pil takımının maliyetinin 2023 yılına kadar kilovat-saat başına \$100 USD altına düşeceği veya bugünkünden yaklaşık %20 daha az maliyetli olacağı öngörülmektedir.

Batarya üretimindeki diğer bir gelişme olarak, batarya teknolojileri şirketi olan Blackstone Resources elektrikli araç pilleri için elektrotların ve ayırıcıların 3D olarak basılmasının bir takım avantajlar getireceğini öne sürmekte ve buna yönelik geliştirmeler yapmaktadır. Şirket verilerine göre pillerin enerji depolama katmanları daha kalın hale getirilerek enerji yoğunluğu yaklaşık %20 oranında artırılabilir.

3D baskılama yöntemleriyle elektrikli araç üreticilerinin bireysel ihtiyacına göre batarya boyutlarında değişiklik yapılarak hammaddeden ve bataryanın yerleştirileceği alandan tasarruf sağlanmaktadır. Böylece çevre dostu bir yaklaşımla, batarya üretim sürecinin 3D baskılama ile %23 daha az enerji tüketen ve hammadde israfı %50'ye kadar azalan bir hale gelmesi sağlanabilmektedir.

\*2022 verisi Ocak – Haziran ayları arasını kapsamaktadır  
Kaynak: KPMG kaynakları, Masaüstü araştırmaları



# 3D Baskılama Teknolojisi

## Elektrikli otomobil üretimine her geçen gün daha fazla entegre hale gelen 3D teknolojileri parça kalitesinden ödün vermeden daha hafif araçlar oluşturulmasını sağlayarak araçlardaki pil ömrünün uzamasına yardımcı olmaktadır

Bu doğrultuda özellikle batarya üretiminde kullanılarak verimliliği arttıran, aynı zamanda geleneksel yöntemlerden daha hızlı ve güvenli araç üretimini sağlayan 3D yazıcıların elektrikli araç üretimini ve dolayısıyla otomotiv sektöründeki araç üretimini destekleyeceği öngörülmektedir.

### Elektrikli araç üretiminde 3D baskı teknolojisinin kullanımı

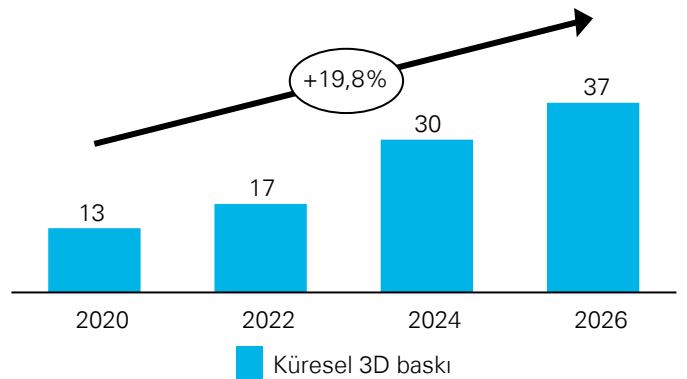
Son yıllarda sektördeki bir çok otomotiv şirketi devletlerin açıkladığı elektrikli araçlara geçişi gerekli kılan regülasyonlarla birlikte üretimde yönünü elektrifikasyona çevirmektedir. Örneğin, General Motors Co., 2035 yılına kadar filusunda sadece sıfır emisyonlu araçlar bulundurmaya taahhüt etmektedir. Bu durumun, fosil yakıtlı araç üretimine yönelik sınırlamaların ve karbon emisyonu azaltma çalışmalarının hız kazanması ile otomotiv endüstrisi üzerinde oluşan baskının bir sonucu olduğu gözlemlenmektedir. Diğer yandan, ABD Başkanı Biden'ın ülkede 2030'a kadar satılacak binek araçların ve hafif kamyonların %50'sinin sıfır emisyonlu olacağını öngören kararnameyi imzalaması gibi hükümet kararları da dünya çapında elektrikli araç üretimine ve elektrifikasyon süreçlerine yönelimi arttırmaktadır. Ayrıca tüketiciler tarafından elektrikli araçların toplu olarak benimsenmesini sağlamaya yönelik altyapının oluşması için 2.6 milyar dolardan fazla yatırımlar yapılmaktadır.

Endüstriyel 3D baskı, benzer bir büyüme göstererek, gün geçtikçe temel olarak bir prototipleme teknolojisi olmaktan geniş çapta kabul gören bir üretim aracı haline gelmektedir. Küresel raporlar, eklemeli imalat pazarının 26.7 milyar dolarlık bir öngörü ile 2027 yılına kadar yüzde %14,4 oranında büyüyeceğini öngörmektedir. Elektrikli araç üreticilerinin önümüzdeki yıllarda daha düşük maliyetler ile esnek üretim imkanı sağladığı için 3D baskı sistemini daha sık kullanması beklenmektedir. Örneğin FDM (Fused Deposition Modelling) teknolojisine sahip 3 boyutlu yazıcılar ile ABS malzeme kullanılarak tampon, ızgara ve çamurluk gibi geometrik kompleks parçalar yapılabilmektedir.

Bu sayede arabaların test edilmesi amacı ile araç tasarım sürecinde oluşturulan prototip üretim aşamasında 3D yazıcıların yoğun kullanımı otomotiv üretim sektörü trendlerinden biri haline gelmektedir. Yazıcılardan çıkan malzemelerde ufak rötuşlar uygulanarak malzemelerin yüzeyleri daha pürüzsüz ve hatasız üretilebilmektedir. Bu sayede işlem gören parçalı malzemelerde bile birleştirme yapılarak istenilen büyüklükte üretim yapılabilir. Yazıcıların bu özellikleri göz önünde bulundurulduğunda araç prototipleme sürecinde verimliliği artırdıkları için araç üreticilerine zamandan ve maliyetlerden tasarruf sağladığı görülmektedir.

Hafif ağırlıklı parçaların üretimi; otomotiv sektöründe kritik bir performans belirleyici faktör olması sebebiyle yıllardır önemini koruyan bir konu olmaktadır. Elektrikli araçların geliştirilmesiyle beraber hafif parça imalatı da gün geçtikçe aynı oranda değer kazanmaktadır. Elektrikli araçlar içten yanmalı bir motor olmadan daha hafif olsa da, akslarında bir miktar ağırlık tasarrufu sağlanarak veya ağırlık dağılımında iyileştirmeler yapılarak aracın batarya ömrünün uzamasına yardımcı olunabilmektedir. Bu noktada 3D baskılama teknolojisinin yeteneklerinden faydalanılırken, parça kalitesinden ödün vermeden daha hafif araçlar üretilebilmektedir. Bu sayede elektrikli araçların hem yolculuk menzili artmakta hem de uzun vadede oluşabilecek batarya değişim masraflarından tasarruf sağlanmaktadır.

### 2020'den 2026'ya kadar küresel 3D baskı ürünleri ve hizmetleri pazar büyüklüğü (milyar ABD doları olarak)



## 3D malzemeler elektrikli araçlarda kullanıldığında termal yetenekleri sayesinde araç bataryalarının optimum sıcaklıkta çalışmalarını sağlayarak pil ömrünü uzatabilmekte ve performans artışına olanak tanımaktadır

Üretici firmaların elektrikli otomobil üretiminde artan talebi karşılayacak bir arz yaratması ve buna yönelik teknolojik iyileştirmelerle seri üretimde optimizasyonu sağlaması gerekmektedir. Tam da bu noktada 3D baskı sistemleri bir otomotiv şirketinin tedarik zincirini basitleştirerek operasyonunu rahatlatılmaktadır. Çoğu otomotiv üreticisi, birçok parçayı dışarıdan temin ettikleri için karmaşık tedarik zincirlerine sahiptir. 3D teknolojileriyle yapılan eklemeli üretim, üreticilerin son montaj tesisinin yakınında bileşenleri yazdırmasını sağlayarak atıkları, nakliye maliyetlerini ve arıza süresini en aza indirmektedir.

Üreticiler, orijinal parçalar yaratmanın yanı sıra servis parçaları da sağlamaktadır. Bu, geleneksel yöntemlerle birçok yedek parçanın oluşturulması ve depolanması anlamına gelir ve çoğu parça distribütörü, yalnızca hazır bulunan ortak yedek parçalara sahiptir. Düşük talep gören parçalar genellikle daha pahalıdır ve bu parçaların üretimi satışlarının düşük olması sebebiyle durdurulabilmektedir. Buna karşılık eklemeli üretim, şirketlerin talep üzerine daha nadir bulunan parçaları 3D olarak bastırabilmesine imkan tanıyarak uzaktaki başka depolara olan ihtiyacını ortadan kaldırmakta ve işletme maliyetlerini düşürmektedir. Eklemeli imalat ayrıca üretilmesi daha zor olan kişiselleştirilmiş araçların tasarımına da imkan sağlamaktadır. Bazı lüks otomobil üreticileri, müşteri gereksinimlerine özel tasarımlar sunmak için halihazırda eklemeli üretimi kullanmaktadır. CNC veya enjeksiyon kalıplama gibi geleneksel üretim yöntemleri; rekabetçi teslim süreleri içerisinde kişiselleştirilmiş objeleri üretememektedir. Bu tür parçaları üretmenin maliyeti de çok daha yüksektir. Ayrıca 3D teknolojisinin mümkün kıldığı kişiselleştirme özellikleri, yedek parça sağlamak ve halihazırda parçaları bulunmayan eski bir araba modelini onarmak için de kullanılabilir.

3D malzemelerin diğer bir avantajı ise sağlam bir termal yapıya sahip olmalarıdır. Bu özelliği ile 3D baskılama; elektrikli araç imalatı için önemli ölçüde fark yaratmaktadır. Elektrikli araç pillerinin optimum koşullar altında tutulması zor olmasına karşın kritik bir öneme sahiptir. Örneğin Li-Ion pil ömrünün ılıman bir sıcaklıkta çalıştırıldığında uzadığına dair çalışmalar yapılmıştır.

Elektrikli araç pilinin şarj ve sürüş için yaklaşık 25°C (77°F) ideal bir sıcaklığa kadar ısıtılması gerekmektedir. Depolama yada park etme sırasında olması gereken sıcaklık ise 10°C (50°F)'dir. Li-ion'un düşük sıcaklıkta şarj edilmesi ve çalıştırılması ise bataryanın kapasitesinin düşmesine ve bataryanın kalıcı hasar görmesine sebep olabilmektedir. Bu bakımdan 3D yazıcılar ile yapılan eklemeli üretim sayesinde muhafazalar ve ısı eşanjörleri sıcaklık düzenlemesine yardımcı olarak, daha düşük derecede makine çalışması ve daha hızlı geliştirme döngüleri ile yüksek performans sağlamaktadır.

Bir diğer önemli husus olarak üretim maliyetleri açısından 100.000 parçadan az, yani daha düşük hacimli üretimler için 3D yazıcılar daha ekonomiktir. Bu eşğin üstündeki daha yüksek hacimli üretimler için enjeksiyon kalıplama gibi geleneksel üretim teknikleri daha makul maliyetler sunmaktadır. İlerleyen günlerde tasarımların karmaşıklaşması, kullanılan malzemelerin değişmesi ve endüstriyel 3D yazıcıların teknolojik yeteneklerinin gelişmesine bağlı olarak üretim maliyetlerinde düşüş yaşanması beklenmektedir. Önümüzdeki birkaç yıl içinde LPF (Laser Powder Forming) teknolojisi gibi lazerle metal ve benzeri bileşenleri daha hızlı kaynaştırmaya yarayan teknolojiler gelişmesi öngörülmektedir. Buna bağlı olarak 3D baskı ile üretimin, yüksek hacimli üretimler için dahi geleneksel yöntemlerden daha uygun maliyetli hale gelmesi öngörülmektedir. Ayrıca eklemeli üretim hantal aletler veya kalıp revizyonları gerektirmez, bu nedenle üretim değişikliği için herhangi bir zaman kaybı veya ekstra üretim maliyetleri bulunmamaktadır. Geleneksel üretim yöntemleri kullanılırken bir parçayı yapmak için harcanan sürede 3D baskı ile aynı parça 20'den fazla sayıda yapılabilir. Bu da zamandan tasarruf sağlamak adına 3D baskı yöntemini avantajlı kılmaktadır. 3D teknolojilerini elektrikli araç üretim süreçlerinde hem günümüz hem de gelecek için trend haline gelmiş olsa da; son yılların gelişen bir diğer üretim teknolojisi ise dijital ikiz sistemleridir. Dijital ikiz teknolojisi ile zamandan ve maliyetten tasarruf sağlanarak verimlilik artırılmakta ve bu teknoloji otomobil üretiminin önemli bir parçası haline gelmektedir.





53

DESTINATION

NAVIG  
NAVI

30  
DOLORSIT  
AMET//

01 02 03

LOREM  
IPSU<

NAVIGATION SYSTEMS  
OF LOREM IPSUM

01

02

03

04

05

06

# Dijital İkiz Teknolojisi

**Fiziksel nesnelerin sanal ortamlarda dijital ikizlerinin oluşturulması ile hem otomotiv üretim sürecinde verimlilik sağlanmakta hem de süreçte yaşanan arızalar daha oluşmadan öngörülüp düzeltilmektedir**

Dijital ikiz teknolojisi, bir işletmedeki fiziksel nesnelerin dijital alanda birebir eşleniğinin geliştirilmesi ile nesnelerin sanal olarak izlenebilir hale gelmesini sağlamaktadır. Bu uygulama şirketler için sanal ve fiziksel gerçekliklerin arasında bir köprü görevi görmektedir. İki gerçekliğin bu şekilde eşleştirilmesi ile şirketler faaliyetlerini hayata geçirmeden önce üretim süreçlerini ve nesnelerin işleyişlerini izleyebilme, iyileştirilebilecek noktaları tespit edebilme ve potansiyel sorunların dijital dünyada fark edilip çözülebileceğine dair öngörüler oluşturmaktadır.

Dijital ikiz teknolojisi ortaya çıktığından beri IoT (nesnelerin interneti) teknolojisi ile bütünlüklü bir şekilde çalışmaktadır. IoT cihazları otomotiv bileşenlerine kurulan çeşitli sensörler aracılığıyla sürekli olarak veri toplamakta ve internet bağlantısı ile bu verileri ilgili alıcıya aktarmaktadır. Bu özelliği dijital ikizlerle IoT'yi beraber kullanmak için doğal bir uyum haline getirir. Dijital ikizler, gerçek zamanlı kararlar almak için gerçek dünya verilerine ihtiyaç duyar ve IoT cihazları sürekli olarak gerçek zamanlı veriler sağlayabilmektedir. Sanal modelleme süreçlerinde ne kadar çok veri toplanırsa gerçeğe o kadar yakın bir model yaratılabildiği için gerçek zamanlı veriler toplaması açısından IoT teknolojisi dijital ikiz sisteminin kullanımı yönünden büyük bir önem taşımaktadır.

Araç üretim aşamasında IoT cihazlarıyla toplanan veriler dijital ikiz sisteminde kullanılarak fiziksel üretim hatları, taşıma sistemleri ve robotik iş hücreleri inşa etmeden veya otomasyon sistemleri kurmadan önce tüm üretim süreçlerini tamamen sanal bir ortamda planlanmaktadır. Gerçek zamanlı özellikleri sayesinde dijital ikiz teknolojisi sistemin bir eşleniğini çıkartabilmektedir. Bu eşlenik üzerinden üreticiler sistemleri izleyebilmekte ve yapılacak gerekli ayarlamalar için modelleme çalışmaları yapabilmektedir. Bu sayede dijital ikiz teknolojisi ile üretim sürecinin optimizasyonu sağlanarak; potansiyel arızalar giderilmekte ya da arıza bakım süreleri minimuma indirilebilmektedir.

Araç üretiminde olduğu gibi, lastikler gibi araçlar için üretilen yan parçaların üretiminde de dijital ikiz teknolojinin kullanımının süreci daha hızlı, ucuz ve hassas hale getireceği belirtilmektedir. Oluşturulan dijital kopya ile kapsamlı veriler, analizler ve simülasyonlar kullanarak nihai ürünleri geliştirmek için gereken maliyetli süreçler yerine sanal modelleme yaparak; lastiklerden kaynaklanabilecek riskler önemli ölçüde azaltılmaktadır.

Örneğin Rockwell Automation tarafından tasarlanan beş adımlı dijital ikiz teknolojisi uygulamalı lastik üretim sürecinde testlere tabi tutulmaktadır. Test sırasında güvenlik açısından kritik özelliklerden ödün vermeden lastiklerin yuvarlanma direncinde 30% 'luk bir azalma sağlandığı görülmektedir. Bu bağlamda dijital ikizlerin sunduğu imkanlar sayesinde şirket, fabrika başına üretimi optimize ederek yılda yarım milyondan fazla lastik üretmiş ve simülasyonlar sayesinde üretim öncesi tasarım ve test masraflarından 25% oranında tasarruf sağlamıştır. Böylece firmaların arızalar ve güvenlik dahil olmak üzere lastiklerin işlevsel sorunlarında radikal iyileştirmeler sağlayan bir sistem geliştirdiği izlenmektedir.

Dijital ikiz teknolojinin en son örneklerinden birisi de 2021 yılında Porsche firmasının geliştirmiş olduğu fakat henüz satışa sunulmayan; orijinal araçların sanal kopyalarının oluşturulduğu ve sürücü davranışlarını izleyerek bir arabaya ne zaman servis verilmesi gerektiğini öngören uygulamadır. Bu uygulama sayesinde sistem daha arıza ortaya çıkmadan, aracın hangi parçasında ne gibi bir arızanın ortaya çıkacağını öngörmektedir.

Bu gibi sebeplerden ötürü dijital ikiz teknolojisi sayesinde firmalar üretim bantlarında optimizasyon ve verimlilik sağlarken, araç sahipleri de maliyet ve zaman bakımından tasarruf sağlamaktadır. Hem üretim süreçlerini hem sürücü emniyetini hem de araç ömrünü uzatması gibi kritik faydaları sebebiyle dijital ikiz teknolojisi gibi yapay zeka ile destekli uygulamaların pek çok farklı sektör dahil olmak üzere otomotiv ve otomotive bağlı diğer sektörlerde de sık kullanılması öngörülmektedir.





# Yapay Zeka Teknolojisi

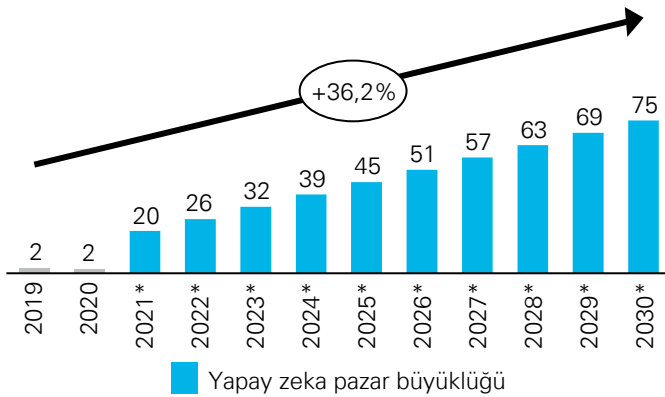
**Yapay zeka teknolojisi birçok farklı sektör ve alanda kullanılabildiği gibi, otomotiv üretim ve montajlama hatlarında oluşturabildiği farklı simülasyonlar sayesinde daha verimli ve güvenli bir üretimin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır**

Otomotiv sektöründe üretim hatlarından montajlama hatlarına, gerekse dizayn çalışmalarında yapay zeka teknolojilerinden giderek daha fazla yararlanılmaktadır. Bu teknolojiler arasında akıllı robotların kullanılması, dijital ikiz uygulaması gibi alanlarda kullanılan insan ve makine ilişkisinin sağlanması, dizayn çalışmalarında çeşitli prototiplerin kolayca oluşturulması gibi uygulamalar bulunmaktadır.

Üretimde robotların kullanılması yeni bir gelişme olmasa da; bu robotların kesin olarak belirlenmiş alanlarda faaliyet gösteren ve güvenlik sebepleriyle herhangi bir insan iletişimine izin vermeyen robotlar olduğu belirtilmektedir. Ancak akıllı yapay zeka iş birliği ile robotların aynı ortamda insanlar ile tıpkı bir meslektaş gibi çalışmaları sağlanmaktadır. Yapay zeka ile çalışan robotların aynı ortamda çalışan işçilerin hareketlerini kompleks algoritmalar kullanarak algıladığı ve bu sayede insanlara zarar vermeden üretim ve montaj hatlarında çalışabildikleri izlenmektedir.

Robotlar yapay zeka algoritmalarını kullanarak yalnızca kendilerine önceden verilen komutları uygulamaktan ziyade; malzeme ve bileşenlerdeki kusurları veya düzensizlikleri belirlemede ve tüm üretim sürecini buna göre uyarlamada görev alabilmektedir. Ayrıca robotlar belirledikleri hatalar ve düzensizliklere göre kalite ve güvence uyarıları yayınlatabilmekte ve bu sayede insan gözünden kaçabilecek güvenlik tedbirlerinin en sıkı şekilde uygulanmasını sağlamaktadır.

## Küresel otomotiv sektöründe kullanılan yapay zekanın pazar boyutu (milyar ABD doları olarak)



Otomotiv sektöründeki yapay zeka teknolojisinin kullanımı ayrıca üretim hatlarını, makineleri ve ekipmanları modellemek ve simüle etmek için de kullanılmaktadır. İlgili simülasyonlar sayesinde tüm sürecin bir çıktısı yaratılarak kalite kontrolleri yapılmakta ve bu sayede nihai ürünlerdeki hata ve kusurlar minimuma indirilmektedir. Bu simülasyonlar ise tek seferlik çıktılar üreten sistemler olarak çalışmaktan ziyade; farklı değişkenlerin ve koşulların uygulanabildiği simülasyonlar olarak çalışmaktadır. Değişen koşullara göre yapay zeka uygulaması kullanılarak farklı senaryolar oluşturulmakta; her bir senaryonun çıktısı ise izlenmekte ve gerekli iyileştirmeler yapılmak üzere süreç yönetilmektedir.

Ayrıca günümüz yapay zeka teknolojileri sayesinde üreticiler karmaşık operasyonları çözebilir ve tedarik zincirlerini düzene sokabilirler. Ortalama bir otomobil, genellikle dünyanın farklı bölgelerindeki çeşitli üreticilerden tedarik edilen, yaklaşık 30.000 ayrı parçadan oluşmaktadır. Bunun beraberinde karmaşık üretim süreçlerini, vasıflı işçilerin giderek daha zor bulunuyor olmasını ve pazar bağımlılıklarını eklersek, tedarik zincirindeki potansiyel gecikmelerin veya sorunların şirketlerin milyonlarca dolar kaybetmesine neden olduğu görülmektedir. Yapay zeka sistemler ise bu karmaşık etkileşimleri tahmin edebilmekte, süreçleri otomatikleştirebilmekte ve olası arızaları saptayarak oluşabilecek aksamaları önleyebilmektedir.

Örneğin Ford Motor Company'nin araç üretimindeki şanzıman montaj sürecinin verimliliği ve güvenlik açısından karmaşık olması sebebiyle bu zorlu süreci otomatikleştirmek adına yapay zeka teknolojisine yatırım yaptığı gözlemlenmektedir. Ford'un Symbio Robotics'den aldığı yapay zeka kontrollü robot, bileşenleri şanzımana kurmakta ve bu sırada birçok veri toplamaktadır. Önceki performansına dayalı olarak, topladığı verileri değerlendirmekte ve sonraki bileşenleri nasıl monte etmesi gerektiğini tahmin etmektedir.



# Sektörel Değişim

## Yeni üretim teknolojilerinin elektrifikasyon sürecine katkısıyla birlikte 2022 yılının sonunda ulaşılması beklenen 85.6 milyonluk yolcu ve hafif ticari araç satışının %23'lük kısmını elektrikli ve hibrit araçların oluşturacağı öngörülmektedir

Küresel otomotiv sektöründe son yıllarda pandemi sebebiyle oluşan olumsuz şartlar, otomobillerde kullanılan çiplerde yaşanan arz krizi, pandemi sonrası taleplerin doğru belirlenememesi, hükümetlerin karbon emisyon oranlarının azaltılmasına yönelik açıkladığı hedefler, teşvikler ve yatırımlar gibi faktörlerin otomotiv sektöründe önümüzdeki yıllarda ciddi bir değişime sebep olacağı öngörülmektedir. Bu değişimlerin başında otomotivlerin üretim süreçlerindeki teknolojik gelişmeler yer almaktadır. Türkiye özelinde ise iç pazarda yaşanan enflasyonist ekonomik şartlar sebebiyle artan araç ve akaryakıt fiyatları, ikinci el araç satın alınmadaki KDV oranının yükselmesi, ihracatın büyük bir kısmını oluşturan Avrupa pazarındaki daralma ve küresel boyutta devam eden tedarik zinciri problemleri otomotiv sektörünün pandemi öncesi seviyelere dönmeye engel olmaktadır.

Halihazırda artış trendi içinde olan elektrifikasyon teknolojisi ile beraber, çeşitli diğer sektörlerde halihazırda kullanılan 3D baskılama yöntemi, dijital ikiz uygulaması ve yapay zeka teknolojilerinin otomotiv sektöründeki üretim süreçlerine daha entegre hale geleceği tahmin edilmektedir. Üreticiler 3D baskılama yönetimi ile üretim aşamalarında verimliliği artırırken maliyetleri azaltmakta, dijital ikiz uygulaması ile gerçekçi modellemeler yaparak üretimde hata payını minimuma indirmekte ve yapay zeka kullanımı sayesinde süreçlerdeki insan ve teknoloji arasındaki bağı güçlendirmektedir. Tüm bu geliştirmeler ile otomotiv üretiminde daha verimli ve az maliyetli süreçlerin oluşturulması hedeflenmektedir.

Ayrıca yeni gelişen üretim teknolojilerinin otomotiv üretimini desteklemesinin yanı sıra; günümüzde yaşanan sektörel sorunlara da çözüm olabileceği tahmin edilmektedir. 3D baskılama yönteminin yaşanan çip arzına çözüm oluşturabilmesi bunun bir örneği olarak karşımıza çıkmaktadır. Çip üretim tesislerinin talebi karşılayacak arzı yetiştirememesiyle birlikte birçok kişinin aklına çözüm olarak yeni çip üretim tesisleri kurmak gelse de bu tesisler hem 10-15 milyar dolar gibi büyük yatırımlar gerektirmekte hem de bu tip fabrikaların kurulumu birkaç yılı bulabilmektedir.

Günümüzdeki acil çip talebini karşılamak için mevcut sermaye varlıklarına 3D baskı yöntemleri entegre edilebilmektedir. Üretimin artırılması çok sayıda çipin üretilebildiği silikon disklerde, mikro devreleri silikona kazımak için yapılan işlem sırasında silikon diskin sıcaklığının korunması kritik öneme sahiptir. Bu noktada 3D baskı, soğutmayı sağlayacak verimli kanalların optimize edilmiş bir tasarımını üretebilmektedir.

Şimdiden üretimde verimlilikle birlikte sağladıkları maliyet tasarrufunun yanı sıra, çevre dostu etkiler yaratan ve üretimin çeşitli kolları ve süreçleri için sundukları çözümlerle optimizasyonu arttıran bütün bu üretim teknolojilerinin sektörel ilerlemeyi ve iyileşmeyi hızlandırması öngörülmektedir.

# İletişim:



**Hakan Öleki**  
Otomotiv Sektör Lideri,  
Şirket Ortağı,  
holekli@kpmg.com



**Serkan Ercin**  
Strateji ve Operasyonlar  
Şirket Ortağı,  
sercin@kpmg.com



**Ruhican Özen**  
Strateji ve Operasyonlar  
Kıdemli Müdür,  
ruhicanozen@kpmg.com

## Detaylı bilgi için:

KPMG Türkiye  
Clients & Markets  
tr-fmmarkets@kpmg.com

## İstanbul

İş Kuleleri Kule 3 Kat 1-9  
34330 Levent İstanbul  
T : +90 212 316 6000

## Ankara

The Paragon İş Merkezi Kızılırmak Mah. Ufuk  
Üniversitesi Cad. 1445 Sok. No:2 Kat:13  
Çukurambar 06550 Ankara  
T: +90 312 491 7231

## İzmir

Folkart Towers Adalet Mah. Manas Bulvarı  
No:39 B Kule Kat: 35 Bayraklı 35530 İzmir  
T : +90 232 464 2045

## Bursa

İnallar Cadde Plaza, Balat Mahallesi  
Mudanya Yolu Sanayi Caddesi No: 435 K:5  
D:19-20 Nilüfer  
T : +90 232 464 2045

[kpmg.com.tr](http://kpmg.com.tr)

[kpmgvergi.com](http://kpmgvergi.com)



© 2022 KPMG Yönetim Danışmanlığı A.Ş., şirket üyelerinin sorumluluğu sundukları garantiyle sınırlı özel bir İngiliz şirketi olan KPMG International Limited ile ilişkili bağımsız şirketlerden oluşan KPMG küresel organizasyonuna üye bir Türk şirkettir. Tüm hakları saklıdır.

Bu dokümanda yer alan bilgiler genel içeriklidir ve herhangi bir gerçek veya tüzel kişinin özel durumuna hitap etmemektedir. Doğru ve zamanında bilgi sağlamak için çalışmamıza rağmen, bilginin alındığı tarihte doğru olduğu veya gelecekte olmaya devam edeceği garantisizdir. Hiç kimse özel durumuna uygun bir uzman görüşü almaksızın, bu dokümanda yer alan bilgilere dayanarak hareket etmemelidir. KPMG adı ve KPMG logosu, bağımsız üye şirketlerden oluşan KPMG küresel organizasyonun lisansı altında tescilli ticari markalardır. KPMG International Limited ve ilişkili kuruluşları müşterilere herhangi bir hizmet sunmamaktadır. © 2022 KPMG Bağımsız Denetim ve Serbest Muhasebeci Mali Müşavirlik A.Ş., şirket üyelerinin sorumluluğu sundukları garantiyle sınırlı özel bir İngiliz şirketi olan KPMG International Limited ile ilişkili bağımsız şirketlerden oluşan KPMG küresel organizasyonuna üye bir Türk şirkettir. Tüm hakları saklıdır.