

BATEG BÜLTEN

ELEKTRİKLİ ARAÇ
VE BATARYA TEKNOLOJİLERİ

**ELEKTRİKLİ ARAÇLARA GEÇİŞTE
POLİTİKALARIN ROLÜ:**

Sadece Teknoloji Değil, Yaşam Biçimi Değişiyor

**YENİ TREND ELEKTRİKLİ ARAÇ
KİRALAMAK MI?**

**ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA GELECEĞİN
ENERJİ KAYNAĞI:
KATI HAL BATARYA TEKNOLOJİSİ**

**LİTYUM-İYON BATARYALARIN ARZ ZİNCİRİ:
KRİTİK MİNERALLERDE JEOPOLİTİK RİSKLER**

**ELEKTRİKLİ ARAÇLAR: TEMİZ GELECEĞE
GİDEN YOL**

**HAZİRAN 2025
SAYI 9**

İçindekiler

05

ELEKTRİKLİ ARAÇLARA GEÇİŞTE POLİTİKALARIN ROLÜ: SADECE TEKNOLOJİ DEĞİL, YAŞAM BİÇİMİ DEĞİŞİYOR

Elektrikli araçlar artık sadece çevre dostu bir seçenek değil; ulaşım, enerji ve çevre politikalarının kesişiminde yükselen, yeni bir norm haline geliyor.

09

YENİ TREND ELEKTRİKLİ ARAÇ KİRALAMAK MI?

Teknolojinin ve sürdürülebilirlik hedeflerinin yaygınlaştığı bu dönemde, elektrikli araç kiralama giderek daha fazla tercih edilen bir ulaşım modeli haline geliyor. Hem bireysel kullanıcılar hem de şirketler için çevreci, ekonomik ve pratik çözümler sunarak mobilitenin geleceğini şekillendiriyor.

12

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA GELECEĞİN ENERJİ KAYNAĞI: KATI HAL BATARYA TEKNOLOJİSİ

Katı hal bataryalar, mevcut lityum-iyon batarya teknolojisinin sınırlamalarını aşarak daha güvenli, daha verimli ve daha uzun ömürlü çözümler sunmayı vadetmektedir.

17

LİTYUM-İYON BATARYALARIN ARZ ZİNCİRİ: KRİTİK MİNERALLERDE JEOPOLİTİK RİSKLER

Batarya üretiminde kullanılan minerallerin çıkarılması, işlenmesi ve tedariki yalnızca teknik bir mesele değil; aynı zamanda ciddi jeopolitik riskler barındıran, çok katmanlı bir sorun alanına dönüşmektedir.

22

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR: TEMİZ GELECEĞE GİDEN YOL

Ulaşım sektöründe karbon emisyonunu azaltma hedefindeki elektrikli araçlar, bu dönüşümde stratejik bir çözüm olarak öne çıkıyor. Özellikle bataryalı elektrikli araçlar, Avrupa Birliği mevzuatına göre sıfır emisyonlu araçlar statüsünde değerlendirilmekte.

EDİTÖR

KEVSER BUSE ARSLAN

YAZARLAR

ARDA GURUŞ

MELİS KAVAKLI

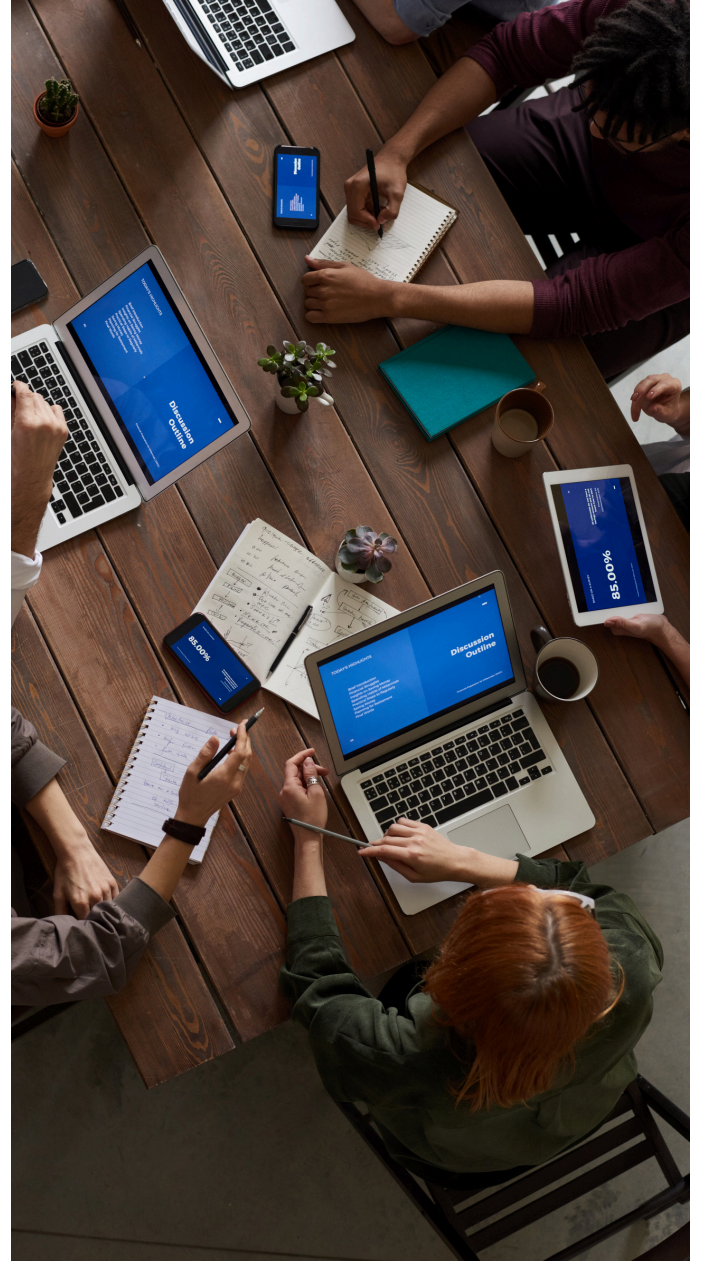
ERDEM SÖYLER

KEVSER BUSE ARSLAN

DR. SALİH YILDIRIM

HAKKIMIZDA

TÜBİTAK 1004 Mükemmeliyet Merkezi Destek Programı kapsamında, Bursa Uludağ Üniversitesi'nin Araştırma Programı Yönetici Kuruluş olarak yer aldığı "Elektrikli Taşıtlar İçin Batarya Teknolojileri Araştırma ve Geliştirme Platformu (BATEG)" Toplumsal Etki Analizi Grubu tarafından elektrikli araç teknolojilerinin mikro, mezo ve makro boyuttaki toplumsal kültürel, ekonomik ve ekolojik etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla yayınlanmaktadır.



SOSYAL MEDYADA BİZ



[instagram.com/bategplatformu](https://www.instagram.com/bategplatformu)



[linkedin.com/company/bateg-platformu](https://www.linkedin.com/company/bateg-platformu)



x.com/bategplatformu



[facebook.com/bategplatformu](https://www.facebook.com/bategplatformu)



Editörün Notu

Elektrikli araçlar, yalnızca otomotiv sektöründe değil; aynı zamanda enerji politikalarında, şehir planlamasında ve bireysel yaşam tercihlerimizde köklü değişimlerin habercisi. Bu dönüşüm, bir teknolojik geçiştten öte, yeni bir yaşam biçiminin ve sürdürülebilir bir geleceğin inşası anlamına geliyor.

Bu sayıda, elektrikli araçlara geçiş sürecini çok boyutlu bir perspektifle ele alıyoruz. Devlet politikalarının yön verici etkisinden, yeni nesil batarya teknolojilerine; kritik minerallerdeki jeopolitik risklerden, araç sahipliğinin geleceğine kadar uzanan bir tartışma yelpazesi sunuyoruz.

Amacımız; yalnızca güncel trendleri değil, bu dönüşümün arkasındaki dinamikleri ve gelecekte bizi bekleyen senaryoları da ortaya koymak. Çünkü artık mesele sadece araçların nasıl çalıştığı değil, bizim nasıl yaşamak istediğimiz. Katkılarından dolayı tüm araştırmacılarımıza teşekkürlerimi sunar, sizlere iyi okumalar dilerim.

ELEKTRİKLİ ARAÇLARA GEÇİŞTE POLİTİKALARIN ROLÜ

**Sadece Teknoloji Değil, Yaşam
Biçimi Değişiyor**

Elektrikli araçlar artık sadece çevre dostu bir seçenek değil; ulaşım, enerji ve çevre politikalarının kesişiminde yükselen, yeni bir norm haline geliyor. Teknolojinin gelişmesiyle üretim ve erişim kolaylaşsa da bu dönüşümün toplumsal ölçekte başarıya ulaşması, ancak etkili ve kapsayıcı kamu politikalarıyla mümkün. Çünkü bu sadece teknik bir değişim değil; aynı zamanda ekonomik, kültürel ve davranışsal bir dönüşüm süreci.

Bugün geldiğimiz noktada, elektrikli araçlara geçiş çevresel duyarlılıkla sınırlı değil. Bu geçiş; vergi muafiyetleri, teşvikler, şarj altyapısı yatırımları gibi politikalarla şekillenen ve bireysel kararların ötesine geçerek yeni bir ulaşım alışkanlığını beraberinde getiren bir dönüşüm. Üstelik bu sadece üreticilerin değil; kamunun, kullanıcıların ve politika yapıcıların ortak bir çabası haline gelmiş durumda.

Ancak asıl mesele sadece bir ulaşım aracının değişmesi değil. Bu, aynı zamanda yaşam tarzımızın, şehirlerimizin ve gündelik pratiklerimizin yeniden tasarlanması anlamına geliyor. Şehir içi trafik düzenlemeleri, park alanları, karbon nötr hedefleri ve enerji altyapıları gibi pek çok alan bu dönüşümden doğrudan etkileniyor.



Kısıtlamadan Kapsayıcılığa: Politikardaki Dönüşüm Gücü



Kamu politikaları yalnızca destek sunmakla kalmıyor, aynı zamanda yönlendirici ve bazen zorlayıcı rolüyle öne çıkıyor. Örneğin birçok Avrupa kentinde içten yanmalı araçların yasaklanması, bireysel tercihlerden çok daha öteye geçen bir kamusal yönelimi zorunlu kılıyor. Bu tarz uygulamalar ilk etapta sınırlayıcı gibi görünse de uzun vadede daha temiz, yaşanabilir bir çevre için kritik eşikler oluşturuyor.

Ancak dönüşüm sadece büyük şehirlerde değil, kırsal ve yarı-kentsel bölgelerde de desteklenmeli. Aksi halde elektrikli araçlar yalnızca belli bir gelir grubunun erişebileceği bir ayrıcalık olarak kalabilir. Bu noktada, şarj altyapısının yaygınlığı, bakım olanaklarının bölgesel dağılımı ve bilgiye erişim gibi unsurların da kapsayıcı politikalarla ele alınması gerekiyor.

Küresel düzeyde ise ABD'nin 2022'de yürürlüğe koyduğu Inflation Reduction Act (IRA) dikkat çekici bir örnek sunuyor. Yalnızca araç alımlarını teşvik etmekle kalmayan bu yasa, batarya üretimi gibi stratejik alanlarda yerli üretimi öne çıkararak dönüşümü aynı zamanda sanayi politikasıyla ilişkilendiriyor. Avrupa Birliği'nin Karbon Sınır Düzenleme Mekanizması (CBAM) ise uluslararası rekabeti çevre standartları üzerinden yeniden tanımlayan bir yaklaşım sergiliyor. Bu tür örnekler, Türkiye gibi ülkeler için de yalnızca izlenecek modeller değil; aynı zamanda yerel üretim, adil geçiş ve rekabetçilik açısından ilham verici stratejiler sunuyor.



Güven, Alışkanlık ve Üretim: Dönüşümün Temel Taşları

Teknolojik değişimlerin kalıcı hale gelmesi, sadece ürünün kendisiyle değil; kullanıcıların ona duyduğu güven, yeni sistemlere alışma süreçleri ve dönüşümün bir parçası olma motivasyonlarıyla da doğrudan ilişkili. Elektrikli araçların yaygınlaşmasında da aynı durum geçerli. Topluma bu vizyon açık ve anlaşılır biçimde sunulmadıkça, teşvikler sınırlı etkide kalabiliyor.

Bu noktada yerli üretim kapasitesinin güçlendirilmesi de büyük önem taşıyor. Elektrikli araç teknolojisinin sadece ithalatla yaygınlaştırılması, uzun vadede sürdürülebilirliği tehdit edebilir. Batarya üretimi, nitelikli iş gücü, Ar-Ge yatırımları gibi alanlarda atılacak adımlar hem ekonomik hem de stratejik anlamda büyük bir fırsat sunuyor.

Sürdürülebilirlikten Yaşam Pratiğine: Politikalarda Yeni Ufuklar

Elektrikli araçlar sadece yeni bir teknoloji değil, aynı zamanda geleceğin yaşam pratiklerini belirleyen bir paradigma değişimi. Başarıya giden yol; kaç araç üretildiğinden çok, bu dönüşümün ne kadar adil, kapsayıcı ve vizyoner biçimde yönetildiğine bağlı.

Toplumun farkındalığı ise bu süreçte önemli bir kaldıraç görevi görüyor. Sürdürülebilirlik artık yalnızca bir kavram değil, günlük hayatta karşılık bulan bir davranış biçimi. Ancak bu farkındalığın kalıcı olabilmesi için bilgilendirme kampanyaları kadar, uygulama ve deneyimleme imkânlarının da artırılması gerekiyor. Bu da kamu-özel sektör iş birliği ile daha da mümkün hale geliyor.

Araç dünyasında yaşanan bu geçiş yalnızca bir ulaşım tercihi değil, bir zihniyet değişikliğidir. Bu değişim; kent politikalarından enerji planlamalarına, ekonomik stratejilerden kültürel dönüşümlere kadar geniş bir yelpazeyi etkiliyor. Kamu politikalarının bu dönüşümü kolaylaştıran değil, yön veren ve bütünleştiren bir yaklaşımla ele alması, yalnız bugünü değil, yarının yaşam biçimini de şekillendirecek güce sahiptir.



“

Sürdürülebilirlik artık yalnızca bir kavram değil, günlük hayatta karşılık bulan bir davranış biçimi.

Ancak bu farkındalığın kalıcı olabilmesi için bilgilendirme kampanyaları kadar, uygulama ve deneyimleme imkânlarının da artırılması gerekiyor.

Bu da kamu-özel sektör iş birliği ile daha da mümkün hale geliyor.

YENİ TREND ELEKTRİKLİ ARAÇ KİRALAMAK MI?

Teknolojinin ve sürdürülebilirlik hedeflerinin yaygınlaştığı bu dönemde, elektrikli araç kiralama giderek daha fazla tercih edilen bir ulaşım modeli haline geliyor. Hem bireysel kullanıcılar hem de şirketler için çevreci, ekonomik ve pratik çözümler sunarak mobilitenin geleceğini şekillendiriyor.

Neden Elektrikli Araç Kiralama?

Elektrikli araç kiralama içten yanmalı motora göre çevre dostu ulaşım, düşük enerji maliyetleri ve teknolojiye erişim gibi birçok avantaja sahip. Kurumsal firmalar için elektrikli araç kiralama, sadece ulaşım için değil aynı zamanda marka imajını güçlendiren bir stratejidir. Özellikle karbon ayak izini düşürmek isteyen firmalar için oldukça iyi bir tercihtir.

Araç kiralama sektörünün kuruluşu Tüm Oto Kiralama ve Mobilite Kuruluşları Derneği (TOKKDER) tarafından 2025 yılının ilk çeyreğine ilişkin sektör verileri paylaşıldı.



Rapora göre, operasyonel araç kiralama sektörü bu yılın ilk çeyreğinde geçen yılın sonuna göre yüzde 3,8 daraldı. Aynı dönemde sektörün filosunda bulunan araç adedi 242 bine gerilerken, sektörün aktif büyüklüğü ise 292 milyar lira oldu.



Hibrit ve elektrikli araçların payının artmaya devam etmesi de dikkati çekti. Sektörün araç parkının yüzde 60,7'lik bölümünü benzinli araçlar oluşturdu. Dizel araçların payı yüzde 28,8'e gerilerken, hibrit ve elektrikli araçların payı ise yüzde 10,4'e yükseldi. Sektörün toplam araç parkının yüzde 81,9'unu otomatik vitesli araçlar oluşturdu. Manuel vitesli araçların payı ise yüzde 18,1 olarak gerçekleşti. Operasyonel kiralama sektörü bu yıl da ekonomiye önemli oranda vergi girdisi sağlamaya devam etti. Sektörün yılın ilk çeyreğinde ödediği vergi tutarı toplamda 11 milyar TL'yi buldu.

Türkiye’de yaşanan ekonomik zorluklar karşısında şirketlerin ve bireylerin tasarrufa yönelmesi, mobilite tercihlerinde de önemli değişikliklere yol açıyor. Son dönemde yükselen maliyetler, araç sahibi olmanın getirdiği finansal yükler ile birlikte alternatif durumları ön plana çıkarıyor. Bu dönüşümün merkezinde ise “sahiplik yerine kullanım” anlayışıyla büyüyen operasyonel araç kiralama sektörü yer alıyor.



Geleneksel araç sahipliği anlayışından uzaklaşarak yalnızca ihtiyaç duyulan süre boyunca kullanım imkânı sunan araç kiralama modelleri, bireyler için de cazip bir alternatif haline gelmiş durumda. Bu yaklaşım, yüksek peşin maliyetlerin ve zaman içinde artan bakım, hasar, vergi gibi giderlerin önüne geçerek ekonomik bir çözüm sunuyor.

Sahiplik modelinin yerini “kullanım kadar ödeme” anlayışına bıraktığı bu yeni dönemde, araç kiralama sektörünün ekonomiye olan katkısı yalnızca otomotivle sınırlı değil. Finans, sigorta, bakım-onarım gibi yan sektörlerde de istihdamı ve büyümeyi tetikliyor.

Gerek bireyler gerekse kurumlar için daha ekonomik, daha pratik ve daha esnek çözümler sunan araç kiralama sistemleri, önümüzdeki dönemde daha fazla yaygınlaşacak. “Sahip olmak” yerine “kullanmak” anlayışı, mobilite sektöründe yeni bir kültürün oluşmasına zemin hazırlıyor.

Bu bağlamda, kiralamanın avantajlarının daha geniş kesimlere anlatılması ve erişimin artırılması, sektörün sürdürülebilirliği ve ülke ekonomisine katkısı açısından kritik bir rol oynayacaktır.



ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA
GELECEĞİN ENERJİ
KAYNAĞI:
KATI HAL BATARYA
TEKNOLOJİSİ

ERDEM SÖYLER

Elektrikli araç (EV) teknolojisinin gelişimi, batarya sistemlerinde köklü bir dönüşümü zorunlu kılmaktadır. Katı hal bataryalar, mevcut lityum-iyon batarya teknolojisinin sınırlamalarını aşarak daha güvenli, daha verimli ve daha uzun ömürlü çözümler sunmayı vadetmektedir. Bu yazıda katı hal bataryaların tanımından tarihçesine, avantaj ve dezavantajlarından geleceğe yönelik beklentilere kadar kapsamlı bir bakış sunulmaktadır.

Katı Hal Batarya Nedir?

Katı hal batarya (solid-state battery), geleneksel bataryalarda bulunan sıvı ya da jel formundaki elektrolitler yerine, tamamen katı elektrolitlerin kullanıldığı yeni nesil enerji depolama teknolojisidir. Bu yapısal değişiklik sayesinde daha yüksek enerji yoğunluğu, gelişmiş güvenlik ve daha uzun çevrim ömrü mümkün hale gelmektedir. Katı hal bataryalarda kullanılan katı elektro-

litler seramik, sülfür, fosfat veya polimer temelli olabilir. Daha küçük hacimlerde daha fazla enerji depolayabildikleri için başta elektrikli araçlar olmak üzere tıbbi cihazlar, giyilebilir teknoloji ürünleri ve savunma sanayii gibi birçok alanda kullanılma potansiyeline sahiptirler.

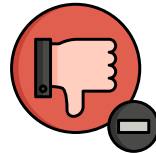
Tarihsel Gelişim Süreci

Katı elektrolitler ilk olarak 19. yüzyılda Michael Faraday tarafından keşfedilmiş olsa da, katı hal batarya teknolojisine olan ilgi 20. yüzyılın sonlarına doğru artmaya başlamıştır. 2000'li yıllarda yapılan ticari Ar-Ge çalışmalarıyla birlikte, sıvı elektrolitli bataryalarda yaşanan güvenlik problemlerine karşı katı hal teknolojisi alternatif olarak geliştirilmiştir. Özellikle 2010 sonrası dönemde, lityum-iyon bataryaların termal riskleri ve sınırlı performansları, katı hal bataryalara yönelik araştırma ve geliştirme çalışmalarını hızlandırmıştır. Ayrıca bu yıllarda elektrikli araçlara yönelik artan talep ile birlikte de hız kazanması pekişmiştir. Bugün, Toyota, CATL, BYD gibi dünyanın önde gelen otomobil üreticileri ve batarya firmaları bu teknolojinin ticarileştirilmesi için yüksek miktarlarda yatırımlar yapmaktadırlar.



Avantajları

- Yüksek enerji yoğunluğu
- Gelişmiş güvenlik
- Uzun döngü ömrü
- Geniş sıcaklık aralığında çalışabilirlik
- Daha hızlı şarj süresi



Dezavantajları

- Yüksek üretim maliyeti
- Üretim zorlukları
- Düşük iyon etkinliği
- Kısa devre riski: dendrit problemi
- Altyapı eksikliği

Katı Hal Bataryaların Avantajları

• Yüksek Enerji Yoğunluğu

Katı hal bataryalar, lityum metal anotların kullanılabilmesi sayesinde sıvı elektrolitli sistemlere kıyasla 2,5 kata kadar daha fazla enerji yoğunluğu sağlayabilirler. Bu bataryalar aynı hacimde daha fazla enerji depolayabildikleri için de elektrikli araçlara daha uzun menzil sunarlar. Günümüzde ise 500 Wh/kg üzerine çıkan enerji yoğunluklarına ulaşmak mümkündür.

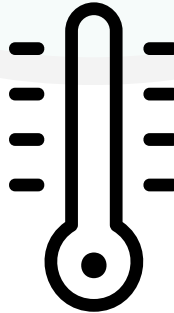


• Gelişmiş Güvenlik

Yanıcı sıvı elektrolit içermemeleri, termal kaçak riskini düşürür, yangın ve patlama risklerini minimize eder. Bu özellik, özellikle otomotiv ve havacılık gibi hassas sektörlerde önemli bir avantaj yaratmaktadır.

• Uzun Döngü Ömrü

Katı elektrolitler, elektrotla daha stabil bir yapı oluşturduğu için bataryanın kullanım ömrünü ciddi oranda uzatmaktadır. 1.000 döngü sonrasında bile kapasitenin %87'sini koruyabilen yeni nesil örnekler bulunmaktadır.

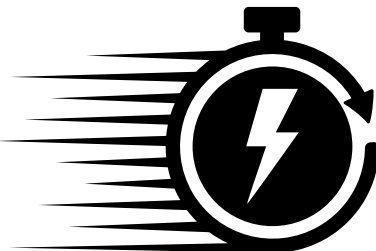


• Geniş Sıcaklık Aralığında Çalışabilirlik

Katı hal bataryalar -20°C gibi düşük sıcaklıklarda dahi etkin çalışabilir, bu da zorlu iklim koşullarında kullanım kolaylığı sağlamaktadır.

• Daha Hızlı Şarj Süresi

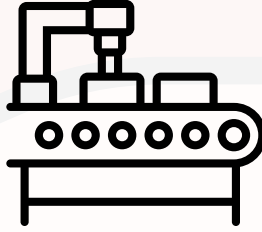
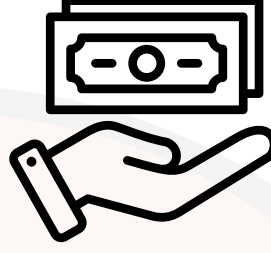
Katı hal bataryaların diğer batarya türlerine göre potansiyel olarak 6 kat daha hızlı şarj olabildiği gösterilmiştir. Bu, elektrikli araçlar için kritik bir avantajdır.



Katı Hal Bataryaların Dezavantajları

- **Yüksek Üretim Maliyeti**

Katı hal bataryaların üretiminde kullanılan özel malzemeler ve ekipmanlar ile üretim hatlarının özel altyapı gerektirmesi, birim maliyetlerini önemli ölçüde artırmaktadır.

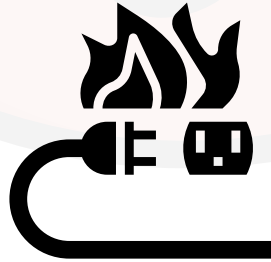
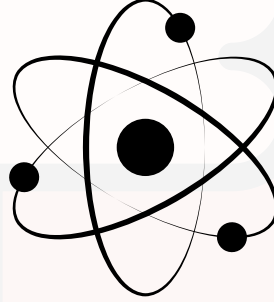


- **Üretim Zorlukları**

Katı elektrolitlerin homojen dağıtılması, elektrotlarla düşük dirençli arayüz oluşturulması ve neme karşı koruma gibi üretim zorlukları halen aşılamamıştır.

- **Düşük İyon İletkenliği**

Katı elektrolitler genellikle sıvı muadillerine göre daha düşük iletkenliğe sahiptir. Bu durum, hızlı şarj-deşarj döngülerinde performansı olumsuz etkileyebilir.



- **Kısa Devre Riski: Dendrit Problemi**

Lityum metal anot kullanılan bataryalarda, dendrit oluşumu hâlâ güvenlik riski taşımaktadır. Bu yapılar katı elektroliti delerek kısa devre ve yangın riskini beraberinde getirebilir.

- **Altyapı Eksikliği**

Mevcut üretim tesisleri ve tedarik zincirleri lityum-iyon bataryalar üzerine kuruludur. Katı hal üretimi için yeniden yapılandırma ciddi sermaye gerektirir.

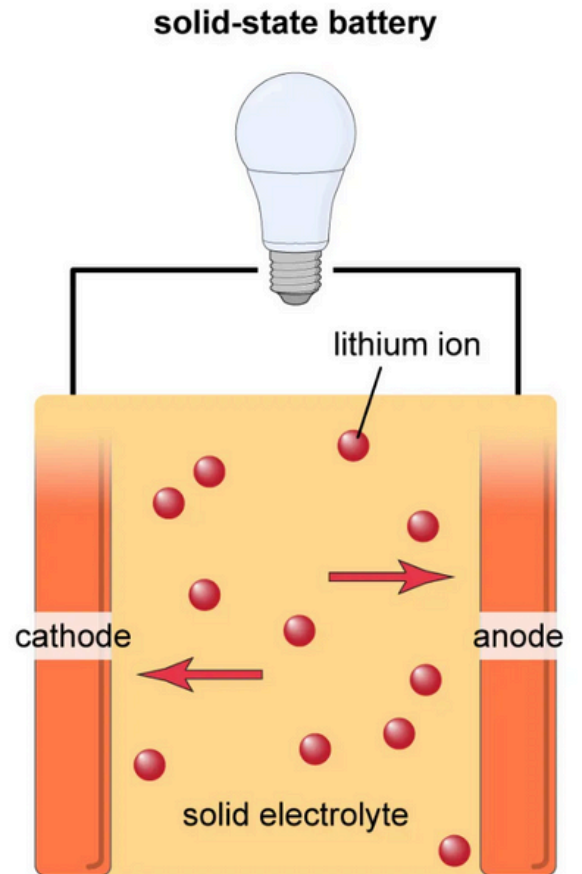
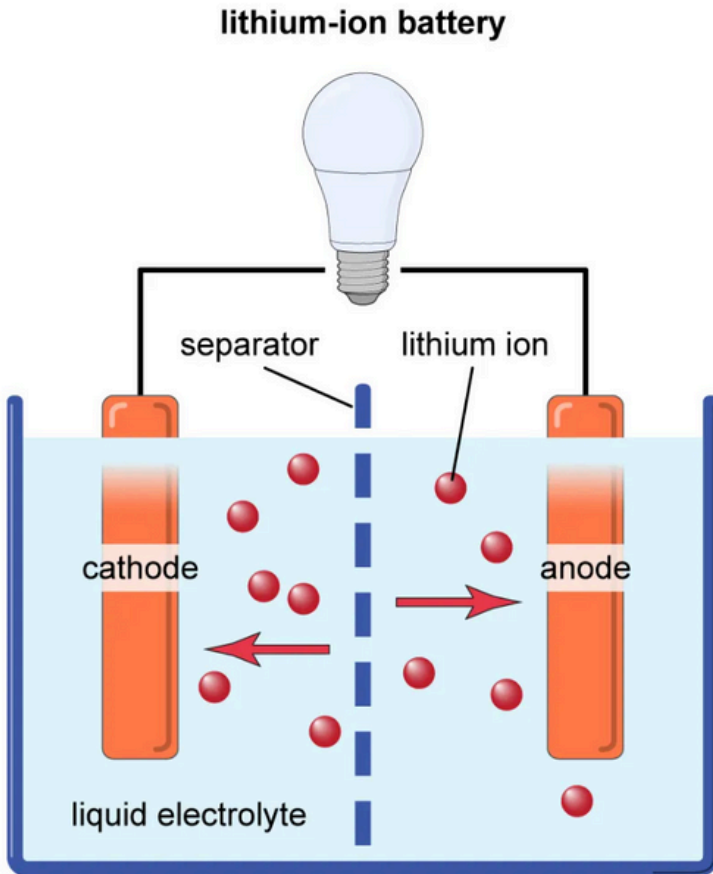


Geleceğe Yönelik Beklentiler

Katı hal batarya teknolojisinin 2027–2030 yılları arasında sınırlı ticarileşme ile pazara girmesi ve 2030 sonrası yaygınlaşması beklenmektedir. Çinli Tailan New Energy'nin geliştirdiği ve 2.000 km menzil vadeden 720 Wh/kg yoğunluklu batarya hücresi, bu teknolojinin potansiyelini ve "oyun değiştirici" olabileceğini göstermektedir. BYD, CATL ve Toyota gibi büyük firmalar üretim hatlarını bu teknolojiye uyarlamak üzere yatırımlar yapmaktadır. Uzun vadede, elektrikli araçlardan havacılığa, medikal cihazlardan enerji depolama sistemlerine kadar geniş bir kullanım yelpazesi hedeflenmektedir.

Geleceğin Enerji Dönüşümünde Katı Hal Bataryaların Yeri

Katı hal batarya teknolojisi, enerji depolama sistemlerinde güvenlik, verimlilik ve kompaktlık arayan sektörler için devrimsel bir potansiyel taşımaktadır. Ancak bu potansiyelin hayata geçmesi; üretim maliyetlerinin düşürülmesi, teknik zorlukların aşılması ve küresel standartların oluşturulması ile mümkün olacaktır. Elektrikli araç sektörünün yüksek performans beklentileri düşünüldüğünde, katı hal bataryalar bu dönüşümün merkezinde yer almaya adaydır. Önümüzdeki 10 yıl, bu teknolojinin kaderini belirleyecek kritik bir zaman dilimi olacaktır.

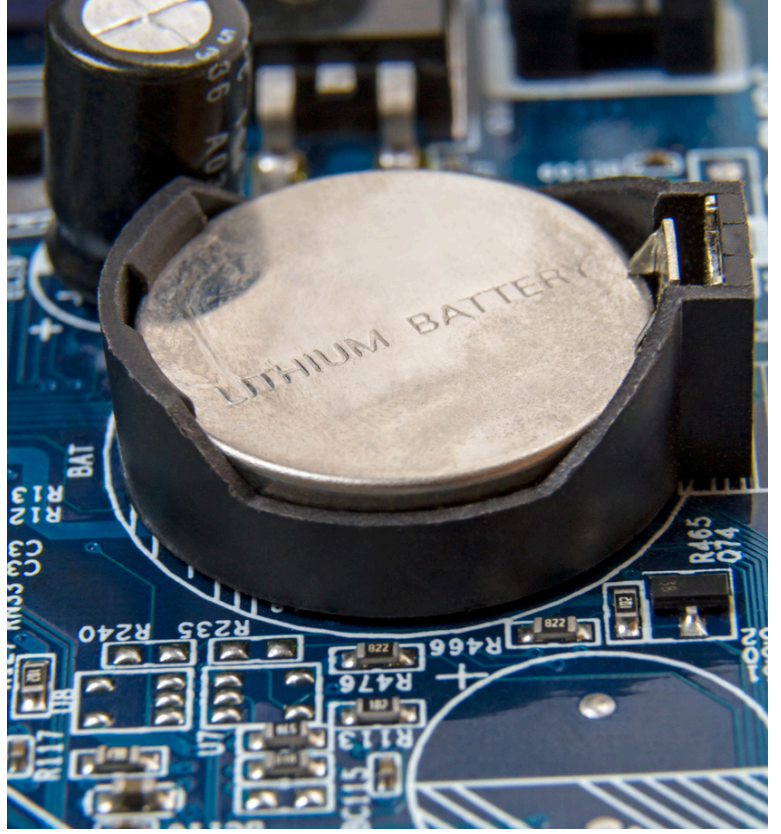




LİTYUM-İYON BATARYALARIN ARZ ZİNCİRİ: KRİTİK MİNERALLERDE JEOPOLİTİK RİSKLER

KEVSER BUSE ARSLAN

Küresel ölçekte yürütülen enerji dönüşümü kapsamında, elektrikli araçlar ve yenilenebilir enerji sistemlerinin hızla yaygınlaşması lityum-iyon bataryaların stratejik önemini her geçen gün artırmaktadır. Bu durum bataryaların üretiminde kullanılan lityum, kobalt, nikel, grafit gibi minerallere olan talep artışına da beraberinde getirmektedir. Söz konusu minerallerin çıkarılması, işlenmesi ve tedariki yalnızca teknik bir mesele değil; aynı zamanda ciddi jeopolitik riskler barındıran, çok katmanlı bir sorun alanına dönüşmektedir. Kaynakların fiziksel erişilebilirliğinin ötesinde; nasıl çıkarıldığı, nasıl işlendiği, kim ya da kimler tarafından kontrol edildiği ve mevcut bağımlılığın tarafları gibi çok sayıda risk unsuru bulunmaktadır.



• Kritik Mineraller ve Tedarik Yoğunluğu

Lityum, kobalt ve nikel gibi batarya üretimi için kritik olan mineraller yalnızca birkaç ülkenin tekelinde çıkarılmakta veya işlenmektedir.

Lityum rezervlerinin %60'ı Şili, Avustralya ve Arjantin'in içinde bulunduğu "Lityum Üçgeni"nde yer alır.

Kobalt üretiminin %70'i Demokratik Kongo Cumhuriyeti'ne bağımlıdır.

Grafitin %65'ten fazlası Çin tarafından işlenmektedir.



Bu yüksek yoğunlaşma, tek bir bölgede yaşanabilecek siyasi ya da ekonomik dalgalanmanın, tüm küresel batarya arz zincirini sekteye uğratabileceği anlamına gelir. Üstelik kritik mineralin çıkarıldığı ülkelerin çoğunda zayıf yönetim yapıları, yolsuzluk, iç çatışmalar ve siyasi istikrarsızlık yaygındır. Kobaltın %70'inden fazlasının çıktığı Demokratik Kongo Cumhuriyeti, siyasi çalkantılar, silahlı grupların madencilik faaliyetlerini kontrol etmesi ve yönetim eksikliği nedeniyle güvenilir bir tedarik ortağı olarak görülmez. Bu durum, tedarik kesintileri, yatırımların geri çekilmesi ve arz daralmaları riskini doğurur.

• Jeopolitik Riskler

Kritik minerallerin çıkarımı çoğu zaman ciddi toplumsal ve çevresel maliyetler doğurur. Bu minerallerin çıkarıldığı ülkelerdeki istikrarsızlık, yolsuzluk, çevresel sorunlar ve insan hakları ihlalleri, tedarik zincirini doğrudan tehdit etmektedir. Lityum çıkarımı (özellikle Şili ve Arjantin gibi ülkelerde tuzlu su kaynaklarından) yerel su kaynaklarını tüketir ve bölgedeki tarım faaliyetlerini tehdit eder. Nikel ve grafit çıkarımı sırasında hava ve su kirliliği ciddi boyutlara ulaşabilir. Yerel halkın rızası olmadan yapılan madencilik, sosyal huzursuzluk ve çatışmalara neden olabilir (örneğin “çevresel adalet” tartışmaları). Elektrikli araç ve batarya teknolojileri, iklim değişikliği politikaları temelindeki bir enerji dönüşümünü destekleyecek ise söz konusu çevresel maliyetlerin göz önünde bulundurulması önem taşımaktadır.



Öte yandan kobalt madenciliği alanında çocuk işçiliğin yaygın olması, iş sağlığı ve güvenliğinin olmayışı ve zorla çalıştırma gibi uygulamalar ciddi sorunlar meydana getirmektedir. Bunlar yalnızca etik ve insan hakları sorunu değil, aynı zamanda sürdürülebilir tedarik açısından da bir kırılganlık sorunu yaratmaktadır. Ayrıca batarya üreten firmalar açısından itibar kaybı ve yasal yaptırım riski de taşımaktadır.





Bir başka jeopolitik risk unsuru ise tedarik zincirindeki tekelleşme ve jeoekonomik bağımlılık ile ilgilidir. Çin, küresel grafit arıtım kapasitesinin %80'ine, nadir toprak elementlerinin %90'ına, kobalt rafinasyonunun %60'ına sahiptir. Çin'in bu minerallerin işlenmesinde ve rafinasyonunda sahip olduğu hakimiyet, Batı ülkeleri açısından ciddi bir kırılganlık yaratmakta ve stratejik tehdit olarak algılanmaktadır. ABD ve AB, Çin'e bağımlılığı azaltma amacıyla alternatif tedarik stratejileri geliştirmektedir. Avrupa Birliği'nin 2023 yılında güncellediği Kritik Hammaddeler Yasası (Critical Raw Materials Act) da bu kaygının somut bir yansımasıdır.

• Tedarik Zincirinin Şeffaf Olmaması ve Geri Dönüşüm Eksikliği

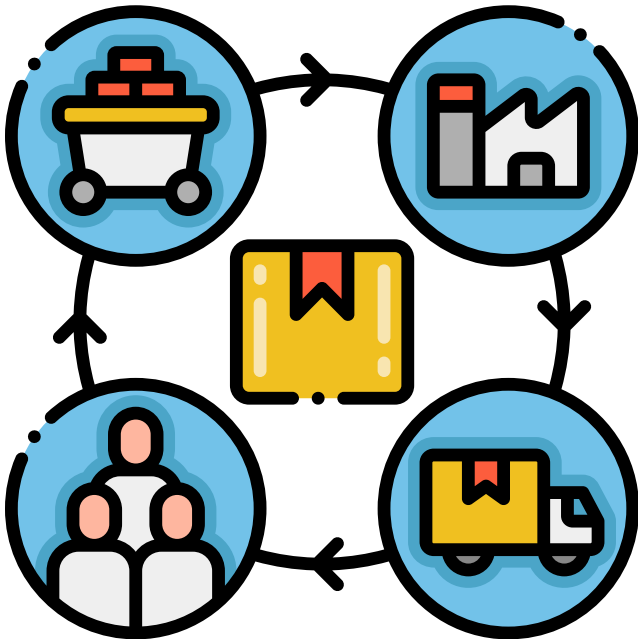
Mevcut tedarik zincirleri genellikle şeffaf değildir. Bir bataryada kullanılan minerallerin nereden geldiği, nasıl çıkarıldığı, etik ve çevresel standartlara uygunluğu net şekilde izlenememektedir. Aynı zamanda, henüz bataryaların geri dönüşümleriyle ilgili gerekli altyapılar oluşturulmuş durumda değildir. Bu durum geri dönüşüm oranlarının çok düşük olmasına ve sürekli yeni ham madde ihtiyacını artırarak, mevcut sorunların derinleşmesine neden olabileceğine sahiptir.

Bu katmanlar birbirini besler. Örneğin, zayıf yönetim çocuk işçiliğini, çevresel tahribat sosyal çatışmaları, tekelleşme ise arz kesintilerini tetikleyebilir. Bu nedenle lityum-iyon bataryalar için gereken minerallerin tedariki, yalnızca “ticari” bir faaliyet değil; aynı zamanda etik, çevresel, politik ve stratejik bir mesele haline gelmiştir.

Söz konusu kırılganlıkların farkında olan birçok ülke ve bölge, “arkadan entegre tedarik” ve “dost ülke madenciliği” stratejileriyle, yalnızca kaynak çıkarımına değil, aynı zamanda yerel işleme ve batarya üretim kapasitelerine yatırım yapmaktadır. Kanada, Avustralya ve Endonezya bu kapsamda öne çıkan ülkeler arasında yer alırken, Afrika’daki bazı ülkeler ise hammadde ihracatı yerine katma değerli işleme tesisleri kurma yönünde politikalar benimsemektedir.



Enerji dönüşümünün lokomotifi olan batarya teknolojilerinde jeopolitik riskler sadece hammaddenin bulunabilirliğini değil, aynı zamanda küresel güç dengesini de etkilemektedir. Kritik minerallerin çıkarımından geri dönüşümüne kadar olan tüm süreçte, şeffaflık, sürdürülebilirlik ve stratejik çeşitlilik temel ilkeler haline gelmelidir. Gelecek, yalnızca batarya kapasitesine değil; bu bataryaların ne kadar güvenli, etik ve adil bir tedarik zincirinden geldiğine göre şekillenecektir.



Türkiye’nin Konumu

Türkiye, doğrudan büyük lityum veya kobalt rezervlerine sahip olmamakla birlikte, bor gibi stratejik mineraller açısından güçlüdür ve batarya teknolojilerine yatırım yapan bir ekosistem oluşturmaktadır. TOGG, ASELSAN, TÜBİTAK MAM gibi kurumların girişimleri; Eti Maden’in lityum karbonat üretimi projeleri; ve Avrupa’ya yakınlığı Türkiye’yi batarya değer zincirinin bir ara halkası haline getirebilir. Ancak bu potansiyelin sürdürülebilir bir stratejiye dönüşmesi, uzun vadeli politik irade ve kamu-özel sektör işbirliğini gerektirir.

DR. SALİH YILDIRIM

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR: TEMİZ GELECEĞE GİDEN YOL



Son yirmi yılda içinde bulunduğumuz dünya gezegeni, iklim değişikliğini her zamankinden daha derin hissetmeye başladı. İklim değişikliğinin etkileri, dünyanın çeşitli bölgelerinde daha sık ve daha şiddetli doğal afetlere neden oldu. Katrina Kasırgası (2005), Rusya Orman Yangınları ve Sıcak Hava Dalgası (2010), Haiyan Tayfunu (2013), Batı Avrupa Sel Felaketi (2021), Brezilya ve Şili Kuraklıkları (2014) gibi olaylar küresel çapta iklim değişikliğinin erken ve ciddi sinyallerinden biri olarak algılanmakta.

Paris İklim Anlaşması, Avrupa Yeşil Mutabakatı ve COP Zirveleri gibi uluslararası çabalar, iklim değişikliğine karşı ülkeleri ortak harekete geçirerek çeşitli anlaşmalar ve girişimler yapmaya zorladı. Bu doğrultuda ulaşım, enerji, sanayi, tarım ve inşaat gibi yüksek emisyonlu sektörlerde bir dönüşüm sürecine girildiğini belirtmek mümkün. Birçok gelişmiş ülke 2050 yılına kadar net sıfır emisyona ulaşmayı hedefliyor.

Ulaşım sektöründe karbon emisyonunu azaltma hedefindeki elektrikli araçlar, bu dönüşümde stratejik bir çözüm olarak öne çıkıyor. Bataryalı elektrikli araçlar ve fişli hibrit elektrikli araçlar olmak üzere elektrikli araçlar, bu sürecin köşe taşlarından birisi olarak karşımıza çıkmakta. Özellikle bataryalı elektrikli araçlar, Avrupa Birliği mevzuatına göre sıfır emisyonlu araçlar statüsünde değerlendirilmekte.

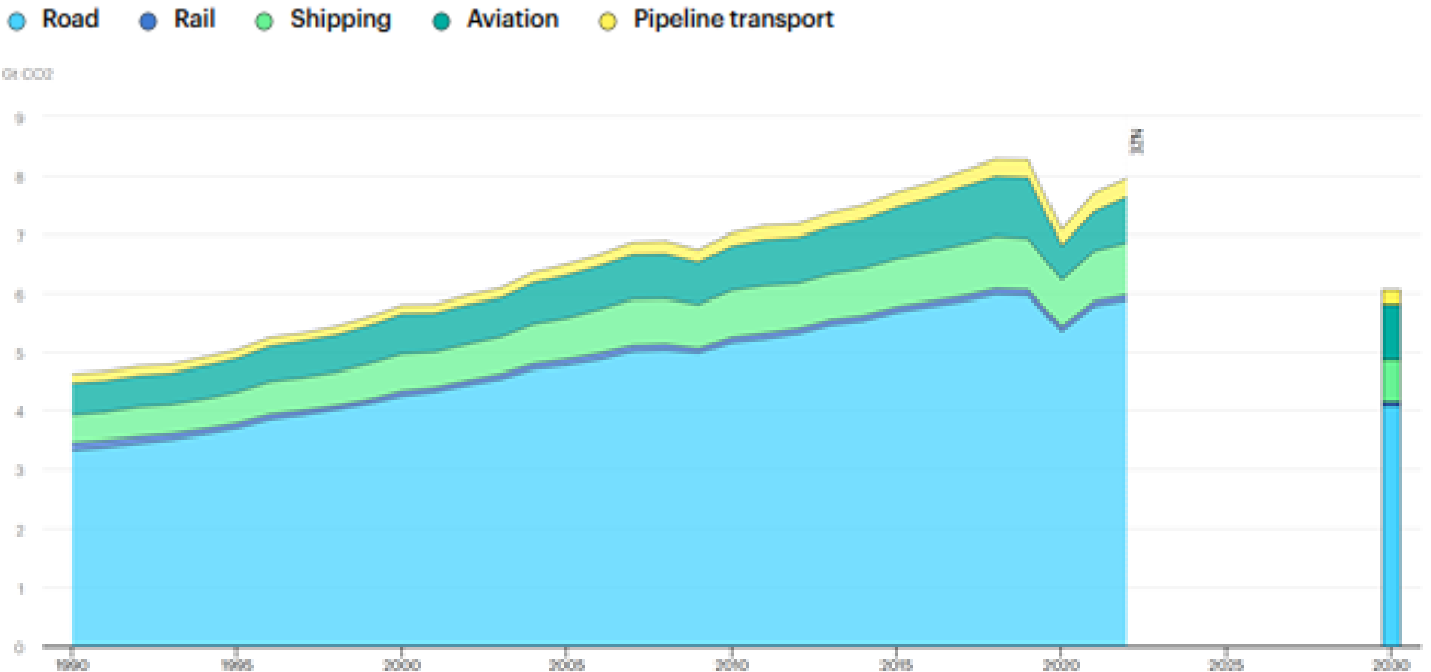
Bununla birlikte elektrikli araçların iklim hedeflerine ulaşmada dolayısıyla temiz bir geleceğin inşasında köşe taşı olduğunu belirtmek mümkün. Elektrikli araçlar uzun vadede temiz, karbonsuz bir ulaşım sistemine geçişin de kritik bir parçasını oluşturuyor. Özellikle gelişmiş ülkelerin düşük karbonsuz ulaşım stratejileri, elektrikli araçların küresel ölçekte yaygınlaşmasını destekliyor. Bu doğrultuda, elektrikli araçların enerji dönüşümü ve sürdürülebilirlik hedefleriyle nasıl örtüştüğünü daha iyi anlamak için Avrupa Birliği'nin 2050 Net Sıfır Emisyon hedefine göz atmakta yarar var.



Otomotiv teknolojisi günden güne gelişiyor ve dönüşüyor. Geçmişte bu değişimleri nasıl deneyimlediniz?

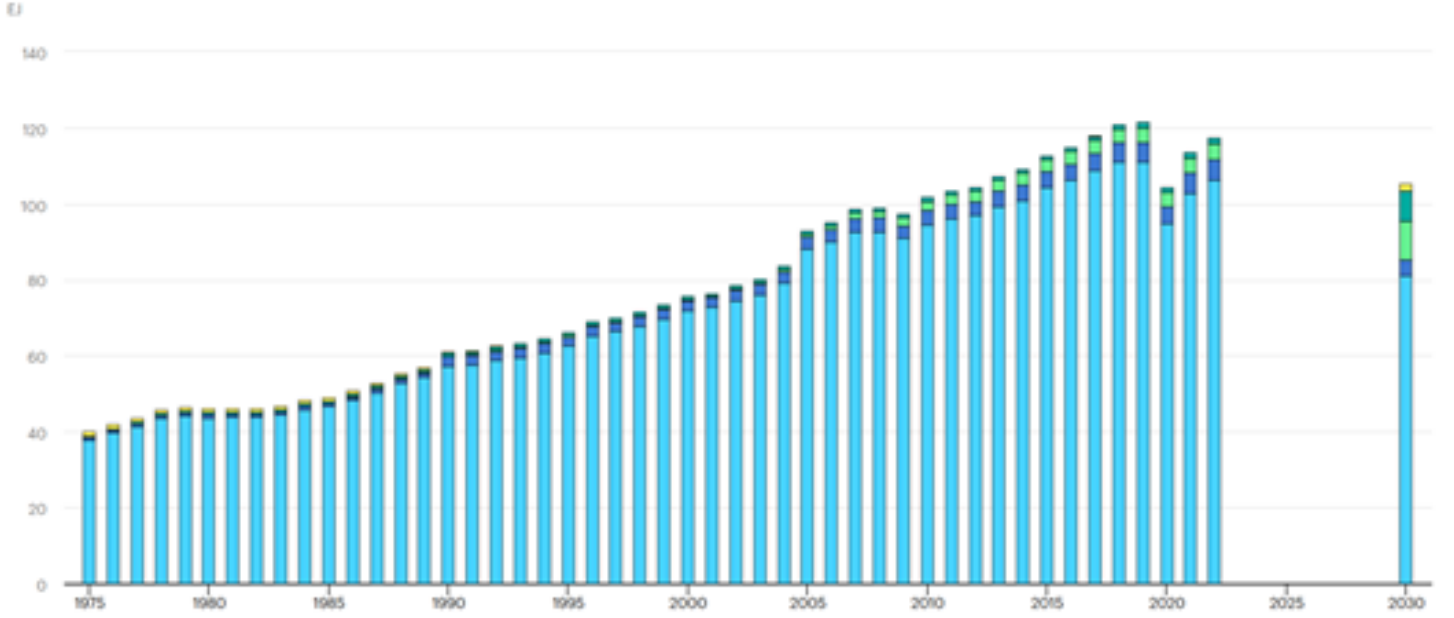
AB Net Sıfır Emisyon Hedefinde Elektrikli Araçların Yeri

Net Sıfır Senaryosu: 2050'ye Kadar Net Sıfır Emisyon Senaryosu, küresel enerji sektörünün 2050 yılına kadar net sıfır CO₂ emisyonuna ulaşması için bir yol gösteren normatif bir senaryodur. 2050 yılına kadar net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda Avrupa Komisyonu, ulaşım sektöründe karbon emisyonlarını 1990 seviyelerine kıyasla %80 ila %95 azaltmayı planlıyor.



Şekil 1. Net Sıfır Senaryosunda Ulaşım Sektörlerine göre Küresel CO₂ Emisyonları

Şekil 1'den görüleceği üzere ulaşım sektörü içinde karbon emisyon miktarları en fazla karayolu taşımacılığına aittir. Avrupa Çevre Ajansı'nın (EEA) son raporuna göre (2019), karayolu taşımacılığından kaynaklanan emisyonlar 1990'a kıyasla neredeyse %30 artmıştır. Karayolu taşımacılığı sera gazı emisyonlarının %70'inden fazlasını oluşturuyor ve karayolu araçları diğer ulaşım türlerine kıyasla artan kirliliğin sorumlusu. Bu hedefe ulaşmak için elektrikli araçların yaygınlaşması şart.



Şekil 2. Net Sıfır Senaryosunda Yakıt Bazında Ulaşım Enerji Tüketimi

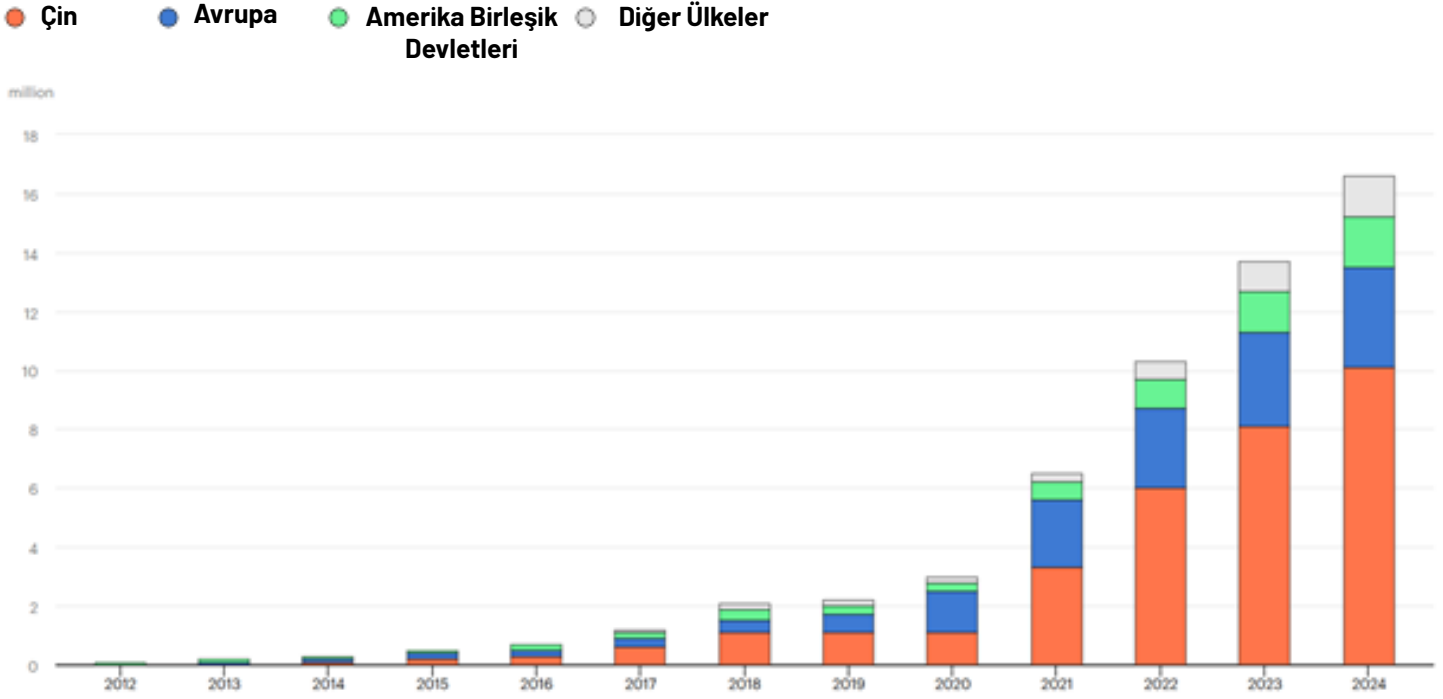
Kaynak: International Energy Agency

Küresel Elektrikli Otomobil Satışları

Ulaşım enerji en çok petrolden elde edilmektedir. Diğer enerji kaynakları, ulaşımındaki toplam tüketim içinde petrole kıyasla oldukça sınırlı bir paya sahiptir. Ancak 2030 hedefleri doğrultusunda, petrol dışı enerji kaynaklarının ulaşımındaki payının artırılması planlanmaktadır. Elektrikli araçlar, AB'nin iklim politikalarında stratejik bir çözüm aracı olarak ele alınıyor. Elektrikli araçların yaygınlaştırılması hem karbon salımını azaltmak hem de fosil yakıtlara olan bağımlılığı sona erdirmek açısından merkezi bir rol oynamaktadır. Net Sıfır Senaryosunda ulaşımındaki enerji tüketiminin dönüşümü, elektrikli araçların yaygınlaşması olmadan düşünülemez. Bunun için de elektrikli araçlar, fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması açısından önemli bir adım olduğu gibi, temiz enerjiye geçiş açısından da önemlidir.

Bu doğrultuda AB gibi diğer gelişmiş ülkelerde belirledikleri iklim hedefleri, devreye aldıkları politikalar ve teknolojik gelişmeler elektrikli araç satışlarını hareketlendirdiğini belirtmek mümkün. Elektrikli araçlara yönelik politik teşvikler (vergi indirimleri, şarj altyapısı desteği, ÖTV muafiyetleri) hem Avrupa'da hem diğer ülkelerde tüketici talebini artırmaktadır. Politika, teknoloji ve tüketici tercihleri bir araya geldiğinde, elektrikli araçların 2030'larda otomobil satışlarının çoğunluğunu oluşturacağı öngörülmektedir. Bu gelişme sadece otomotiv endüstrisi için değil; enerji, şehir planlaması, ulaşım ve sürdürülebilirlik gibi alanlar için de radikal değişimlerin habercisi.





Şekil 3. Dünyada Elektrikli Otomobil Satışları

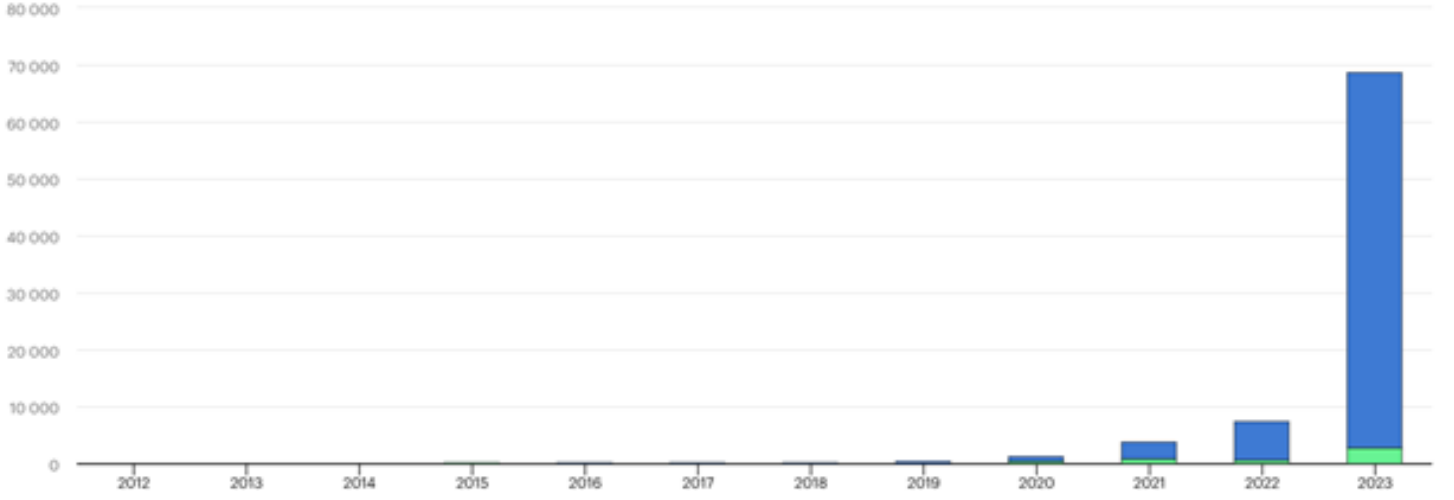
Kaynak: International Energy Agency

Elektrikli araçların son beş yıl içinde satışlarının/tercihlerinin arttığı ve son birkaç yıl içerisinde ciddi şekilde ivmelendiğini söylemek mümkün. 2024 yılında dünya genelinde 16 milyondan fazla elektrikli otomobil satılmıştır. Çin, yaklaşık 11 milyon elektrikli otomobil satışıyla lider konumda. 2024'te Çin'de satılan her iki otomobilden biri elektrikliydi. Çin'li otomobil devi BYD, 2024 yılında 4,27 milyon elektrikli otomobil satarak lider konumunda. Bu satışların yaklaşık %60'ı fişli hibrit araçlardan oluşmakta. Avrupa'da elektrikli otomobil satışları, özellikle Almanya, Fransa, Norveç ve Hollanda gibi ülkelerde yoğunlaşıyor. Norveç gibi bazı ülkelerde ise elektrikli araçların pazar payı %80'in üzerine çıktı.

2024'te satılan her beş yeni araçtan biri elektrikliydi, bu da küresel otomotiv pazarında %20'lik bir paya işaret ediyor. Küresel elektrikli araçlar filosu 2024 sonunda yaklaşık 58 milyon araca ulaştı ve bu, 2021'e göre üç katlık bir artışı temsil ediyor. Uluslararası Enerji Kurumu'nun verilerine göre (2025) elektrikli araçlar, 2024'te günlük 1 milyon varilden fazla petrol tüketimini önledi. Bu veriler, elektrikli araçların küresel ölçekte hızla benimsendiğini ve otomotiv endüstrisinde köklü bir dönüşüm sürecini de tetiklediğini göstermektedir. Türkiye açısından bakıldığında ise, küresel ölçekteki bu eğilime ve dönüşe adapte olma yolunda ağır ilerlediğimizi belirtmek mümkün. Fakat son yıllardaki elektrikli otomobil satışları, ileriye yönelik olumlu işaretlerin habercisi.



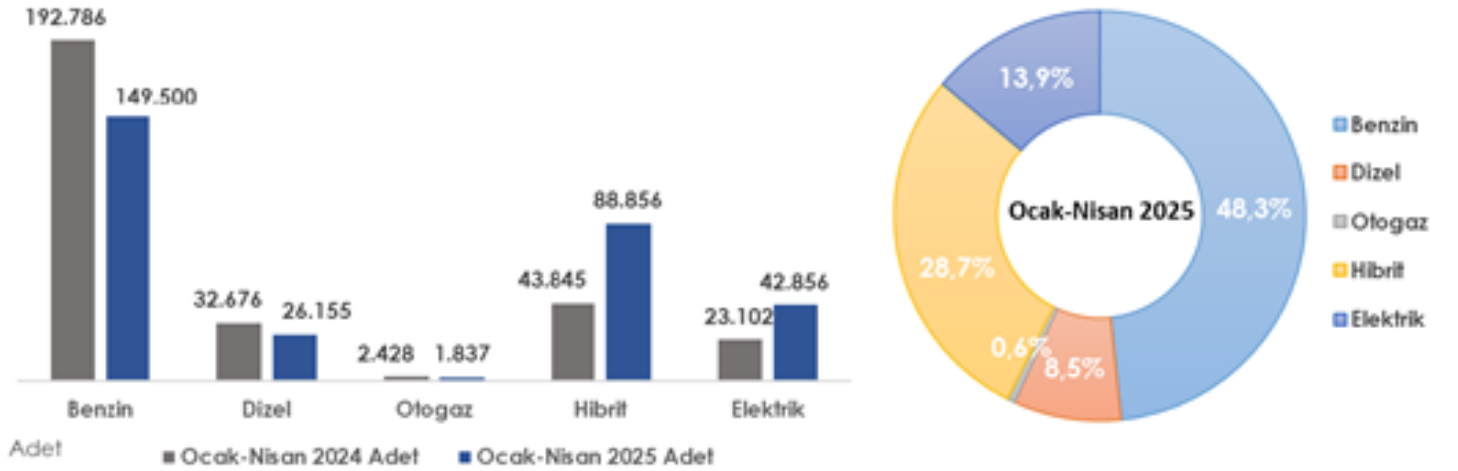
Türkiye’de Trend



Şekil 4. Türkiye’de Elektrikli Otomobil Satışları

Kaynak: International Energy Agency

Türkiye’de elektrikli otomobil satışları, son birkaç yılda istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Özellikle 2023 yılından itibaren bu artış ivme kazanmış ve Türkiye otomotiv pazarında dikkat çekici bir değişimin sinyallerini vermeye başlamıştır.



Şekil 5. Türkiye’de Elektrikli Otomobil Satışlarının Dağılımı (Ocak – Nisan 2024-2025).

Kaynak: Otomotiv Distribütörleri & Mobilite Derneği

Türkiye’de elektrikli otomobil pazarı 2024 yılında önemli bir büyüme kaydetti ve bu trendin 2025’te de devam etmesi bekleniyor. 2025’in ilk 4 ayında elektrikli araçlar, pazarda daha büyük bir pay almayı başardı. Türkiye’nin yerli elektrikli otomobil markası TOGG 30.093 adet satışla lider konumda. Bu marka, yerli üretim olması ve rekabetçi fiyat politikasıyla pazarda liderliğini devam ettirmekte. Türkiye’de elektrikli otomobil pazarı hızlı bir büyüme trendi içinde ve bu eğilimin önümüzdeki yıllarda da devam etmesi bekleniyor. Yerli üretim TOGG’un başarısı ve uluslararası markaların Türkiye pazarına olan ilgisi, elektrikli araçların geleceği konusunda umut verici sinyaller veriyor.

Elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla birlikte karbon monoksit, karbondioksit ve diğer zararlı gazların salımı önemli ölçüde azalacaktır. Bu nedenle, içten yanmalı motorlara alternatif olarak elektrikli araçların tercih edilmesi, çevresel ve iklim değişikliğinin etkilerin azaltılması açısından yerinde bir adım olacaktır. Elektrikli araçların yükselişi, yeşil ulaşım kavramının somut bir şekilde hayata geçirilmesi anlamına gelmektedir. Daha temiz, sessiz, enerji verimli ve sürdürülebilir bir ulaşım sistemi hem çevre sağlığı hem de toplumsal yaşam kalitesi açısından büyük önem taşımaktadır.



bateg

HAZİRAN 2025
SAYI 9

ULUDAG.EDU.TR/BATEGPLATFORM



B A T E G
PLATFORMU

Elektrikli Taşıtlar için Batarya Teknolojileri
Araştırma ve Geliştirme Platformu