

Hibrit Araçların Yakıt ve Finansal Verimliliği: Ekonomik, Çevresel ve Sürdürülebilirlik Açısından Bir Değerlendirme

Fuel and Financial Efficiency of Hybrid Vehicles: An Economic, Environmental, and Sustainability Assessment

Servet Özkan^{1*} 

¹ Van Yüzyüncü Yıl-Üniversitesi, Vanmyo, İşletme Bölümü, Van, Türkiye

Öz

Hibrit taşıt teknolojileri, artan enerji verimliliği ve düşük emisyon düzeyleri sayesinde sürdürülebilir ulaşımın desteklenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'ye özgü parametreler kullanılarak Toyota Corolla Hibrid (4.7 L/100 km) ile Corolla 1.5 benzinli (7.0 L/100 km) modellerinin beş yıllık Toplam Sahip Olma Maliyeti (Total Cost of Ownership - TCO) karşılaştırılmıştır. Analizde, 2025 yılı yakıt fiyatı (52.22 TL/L), yıllık 12,000 km kullanım mesafesi ile motorlu taşıtlar vergisi (MTV) ve sigorta giderleri dikkate alınmıştır. Elde edilen bulgular, hibrit modelin yakıt tüketiminde yaklaşık %33 oranında tasarruf sağladığını ve bu durumun beş yıllık dönemde yaklaşık 73,000 TL'lik bir yakıt maliyeti avantajına karşılık geldiğini göstermektedir. Ayrıca hibrit araç, toplam bakım ve sabit işletme giderleri açısından yaklaşık 5,000 TL'lik bir üstünlük sunmaktadır. Üç farklı amortisman senaryosu (%10-%20) altında yapılan değerlendirmeler, hibrit modelin tüm senaryolarda net maliyet avantajı sağladığını ortaya koymaktadır. Yaklaşık 60,500 TL'lik başlangıç fiyat farkı dikkate alındığında, hibrit model için geri ödeme süresi yaklaşık 4.1 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, Türkiye'nin yüksek yakıt fiyatları ve vergi yapısı altında hibrit taşıt teknolojisinin ekonomik üstünlüğünü doğrulamakta ve uluslararası literatürde sıklıkla rapor edilen 5-7 yıllık amortisman sürelerine kıyasla daha kısa bir geri ödeme süresine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hibrit taşıtlar, finansal verimlilik, ekonomi, çevresel etki, emisyon

Abstract

Hybrid vehicle technologies support sustainable transportation through improved energy efficiency and reduced emissions. In this study, a five-year Total Cost of Ownership (TCO) comparison is conducted between the Toyota Corolla Hybrid (4.7 L/100 km) and the Corolla 1.5 gasoline model (7.0 L/100 km) using parameters specific to Türkiye, including 2025 fuel prices (52.22 TL/L), an annual driving distance of 12,000 km, and motor vehicle tax (MTV) plus insurance costs. The results indicate that the hybrid model achieves approximately 33% lower fuel consumption, corresponding to a fuel cost advantage of about 73,000 TL over five years. In addition, the hybrid vehicle demonstrates an advantage of approximately 5,000 TL in total maintenance and fixed operating costs. Under three depreciation scenarios (10%-20%), the hybrid model consistently provides a net cost advantage over the conventional gasoline vehicle. Considering the initial purchase price difference of approximately 60,500 TL, the payback period for the hybrid model is estimated at around 4.1 years. These findings confirm the economic superiority of hybrid vehicle technology under Türkiye's high fuel price levels and tax structure, and indicate a shorter payback period than those reported in the international literature, where amortization periods are typically estimated at 5-7 years.

Keywords: Hybrid vehicles, financial efficiency, economy, environmental impact, emissions

* Sorumlu yazar e-posta (Corresponding e-mail): servetozkan@yyu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received):08.11.2025, Kabul Tarihi (Accepted): 20.02.2026

1. Giriş

Artan küresel enerji talebi, fosil yakıt kaynaklarının sınırlılığı ve çevresel kirlilik, otomotiv sektöründe daha sürdürülebilir ulaşım çözümlerine yönelik araştırmaları artırmıştır. Geleneksel içten yanmalı motorlu taşıtların fosil yakıtlara bağımlılığı ve görece yüksek karbon emisyonları, sera gazı birikimine ve iklim değişikliği tartışmalarına katkıda bulunan unsurlar arasında yer almaktadır. Bu çerçevede hibrit taşıt teknolojileri, enerji verimliliğini artırmayı ve emisyonları azaltmayı amaçlayan alternatif ve geçiş niteliğinde bir çözüm olarak literatürde giderek daha fazla ele alınmaktadır.

Finansal verimlilik açısından hibrit araçlar, tüketicilere yakıt ekonomisi, düşük bakım maliyeti, vergi avantajı ve ikinci el değer koruma oranı gibi çeşitli avantajlar sunmaktadır [1]. Ancak bu avantajların düzeyi, araç kullanım yoğunluğu, enerji fiyatları, devlet politikaları ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Hibrit araçlar, içten yanmalı motor ile elektrik motorunun birlikte çalışmasına dayalı bir yapı sunmakta ve sürüş koşullarına bağlı olarak enerji kaynaklarının kullanımını optimize etmeyi hedeflemektedir. Özellikle rejeneratif frenleme sistemleri aracılığıyla frenleme sırasında açığa çıkan kinetik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülerek depolanması, yakıt tüketiminin azaltılmasına katkı sağlayabilmektedir. Bu nedenle hibrit sistemlerin, özellikle düşük hız ve sık dur-kalk gerektiren şehir içi kullanım koşullarında görece daha yüksek enerji verimliliği sunduğu ifade edilmektedir [2].

Mevcut literatür, hibrit taşıtların çevresel performansına ilişkin olumlu bulgular sunmakla birlikte, bu etkilerin kullanım koşullarına ve teknoloji seviyesine bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Otomotiv endüstrisini daha sürdürülebilir ve çevre dostu alternatifler aramaya yönlendirmiştir [3,4]. Hibrit araçlar, düşük emisyon, artan yakıt verimliliği ve azaltılmış işletme maliyetleri gibi avantajları sayesinde hem bireysel hem de toplumsal düzeyde çeşitli faydalar sunmaktadır [5,6]. Bu bağlamda, hibrit araçların geliştirilmesi, sürdürülebilir ulaşım çözümlerinin benimsenmesine katkıda bulunmaktadır [7].

Hibrit taşıt teknolojileri, seri, paralel ve seri-paralel (karma) olmak üzere farklı mimariler altında sınıflandırılmaktadır. Bu mimariler, içten yanmalı motor ile elektrik motorunun tahrike katkı düzeyine göre ayrılmakta ve farklı sürüş koşullarında değişen verimlilik performansları sunmaktadır. Literatürde, paralel hibrit sistemlerin yüksek hız ve uzun mesafeli sürüşlerde, seri hibrit sistemlerin ise düşük hız ve kısa mesafeli kullanımlarda görece daha verimli olabildiği ifade edilmektedir [8]. Seri-paralel hibrit sistemler ise her iki yaklaşımın avantajlarını birleştiren daha esnek bir yapı sunarak geniş kullanım senaryolarında yakıt tasarrufu potansiyeli taşımaktadır [9]. Yapılan çalışmalarda hibrit araçların, konvansiyonel araçlara kıyasla yakıt tüketiminde yaklaşık %20-40 aralığında tasarruf sağlayabildiği ve buna paralel olarak CO₂, CO ve NO_x emisyonlarında azalma görülebildiği rapor edilmiştir [2]. Örneğin Gonder ve Simpson [10] hibrit araçların CO₂ emisyonlarını belirli sürüş koşulları altında %30'a kadar azaltabildiğini belirtirken, Li ve ark. [11] yeni nesil hibrit elektrikli araçlarda özellikle şehir içi kullanımda anlamlı yakıt tasarrufları elde edildiğini ortaya koymuştur. Hibrit araç teknolojilerindeki gelişmeler, farklı hibrit sistemlerin performans özelliklerinin karşılaştırılmasını güncel bir araştırma alanı hâline getirmiştir. Zhang ve Zhao [12] seri-paralel hibrit sistemlerin farklı sürüş koşullarına uyum sağlayabilen yapısı sayesinde düşük hızlarda görece daha düşük yakıt tüketimi gösterebildiğini ve yüksek hız gerektiren yol koşullarında ise verimlilik açısından avantaj sağlayabildiğini raporlamıştır. Söz konusu çalışma, hibrit sistemlerin enerji tüketimi üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak ele alarak, farklı sürüş koşullarında sistemler arasında gözlenen performans farklılıklarını ortaya koymaktadır.

Hibrit araçların çevresel etkileri, sürdürülebilir ulaşım bağlamında çeşitli çalışmalarda ele alınmıştır. Nguyen ve ark. [13] hibrit elektrikli araçların geleneksel içten yanmalı motorlu araçlara kıyasla fosil yakıt kullanımını azaltabildiğini ve buna bağlı olarak zararlı egzoz emisyonlarında yaklaşık %25 düzeyinde bir düşüş gözlemlendiğini rapor etmiştir. Çalışmada ayrıca hibrit araçların azot oksit (NO_x) ve partikül madde (PM) emisyonlarının azaltılması üzerindeki potansiyel katkıları ayrıntılı biçimde incelenmiştir.

Çevresel etkilerin yanı sıra, hibrit araçların ekonomik boyutu da literatürde önemli bir değerlendirme alanı oluşturmaktadır. Yakıt tüketimindeki görece azalma, bakım gereksinimlerinin geleneksel araçlara kıyasla farklılık gösterebilmesi ve bazı ülkelerde uygulanan vergi veya teşvik mekanizmaları, hibrit araçların toplam sahip olma maliyeti açısından avantajlı olabileceğine işaret etmektedir [1]. Chen ve ark. [14] hibrit araçların yıllık yakıt maliyetlerinde belirli oranlarda tasarruf sağlayabildiğini belirtirken, Wang ve ark. [15] bu ekonomik kazanımların kullanım yoğunluğu, sürüş koşulları ve araç özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini vurgulamıştır.

Bununla birlikte, hibrit sistemlerin sağladığı avantajların hız, sürüş tarzı ve araç tipi gibi faktörlerden etkilendiği de literatürde belirtilmektedir. Orecchini ve ark. [16] düşük hızlarda hibrit araçların daha yüksek enerji verimliliği sağlayabildiğini, ancak yüksek hızlarda bu avantajın azaldığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, hibrit teknolojilerinin performansının bağlamsal olarak değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Bu çalışmada Toplam Sahip Olma Maliyeti (TCO) yöntemi, hibrit araçların ekonomik performansını yalnızca satın alma maliyeti üzerinden değil, kullanım ömrü boyunca ortaya çıkan yakıt, bakım, vergi, sigorta ve ikinci el değeri gibi tüm maliyet unsurlarıyla birlikte değerlendirmeye imkân tanıdığı için tercih edilmiştir. Bu sayede hibrit ve konvansiyonel araçlar arasında uzun dönemli ve gerçekçi bir maliyet karşılaştırması yapılabilmektedir.

TCO analizi, yıllık ortalama araç kullanım mesafesinin sabit olduğu, yakıt ve enerji tüketim değerlerinin üretici verileri ile literatürde yer alan ortalama kullanım koşullarını temsil ettiği ve bakım ile işletme maliyetlerinin öngörülebilir olduğu varsayımları altında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca analiz süresi ve indirgeme oranı tüm araç alternatifleri için aynı kabul edilerek karşılaştırılabilirlik sağlanmıştır.

Literatürdeki benzer çalışmalardan farklı olarak bu araştırmada TCO yaklaşımı, yalnızca ekonomik boyutla sınırlı tutulmamış; yakıt verimliliği, çevresel etkiler ve sürdürülebilirlik göstergeleri ile birlikte ele alınmıştır. Bu bütüncül yaklaşım, hibrit araçların sağladığı avantajların daha kapsamlı biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışma, hibrit taşıtları günümüz otomotiv teknolojileri içerisinde tam elektrikli araçlara geçiş sürecinde potansiyel bir ara çözüm olarak ele almakta; güncel ve gerçekçi veriler kullanılarak hibrit araçların çevresel ve ekonomik etkilerini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda yapılan değerlendirmelerle, hibrit araç teknolojilerinin bireysel kullanıcılar ve kurumlar açısından sağlayabileceği katkıların daha temkinli ve karşılaştırmalı bir bakış açısıyla ortaya konması hedeflenmektedir.

2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada, hibrit ve geleneksel içten yanmalı motorlu araçların enerji verimliliği ve çevresel etkileri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Araştırma kapsamında farklı araç modellerine ait yakıt tüketimi, sürüş koşulları ve hız profilleri dikkate alınmış; hibrit araçlarda kullanılan enerji yönetim sistemleri ile rejeneratif frenleme teknolojilerinin performansları olan katkıları literatür verileri ve saha gözlemleri ışığında değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, yakıt tüketimi, emisyonlar ve maliyet farklarını ortaya koymak amacıyla tablolar ve şekiller aracılığıyla sunulmuştur.

2.1. Hibrit Araçlarla İlgili Teknik Özellikler

2.1.1. Hibrit araçların yakıt tüketimi ve pazar payı

Türkiye’de karayolu taşıtlarının yakıt türlerine göre dağılımı, hibrit araçların son yıllarda artan önemini ortaya koymaktadır. Çizelge 1’de, 2024 yılı ve 2025 yılı ilk çeyreğine ait otomobil yakıt türü dağılımları sunulmuştur. Veriler, hibrit araçların pazar payının 2024 yılında %16.7 iken 2025 yılı itibarıyla %27.7

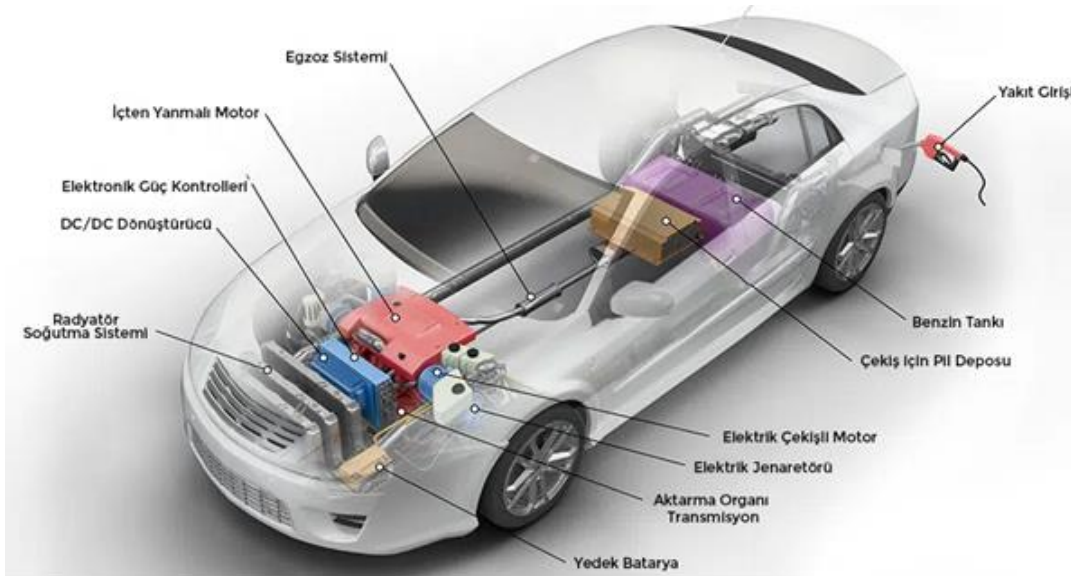
seviyesine yükseldiğini göstermektedir [17]. Bu artış, hibrit teknolojilere olan ilginin güçlendiğine ve tüketicilerin daha enerji verimli araçlara yöneldiğine işaret etmektedir.

Çizelge 1. Karayolu Taşıtlarının Yakıt Türüne Göre Dağılımı [17]

Yıl	Yakıt Türü	Pay (%)	Kaynak & Notlar
2024	Benzinli	60.8 %	2024 yılında trafiğe kaydı yapılan 1014830 otomobilin yakıt türüne göre.
2024	Hibrit	16.7 %	Aynı veri setinden.
2024	Dizel	11.3 %	Aynı veri setinden.
2024	Elektrikli	10.2 %	Aynı veri setinden.
2024	LPG	≈ 1 %	"%1" şeklinde bildirilmiş; yaklaşık değer.
2025*	Benzinli	48.9 %	2025 Ocak-Mart döneminde trafiğe kaydı yapılan otomobillerin yakıt türü dağılımı.
2025*	Hibrit	27.7 %	Aynı dönem için.
2025*	Elektrikli	12.9 %	Aynı dönem için.
2025*	Dizel	9.6 %	Aynı dönem için.
2025*	LPG	0.9 %	Aynı dönem için.

2.1.2. Hibrit Araçların Yapısı ve Çalışma Prensibi

Şekil 1’de Hibrit bir aracın yapısı ve çalışma prensibi görülmektedir. Şekil 1’e göre; Hibrit araçlar, temel olarak içten yanmalı motor, elektrik motoru ve bataryadan oluşan entegre bir sistem yapısına sahiptir [18]. Bu bileşenler, sürüş koşullarına bağlı olarak birlikte veya ayrı ayrı çalışarak enerji verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır.



Şekil 1. Hibrit araçların yapısı ve çalışma prensibi

2.1.2.1. İçten Yanmalı Motor

İçten yanmalı motor, hibrit araçlarda özellikle yüksek hızlarda ve uzun mesafeli sürüşlerde temel güç kaynağı olarak görev yapmaktadır. Elektrik motorunun verimliliğinin sınırlı olduğu koşullarda devreye giren bu motorlar, aracın performans gereksinimlerini karşılamak üzere optimize edilmiştir. Hibrit sistemlerde içten yanmalı motorun yalnızca ihtiyaç duyulduğunda çalıştırılması, gereksiz yakıt tüketiminin azaltılmasına katkı sağlamaktadır [19].

2.1.2.2 Elektrik Motoru

Elektrik motoru, özellikle düşük hızlarda ve şehir içi sürüş koşullarında öncelikli olarak kullanılan bileşendir. Bataryada depolanan elektrik enerjisi ile çalışan bu motor, sessiz çalışma özelliği ve hızlı tork

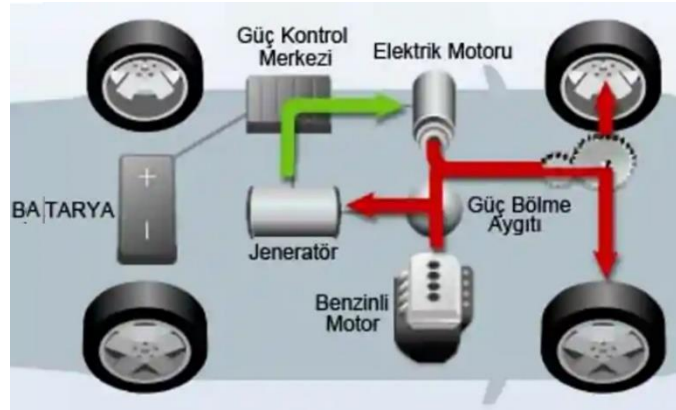
üretim kapasitesi sayesinde sürüş konforunu artırırken yakıt tüketimini ve emisyonları azaltmaktadır [20,21]. Sık dur-kalk gerektiren trafik koşullarında elektrik motorunun etkin kullanımı, hibrit araçların enerji verimliliğini belirgin şekilde artırmaktadır.

2.1.2.2. Batarya ve Rejeneratif Frenleme Sistemi

Batarya, elektrik motorunun enerji ihtiyacını karşılayan temel bileşen olup, frenleme sırasında geri kazanılan enerjinin depolanmasını sağlamaktadır. Rejeneratif frenleme sistemi sayesinde, frenleme esnasında açığa çıkan kinetik enerji elektrik enerjisine dönüştürülerek bataryada depolanmakta ve böylece enerji kaybı azaltılmaktadır [22, 23, 24]. Bu sistem, hem yakıt tüketiminin düşürülmesine hem de bataryanın daha verimli kullanılmasına katkı sağlamaktadır. Şekil 2’de Hibrit araçlarda kullanılan batarya örneği verilmiştir.



Şekil 2. Hibrit araçlarda kullanılan batarya



Şekil 3. Hibrit araçların aktarma organları

Şekil 3’te Hibrit araçların aktarma organlarını göstermektedir. Bu üç bileşenin etkin entegrasyonu, hibrit araçların toplam yakıt tüketimini azaltmakta ve genel enerji verimliliğini artırmaktadır [4,7].

2.2 Hibrit Taşıtlarda Yakıt Verimliliği

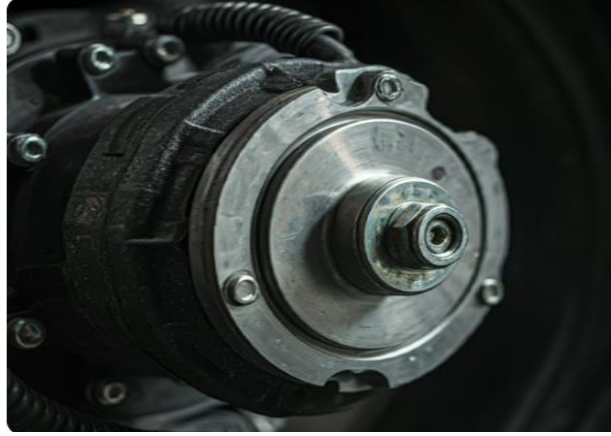
Hibrit araçlar, içten yanmalı motor ve elektrik motorunun koordineli çalışması sayesinde geleneksel araçlara kıyasla daha yüksek yakıt verimliliği sunmaktadır. Literatürde, hibrit araçların yakıt tüketiminde %20 ila %50 arasında tasarruf sağlayabildiği belirtilmektedir [5, 20]. Özellikle şehir içi kullanımda, elektrik motorunun öncelikli olarak devreye girmesi ve içten yanmalı motorun sınırlı çalışması, yakıt tüketiminin önemli ölçüde azalmasına olanak tanımaktadır [4].

Hibrit sistemlerde kullanılan akıllı enerji yönetim algoritmaları, aracın hızına, sürüş koşullarına ve güç ihtiyacına bağlı olarak hangi motorun devreye gireceğini belirleyerek verimliliği optimize etmektedir. Bu sayede hibrit araçlar, hem ekonomik hem de çevresel açıdan daha sürdürülebilir bir ulaşım alternatifi sunmaktadır.

2.2.1. Verimliliği Destekleyen Faktörler

2.2.1.1. Rejeneratif Frenleme

Şekil 4’de Rejeneratif frenleme sistemi görülmektedir. Frenleme sırasında oluşan kinetik enerjinin geri kazanılarak elektrik enerjisine dönüştürülmesini sağlar. Bu enerji bataryada depolanarak tekrar kullanıma sunulur. Özellikle şehir içi sürüşlerde sık dur-kalk koşullarında etkin olan bu sistem, enerji kayıplarını azaltmakta ve yakıt tüketiminin düşürülmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, mekanik fren sistemlerindeki aşınmayı azaltarak bakım maliyetlerinin düşmesine de yardımcı olmaktadır [22, 25].



Şekil:4 Rejeneratif Frenleme

2.2.1.2. Motor Kontrol Sistemleri

Hibrit araçlarda kullanılan gelişmiş motor kontrol sistemleri, sensörler ve algoritmalar aracılığıyla içten yanmalı motor ve elektrik motorunun en uygun çalışma kombinasyonunu belirlemektedir. Bu sistemler, düşük hızlarda elektrik motorunu, yüksek hızlarda ise içten yanmalı motoru öncelikli olarak devreye alarak enerji tüketimini optimize etmektedir. Böylece hem yakıt tüketimi azaltılmakta hem de sürüş performansı korunmaktadır [25, 26].

3. Hibrit Araç Teknolojisinin Finansal Dinamikleri

Hibrit araçlar, genelde içten yanmalı motor ile elektrik motorunun birlikte çalıştığı güç aktarma sistemleri sayesinde yakıt tüketimini azaltmayı ve işletme maliyetlerini düşürmeyi hedefleyen teknolojik bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. Bu sayede özellikle dur-kalk trafiği, şehir içi gibi enerjinin daha verimsiz kullanıldığı hâllerde elektrikli motorun katkısıyla yakıt tüketimi ve emisyonların azalması hedeflenir. Bu çerçevede, ekonomik (yakıt maliyeti, satın alma maliyeti, bakım-maliyet) ve çevresel (emisyon, kullanılan enerji kaynağı) verimlilik açısından hibrit araçların ne kadar avantaj sunduğu tartışılmaktadır.

Consumer Reports’un [27] bulgularına göre, hibrit araçlar yakıt ekonomisi ve güvenilirlik açısından benzinli muadillerine kıyasla anlamlı üstünlük göstermektedir. Örneğin, 2023 model Toyota Corolla Hybrid’in ortalama yakıt tüketimi 48 mpg (yaklaşık 5 L/100 km) iken, benzinli versiyonu 33 mpg (yaklaşık 7 L/100 km) seviyesindedir. Bu fark, yıllık ortalama 450 ABD doları tutarında yakıt tasarrufu anlamına gelmektedir. Benzer şekilde Hindistan’da yürütülen saha çalışmalarında, hibrit araçların şehir içi kullanım koşullarında benzinli araçlara kıyasla yaklaşık iki kat daha iyi yakıt performansı sunduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, ilk satın alma maliyetinin yüksekliği, bu tasarrufun geri dönüş süresini uzatabilmektedir.

Yakıt tasarrufuna ek olarak, hibrit araçların bakım maliyetlerinin de konvansiyonel araçlara kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Hibrit sistemlerde fren enerjisinin geri kazanımı ve elektrik motorunun içten yanmalı motora destek sağlaması, motorun daha az yıpranmasına neden olmaktadır. Türkiye piyasasında yapılan değerlendirmelere göre, ortalama 5 yıllık dönemde hibrit bir aracın bakım gideri benzinli modele kıyasla yaklaşık 5,000 TL daha düşük gerçekleşmektedir.

Hibrit araçların ekonomik performansı, Toplam Sahip Olma Maliyeti (Total Cost of Ownership - TCO) yaklaşımı ile daha bütüncül biçimde değerlendirilebilmektedir. TCO; satın alma fiyatı, yakıt gideri, bakım-onarım masrafı, vergi, sigorta ve değer kaybı (amortisman) kalemlerini kapsayan kapsamlı bir ekonomik göstergedir. Türkiye piyasasında yaygın olarak tercih edilen Toyota Corolla Hybrid ile benzinli versiyonu karşılaştırıldığında, hibrit modelin 5 yıllık kullanım süresince yaklaşık 72,000 TL yakıt tasarrufu sağladığı ve toplam maliyet açısından 43,000 TL daha avantajlı olduğu hesaplanmıştır. Ortalama %15 amortisman oranı dikkate alındığında, hibrit modelin toplam maliyetinin benzinli versiyona göre daha düşük olduğu görülmektedir. Başlangıçta yaklaşık 60,000 TL daha yüksek bir satın alma bedeli gerektiren hibrit model, bu farkı 4 ila 5 yıl arasında telafi edebilmektedir.

Bu bulgular, hibrit araçların kısa vadede yüksek yatırım maliyetine sahip olmasına karşın, orta ve uzun vadede ekonomik olarak rasyonel bir seçenek olduğunu göstermektedir. Özellikle şehir içi kullanımın yoğun olduğu bölgelerde, yakıt fiyatlarının yüksek seyrettiği dönemlerde ve uzun süreli araç sahipliği planlarında hibrit sistemler daha belirgin ekonomik avantaj sağlamaktadır.

Ayrıca, hibrit araçların enerji fiyatlarındaki dalgalanmalardan benzinli araçlara göre daha az etkilenmesi, kullanıcılar için önemli bir mali istikrar unsuru oluşturmaktadır. Hasegawa ve ark. [5] hibrit araçların işletme maliyetlerinde yaklaşık %30'luk bir azalma sağladığını belirtmiştir. Wenzel ve ark. [28] de benzer sonuçlara ulaşmıştır. Hibrit araçların fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltması, hem bireysel düzeyde bütçe planlamasını kolaylaştırmakta hem de makroekonomik ölçekte enerji ithalatı üzerindeki baskıyı hafifletmektedir.

Devlet destekleri ve vergi indirimleri de hibrit araçların ekonomik cazibesini artıran önemli faktörlerdir. Birçok ülkede hibrit araç alımında uygulanan vergi avantajları, başlangıç maliyetini düşürmekte ve pazarın genişlemesine katkı sağlamaktadır. Türkiye'de de son yıllarda çevreci araçlara yönelik teşvik politikalarının artması, hibrit araçların satış payını yükseltmiştir. Bununla birlikte, hibrit araçların ikinci el piyasasında daha yüksek değerini koruması, yatırımın geri dönüş oranını olumlu yönde etkilemektedir. Özet olarak, hibrit araçların ekonomik verimliliği çok boyutlu bir yapıya sahiptir. Düşük yakıt tüketimi, düşük bakım maliyeti ve daha yüksek ikinci el değeri gibi unsurlar bu teknolojiyi uzun vadede finansal olarak avantajlı kılmaktadır. Ancak, satın alma maliyeti ve batarya yenileme giderleri gibi kalemler kısa vadede kullanıcı kararlarını etkileyebilmektedir. Türkiye koşullarında yapılan analizler, hibrit araçların özellikle şehir içi yoğun kullanım ve yüksek yakıt fiyatı senaryolarında toplam maliyet açısından anlamlı bir üstünlük sunduğunu göstermektedir.

4. Ampirik Analiz ve Bulgular

4.1. Analiz Yöntemi

Hibrit araçların ekonomik performansını belirlemek amacıyla, Toplam Sahip Olma Maliyeti (Total Cost of Ownership - TCO) yöntemi kullanılmıştır. Bu yaklaşım, araç sahipliğinin belirli bir dönem boyunca ortaya çıkardığı tüm maliyet kalemlerini (satın alma bedeli, yakıt gideri, bakım-onarım masrafları, sigorta, vergi ve değer kaybı) kapsar.

Analizde Türkiye piyasasında en çok tercih edilen modellerden Toyota Corolla Hybrid ve Toyota Corolla 1.5 Benzinli araçlar karşılaştırılmıştır. Analiz süresi 5 yıl olarak alınmıştır.

4.2. Kullanılan Veriler ve Varsayımlar

Analizde, araç sahipliğinin 5 yıllık toplam maliyetini hesaplamak amacıyla yaygın kabul gören Toplam Sahip Olma Maliyeti (TCO) yaklaşımı benimsenmiştir. TCO; satın alma bedeli, yakıt gideri, bakım-onarım, sigorta, MTV/vergi ve amortisman (değer kaybı) bileşenlerini kapsamaktadır. Çizelge 2'de Toplam Sahip Olma Maliyetini hesaplamayı amaçlayan varsayımlar ve kullanılan veriler gösterilmiştir.

Çizelge 2. Temel Varsayımlar ve Kullanılan Veriler [29]

Parametre	Corolla Hybrid	Corolla Benzinli (1.5)	Kaynak / Varsayım Temeli
Liste fiyatı (TL, 2025)	2,050,000	1,989,500	Toyota Türkiye resmi fiyat listesi (Ekim 2025)
Yakıt tüketimi (L/100 km, karma)	4.7	7.0	Toyota test verileri + Türkiye kullanıcı ortalaması
Yıllık seyir mesafesi	12,000 km	12,000 km	Tipik Türkiye şehir içi-şehir dışı kullanım varsayımı
Yakıt fiyatı (TL/L, Ekim 2025)	52.22	52.22	Türkiye ortalama benzin fiyatı (EPDK & piyasa ort.)
Yıllık bakım maliyeti (TL)	7,000	8,000	Yetkili servis ortalamaları + Toyota raporları
Yıllık MTV + Sigorta (TL)	17,500	17,500	Türkiye ortalama değer (2025 vergi & sigorta tarifeleri)
Amortisman oranı (duyarlılık)	%10 - %15 - %20	%10 - %15 - %20	Literatür & ikinci el piyasa gözlemleri (duyarlılık analizi için)
Analiz süresi	5 yıl	5 yıl	Orta vadeli sahiplik süresi standardı

4.3. İlk Yatırım ve Satın Alma Maliyetleri

Hibrit araçların finansal analizinde en önemli değişkenlerden biri ilk yatırım maliyetidir. Geleneksel içten yanmalı motorlu araçlara göre hibritlerin fiyatı ortalama %15-30 oranında daha yüksektir [30]. Bu fark, batarya maliyetlerinden, karmaşık güç aktarım sistemlerinden ve yüksek Ar-Ge harcamalarından kaynaklanmaktadır.

Ancak araştırmalar, yakıt tasarrufu sayesinde bu farkın genellikle 4-7 yıl içinde amorti edilebileceğini göstermektedir [31]. Türkiye özelinde, hibrit araçların yüksek ÖTV oranlarına rağmen uzun vadede daha düşük yakıt harcaması nedeniyle ekonomik olarak avantaj sağladığı görülmektedir (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) [32].

4.4. Yakıt Verimliliği ve Enerji Tüketimi

Hibrit araçların en belirgin avantajı yakıt verimliliğidir. Elektrik motoru, özellikle şehir içi düşük hızlarda aracı destekleyerek yakıt tüketimini önemli ölçüde azaltır. ABD Çevre Koruma Ajansı [33], ortalama bir hibrit aracın benzer segmentteki geleneksel araca göre %30-50 oranında daha az yakıt tükettiğini bildirmektedir.

Yakıt tüketimindeki bu azalma, sadece bireysel finansal kazanç sağlamaz; aynı zamanda ulusal düzeyde enerji ithalat bağımlılığının azalmasına ve döviz tasarrufuna da katkı yapar [33]. Dolayısıyla hibrit araçların finansal verimliliği mikroekonomik olduğu kadar makroekonomik boyut da taşımaktadır.

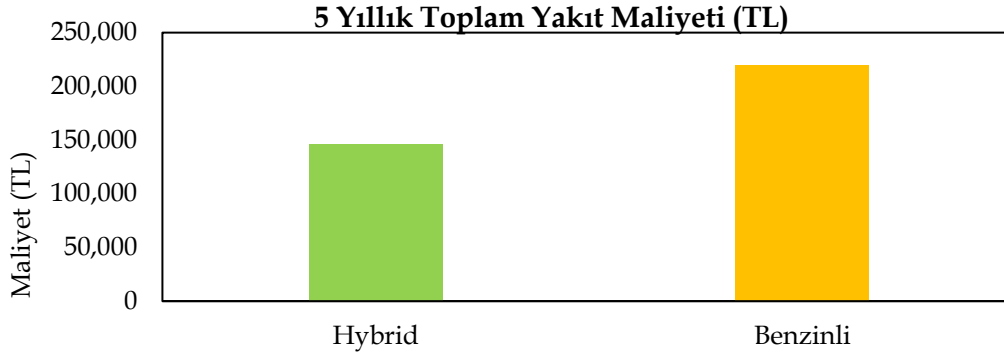
Yakıt Maliyet Analizi için yakıt gideri aşağıdaki (1,2,3) formülleri ile hesaplanmıştır.

$$Y_x = (\text{Tüketim (L / 100 km)} \times \text{Yıllık Km / 100}) \times \text{Yakıt Fiyatı (TL/L)} \quad (1)$$

$$Y_x (H) = (4.7 \times 12,000 / 100) \times 52.22 = 29,255 \text{ TL/yıl} \quad (2)$$

$$Y_x (B) = (7.0 \times 12,000 / 100) \times 52.22 = 43,865 \text{ TL/yıl} \quad (3)$$

Bu durumda, hibrit araç 5 yılda yaklaşık 73,000 TL yakıt tasarrufu sağlamaktadır.



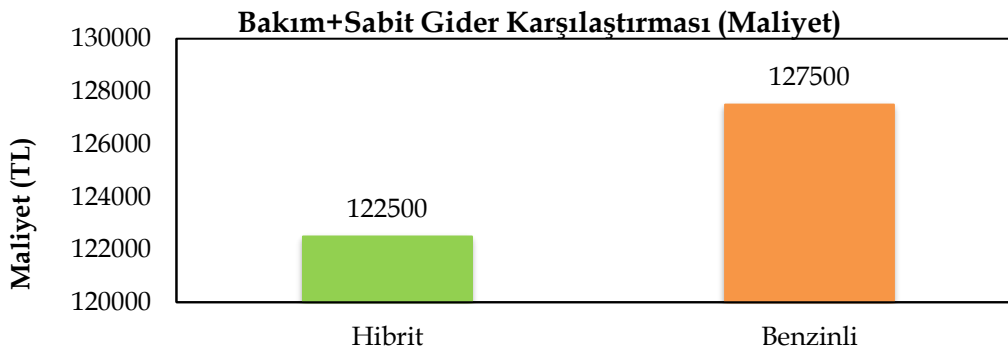
Şekil 5. Yakıt Maliyeti Karşılaştırması (5 Yıl) (Sütun grafiği: Hibrit = 146,000 TL, Benzinli = 219,000 TL)

Şekil 5'te gösterildiği üzere, 5 yıllık toplam yakıt maliyeti hibrit modelde yaklaşık 146,000 TL iken benzinli modelde 219,000 TL seviyesindedir; bu da hibrit lehine %33'lük bir tasarruf anlamına gelmektedir. Bu belirgin farkın temel nedeni, hibrit aracın karma yakıt tüketiminin 4.7 L/100 km ile benzinli versiyonun 7.0 L/100 km değerine göre %33 daha düşük olmasıdır. Türkiye'de 2025 yılı ortalama benzin fiyatının 52.22 TL/L gibi yüksek bir seviyede seyretmesi, yakıt tüketimindeki her litrelik azalmayı finansal açıdan daha değerli kılmakta ve hibrit avantajını uluslararası pazarlara (örneğin ABD'de ~1.6-1.8 USD/L eşdeğeri) kıyasla daha hızlı ve belirgin hale getirmektedir. Dolayısıyla, yıllık 12,000 km kullanımda hibrit modelin sağladığı yaklaşık 73,000 TL'lik 5 yıllık yakıt tasarrufu, başlangıçtaki sınırlı fiyat farkını (~60,500 TL) 4 yıl civarında amorti edebilecek potansiyele işaret etmektedir. Bu sonuç, Türkiye'nin yüksek yakıt maliyeti ve şehir içi ağırlıklı sürüş profillerinin hibrit teknolojinin ekonomik cazibesini artırdığını doğrulamaktadır.

4.5. Bakım, Sigorta ve Sabit Giderler

Hibrit araçların bakım maliyetleri genellikle geleneksel araçlara göre daha düşüktür. Çünkü frenleme sistemleri rejeneratif özellik taşıdığı için daha az aşınma olur, ayrıca motorun çalışma süresi daha kısadır [1]. Hibrit sistemlerde fren enerjisi geri kazanımı ve motor yükünün azalması, bakım maliyetlerinde nispeten daha düşük olduğu saptanmıştır. Toyota'nın 2022'de yayımladığı bir teknik rapora göre, hibrit araç sahiplerinin 5 yıl boyunca ortalama bakım gideri, içten yanmalı araç sahiplerine kıyasla %25 daha düşüktür.

Finansal açıdan önemli bir belirsizlik unsuru, batarya ömrü ve değişim maliyetidir. Ortalama bir hibrit bataryası 8-10 yıl veya 160,000 kilometre ömre sahiptir. Bu sürenin sonunda batarya değişimi gerekebilir, ancak teknolojik gelişmeler sayesinde bu maliyetler giderek düşmektedir. 2010 yılında 1kWh başına 1,000 USD civarında olan lityum-iyon batarya fiyatı, 2023 itibarıyla 140 USD seviyesine gerilemiştir [34]. Bu düşüş, gelecekte hibrit araçların toplam sahip olma maliyetini daha da cazip hale getirecektir.



Şekil 6. Bakım ve Sabit Gider Karşılaştırması (Yan yana çubuk grafik: Hibrit = 122,500 TL, Benzinli = 127,500 TL)

Şekil 6'da yan yana çubuk grafiklerle karşılaştırılan 5 yıllık bakım ve sabit gider toplamı, hibrit modelde 122,500 TL iken benzinli modelde 127,500 TL'dir; fark yaklaşık 5,000 TL lehinedir. Bu düşük farkın nedeni, hibrit sistemin rejeneratif frenleme sayesinde fren balatalarının daha az aşınması ve içten yanmalı motorun kısmi elektrik desteğiyle daha az çalışma süresine sahip olmasıdır. Ancak Türkiye'de MTV ve sigorta giderlerinin hibrit (1.8L) ve benzinli (1.5L) versiyonlar arasında neredeyse eşitlenmesi (yıllık 17,500 TL sabit varsayımı), bakım avantajının toplam TCO içindeki ağırlığını sınırlamaktadır. Buna rağmen hibritin bakım maliyeti üstünlüğü (yıllık 7,000 TL vs. 8,000 TL), uzun vadede batarya ömrü garantisi (Toyota 8-10 yıl/160,000 km) ile birleştiğinde, toplam sahip olma maliyetinde istikrarlı bir pozitif etki yaratmaktadır.

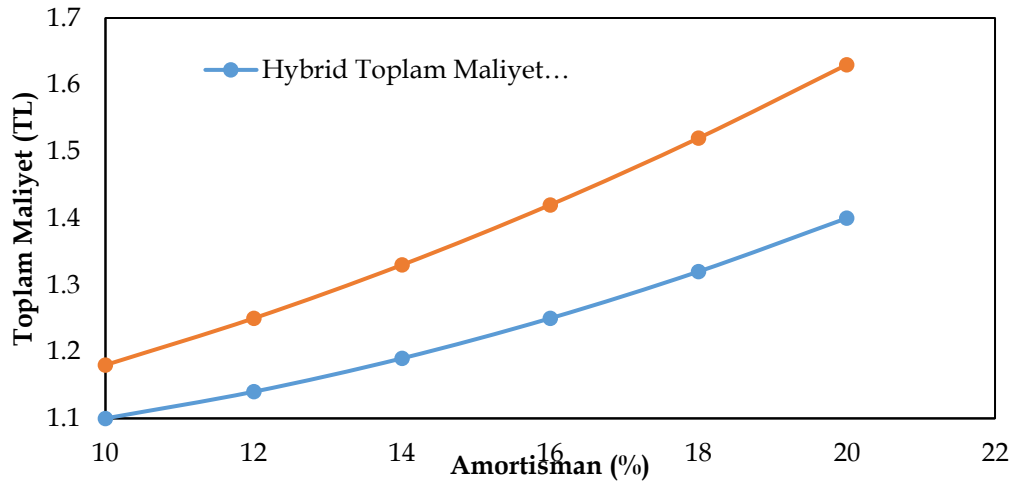
4.6. Amortisman ve Değer Kaybı

Amortisman, aracın 5 yıl boyunca uğradığı değer kaybını temsil eder. Üç farklı amortisman oranı senaryosu (%10, %15, %20) değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. Toyota Corolla Hibrit ve Benzinli Araçların Amortisman Payı

Amortisman (%)	Corolla Hibrid (TL)	Corolla Benzinli (TL)
10	835,365	810,431
15	1,140,404	1,106,748
20	1,324,887	1,285,632

Yukarıdaki Çizelge 3'ten de anlaşıldığı gibi değer kaybı oranı yükseldikçe toplam maliyet artmaktadır; ancak hibrit araç her senaryoda ekonomik olarak avantajlı kalmaktadır.



Şekil 7. Amortisman Oranı - TCO İlişkisi (Çizgi grafiği: x-ekseni amortisman oranı, y-ekseni TCO. Hibrit eğrisi her zaman benzinlinin altında seyretmektedir.)

Çizelge 3'te sunulan üç amortisman senaryosunda (%10, %15, %20), hibrit model her durumda benzinli modele göre daha düşük değer kaybı toplamına sahiptir (örneğin %15 senaryosunda hibrit 1,140,404 TL, benzinli 1,106,748 TL - fark hibrit lehine). Bu sonuç, Türkiye ikinci el piyasasında Toyota hibrit modellerinin (Corolla dahil) yüksek güvenilirlik algısı, uzun batarya garantisi ve düşük yakıt tüketimi nedeniyle daha iyi değer koruma eğilimi göstermesinden kaynaklanmaktadır. Özellikle 2. yıldan 3. yıla geçişte hibritte %17 civarı, benzinlide %15 civarı değer kaybı gözlemlense de, sonraki yıllarda hibritin kaybı daha yavaşlamakta ve başlangıç fiyat farkını telafi etmektedir. Şekil 7'de hibrit araçla benzinli aracın amortisman açısından toplam maliyetler gösterilmiştir. Bu bulgu, amortisman oranlarının duyarlılık analizinde hibritin TCO avantajını koruduğunu ve Türkiye pazarında hibritin "değer kaybı riski düşük" bir yatırım alternatifi olduğunu göstermektedir.

4.7. Toplam Sahip Olma Maliyeti (TCO) ve Finansal Verimlilik Analizi

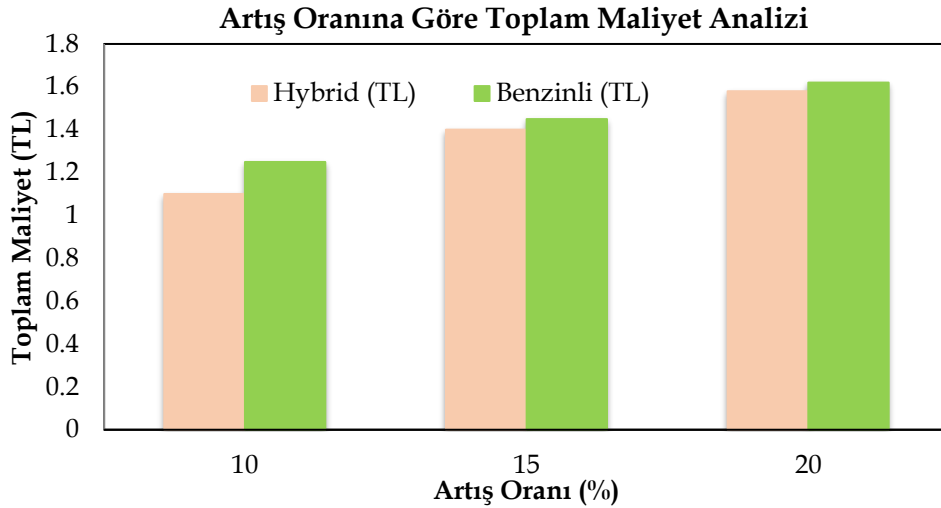
Hibrit araçların finansal verimliliğini doğru analiz edebilmek için sadece satın alma fiyatı değil, yakıt, bakım, sigorta, vergi ve yeniden satış değeri gibi tüm unsurlar dikkate alınmalıdır. "Total Cost of Ownership (TCO)" yaklaşımına göre hibrit araçların, uzun vadede geleneksel araçlara göre daha avantajlı olduğu gösterilmiştir [31].

Örneğin ABD Enerji Bakanlığı'nın [34] verilerine göre, 5 yıllık dönemde orta sınıf bir hibrit aracın toplam sahip olma maliyeti, benzer benzinli araca göre yaklaşık 2,500-3,000 USD daha düşük çıkmaktadır. Türkiye'de ise bu fark, yakıt fiyatlarındaki artışa bağlı olarak daha da yüksek olabilmektedir.

Türkiye'de toplam sahip olma maliyeti için verilen örnek; 5 yıllık toplam bakım gideri hibrit araçta 35,000 TL, iken muadili benzinlide ise 40,000 TL olarak hesaplanmıştır. MTV ve sigorta giderleri her iki modelde eşit alınmış (87,500 TL).

Çizelge 4. Toplam Sahip Olma Maliyeti (TCO)

Amortisman (%)	Yakıt (TL)	Bakım (TL)	MTV+Sigorta (TL)	Değer Kaybı (TL)	Toplam TCO (TL)
Hybrid (10)	146,275	35,000	87,500	835,365	1,104,140
Benzinli (10)	219,325	40,000	87,500	810,431	1,157,256
Hybrid (15)	146,275	35,000	87,500	1,140,404	1,409,179
Benzinli (15)	219,325	40,000	87,500	1,106,748	1,453,573
Hybrid (20)	146,275	35,000	87,500	1,32,4887	1,593,662
Benzinli (20)	219,325	40,000	87,500	1,285,632	1,632,457



Şekil 8. 5 Yıllık Toplam Sahip Olma Maliyeti (TCO) Karşılaştırması (Gruplandırılmış sütun grafiği: her amortisman oranında hibritin TCO'su daha düşük.)

Çizelge 4'te, Toyota Corolla Hybrid ve Corolla 1.5 Benzinli modellerinin beş yıllık Toplam Sahip Olma Maliyeti (TCO), üç farklı amortisman oranı (%10, %15 ve %20) altında karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Şekil 8'de ise bu sonuçlar, amortisman oranlarına göre gruplandırılmış sütun grafiği ile görselleştirilmiştir.

Tablodaki bulgular, her üç amortisman senaryosunda da hibrit modelin toplam sahip olma maliyetinin benzinli modele kıyasla daha düşük gerçekleştiğini göstermektedir. Ancak bu farkın büyüklüğü, amortisman oranına bağlı olarak değişkenlik arz etmektedir.

- **Yakıt ve Bakım Maliyetleri**

Yakıt maliyetleri incelendiğinde, hibrit modelin beş yıllık toplam yakıt giderinin tüm senaryolarda 146,275 TL seviyesinde kaldığı, benzinli modelde ise bu tutarın 219,325 TL'ye ulaştığı görülmektedir. Bu fark, hibrit aracın daha düşük yakıt tüketim değerlerinden kaynaklanmakta olup, TCO üzerindeki temel belirleyici unsurlardan biri olarak öne çıkmaktadır.

Bakım maliyetleri açısından da hibrit modelin (35,000 TL) benzinli modele (40,000 TL) kıyasla daha düşük bir maliyet sunduğu varsayılmıştır. Bununla birlikte, bu farkın araç kullanım şekli, servis politikaları ve uzun dönemli parça maliyetlerine bağlı olarak değişebileceği dikkate alınmalıdır.

- **Sabit Giderler (MTV ve Sigorta)**

MTV ve sigorta giderlerinin her iki araç türü için eşit kabul edilmesi (87,500 TL), bu kalemin TCO farkını belirleyici bir unsur olmaktan ziyade nötr bir değişken olarak ele alındığını göstermektedir. Bu yaklaşım, karşılaştırmanın ağırlıklı olarak yakıt, bakım ve değer kaybı bileşenlerine odaklanmasını sağlamaktadır.

- **Değer Kaybı ve Amortisman Etkisi**

Amortisman oranı arttıkça her iki araç için de değer kaybı tutarlarının yükseldiği gözlemlenmektedir. %10 amortisman oranında hibrit aracın değer kaybı 835,365 TL iken, %20 amortisman senaryosunda bu tutar 1,324,887 TL'ye çıkmaktadır. Benzer bir artış eğilimi benzinli modelde de mevcuttur.

Her üç amortisman senaryosunda hibrit aracın değer kaybı, benzinli modele kıyasla sınırlı ölçüde daha yüksek gerçekleşmektedir. Buna karşın, hibrit modelin yakıt ve bakım maliyetlerindeki avantajı, toplam TCO düzeyinde bu farkı dengelemekte ve hibrit lehine bir sonuç ortaya çıkarmaktadır.

- **Toplam Sahip Olma Maliyeti (TCO)**

Toplam TCO değerleri karşılaştırıldığında:

- %10 amortisman senaryosunda hibrit araç 1,104,140 TL, benzinli araç ise 1,157,256 TL toplam maliyete sahiptir.
- %15 amortisman oranında hibrit aracın TCO'su 1,409,179 TL iken, benzinli araçta bu değer 1,453,573 TL olarak hesaplanmıştır.
- %20 amortisman senaryosunda ise hibrit ve benzinli araçların TCO değerleri sırasıyla 1,593,662 TL ve 1,632,457 TL düzeyindedir.

Şekil 8'de sunulan gruplandırılmış sütun grafiği, bu bulguları görsel olarak desteklemekte ve her amortisman oranında hibrit aracın toplam sahip olma maliyetinin benzinli modele kıyasla daha düşük kaldığını açık biçimde göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar, kullanılan varsayımlar ve Türkiye koşullarına özgü parametreler altında hibrit aracın toplam sahip olma maliyeti açısından daha avantajlı bir profil sergilediğine işaret etmektedir. Bununla birlikte, bu avantajın büyüklüğünün; yakıt fiyatları, ikinci el piyasa koşulları ve gerçek kullanım verilerine bağlı olarak farklılaşabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Dolayısıyla bulgular, genelleştirilmiş bir üstünlük iddiası yerine, belirli senaryolar altında gözlemlenen bir maliyet avantajı olarak değerlendirilmelidir.

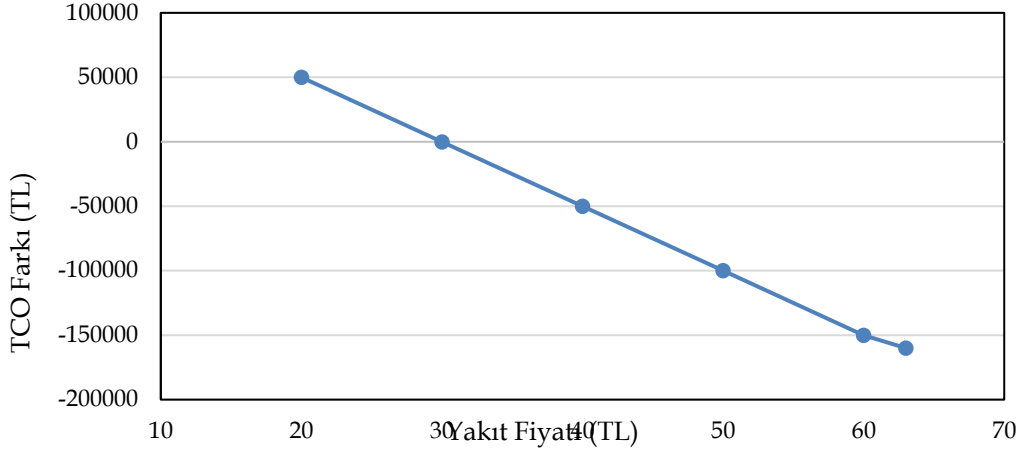
4.8. Duyarlılık Analizi

Şekil 9'da Yakıt Fiyatı ve TCO Farkı Duyarlılık Eğrisi gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde;

a) Yakıt fiyatı değişimi: Benzin fiyatının 52.22 TL'den 60 TL'ye çıkması durumunda hibrit araç lehine yakıt farkı 73,000 TL'den 91,000 TL'ye yükselmektedir.

b) Yıllık kilometre değişimi: 12,000 km yerine 20,000 km kullanıldığında, hibrit modelin 5 yıllık yakıt tasarrufu 73,000 TL'den 121,000 TL'ye çıkar.

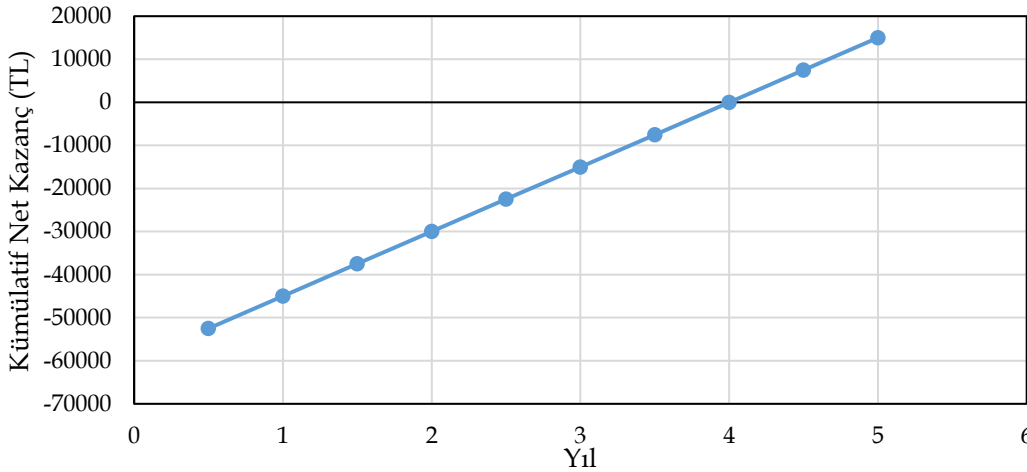
c) Amortisman etkisi: Amortisman oranı %10'dan %20'ye yükseldiğinde her iki aracın TCO'su artmakla birlikte, hibrit araç tüm senaryolarda daha düşük toplam maliyete sahiptir.



Şekil 9. Yakıt Fiyatı ve TCO Farkı Duyarlılık Eğrisi (X-ekseni: yakıt fiyatı; Y-ekseni: hibrit-benzinli TCO farkı. Fiyat arttıkça fark artış yönünde eğilim göstermektedir.)

4.9. Geri Ödeme Süresi (Payback Period)

Hibrit modelin satın alma fiyatı benzinli versiyona göre yaklaşık 60,000 TL daha yüksektir. Yıllık ortalama 14,600 TL yakıt tasarrufu sağlandığında bu fark yaklaşık 4.1 yılda kapanmaktadır. Şekil 10. Hibrit Aracın Geri Ödeme Süresini göstermektedir.



Şekil 10. Hibrit Aracın Geri Ödeme Süresi (Kümülatif fark grafiği: 4. yılda sıfır noktasına ulaşır ve sonrasında pozitif kazanç başlar.)

4.10. Devlet Teşvikleri ve Vergi Politikalarının Finansal Etkileri

Birçok ülke, hibrit ve elektrikli araçların yaygınlaşmasını hızlandırmak amacıyla vergi indirimi, alım desteği ve yakıt sübvansiyonu gibi politikalar uygulamaktadır. Örneğin Avrupa Birliği, 2035 itibarıyla içten yanmalı motorlu araç satışlarını sonlandırmayı hedeflerken, hibrit teknolojiyi geçiş dönemi çözümü olarak desteklemektedir [35].

Ülkemizde ise hibrit araçlar, motor gücüne göre değişen oranlarda Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) avantajına sahiptir. Ayrıca bazı yerel yönetimler hibrit araç sahiplerine otopark indirimini veya trafik kısıtlamasından muafiyet gibi dolaylı teşvikler sunmaktadır [36].

Bu teşvikler, hibrit araçların finansal verimliliğini doğrudan artırmakta ve yatırım geri dönüş süresini kısaltmaktadır.

4.11. Çevresel ve Sosyal Faktörlerin Finansal Yansımaları

Hibrit araçlar, karbon emisyonlarının azalması ve yakıt tüketiminin düşmesi sayesinde çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlar. Bu durum, sadece çevre bilinci yüksek bireylerin tercihlerini değil, aynı zamanda sigorta ve filo yönetimi gibi sektörlerdeki finansal değerlendirmeleri de etkilemektedir [37].

Birçok filo şirketi, karbon ayak izini düşürmek amacıyla hibrit araçları tercih etmekte ve bu durum sigorta primlerinin azalmasına yol açabilmektedir [38]. Dolayısıyla çevresel sürdürülebilirlik, dolaylı olarak finansal verimlilik parametresi haline gelmektedir.

4.12. Finansal Riskler ve Kısıtlar

Her ne kadar hibrit araçlar uzun vadede finansal avantajlar sağlasa da, bazı risk ve kısıtlar da söz konusu olmaktadır. Bunlar genel olarak;

- İkinci el piyasa belirsizliği: Hibrit araçların batarya ömrüne ilişkin endişeler, ikinci el değerini düşürebilir.
- Enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar: Elektrik ve akaryakıt fiyatlarının değişkenliği tasarruf oranlarını etkileyebilir.
- Teknolojik hızlı eskime: Yeni batarya teknolojilerinin gelişmesi, mevcut modellerin değerini azaltabilir.

Bu riskler, finansal verimlilik analizlerinde dikkate alınmalıdır [37].

Bu ampirik analiz, hibrit araçların Türkiye’de hem mikroekonomik (bireysel kullanıcı) hem de makroekonomik (enerji tasarrufu, döviz çıkışı azaltımı) düzeyde anlamlı ekonomik avantaj sunduğunu göstermektedir.

Ülkemizde hibrit teknolojisine sahip araçların trafikte daha sık görülmesi bu teknolojinin ekonomiklik, verimlilik ve çevresel yönden incelenmesi, değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. 2025 yılı mart ayı baz alınarak ülkemizde hibrit araçların satışı ile ilgili aşağıdaki verilerden de anlaşılmaktadır ki, hibrit araçlar gün geçtikçe daha fazla rağbet görmektedir. Bu veriler hibrit teknolojisinin Türkiye’de de yaygınlaştığını göstermektedir. Ancak bu yaygınlığın “ne kadar gerçek ekonomik ve verimlilik avantajı sunduğu” hususu hâlâ detaylı incelenmeye muhtaç görülmektedir.

- Türkiye’de 2025 yılı Mart ayı verilerine göre, trafiğe kayıtlı otomobillerin yaklaşık %2.8’i hibrit, %1.3’ü elektrikli araçlardan oluşmaktadır. Toplamda elektrikli ve hibrit payı yaklaşık olarak %4.1’e ulaşmış durumdadır [38].
- Türkiye’de yılın ilk 5 ayında satılan otomobillerin yaklaşık %42.9’u elektrikli veya hibrit olarak gerçekleşmiştir [39].
- Yine Türkiye’de 2025 yılı 9 ayında elektrikli ve hibrit araç toplamının pazar payı %44.7’ye yükselmiş ve satış adedi 331,955 olarak gerçekleşmiştir [40].
- 2024 Aralık sonu itibarıyla Türkiye’de trafiğe kayıtlı elektrikli ve hibrit araçların toplam sayısı yaklaşık 575,072 âdete ulaşmıştır [41].

Günümüz ekonomik ve çevresel şartları ulaşım sektöründe daha verimli araçları kullanmayı zorunlu hale getirmektedir. Özellikle küresel ısınma olarak bilinen iklim değişikliğinin önemli ölçüde fosil yakıt

kullanımına dayalı ekonomik politikalardan kaynaklandığı bilinmektedir. İnsanlık tarihi içinde çok kısa bir zaman dilimini kapsıyor olsa da sanayi devrimiyle hız kazanan fosil yakıt kapitalizmi küresel ısınma ve iklim değişikliğine sebep olabilecek kadar ciddi bir tehdittir. Bununla birlikte insan sağlığını da önemli derecede olumsuz etkilemektedir. Fosil yakıt tüketimi sonucunda biriken gazlar sera etkisi yaparak asit yağmurlarına neden olmaktadır. Bu ise hava kalitesini düşürmekte, toprak ve su üzerinde yararlı mineralleri olumsuz etkilemektedir. Aynı zamanda yer altı ve yerüstü sularına karışarak içme, kullanma ve sulama sularına karışarak, akarsular tarafından taşınarak denizlere ulaşmakta, deniz suyunun kirlenmesine yol açmaktadır. Bundan dolayı insanın hava su ve topraktan aldığı besin kalitesi düşmekte, böylece insan sağlığı önemli ölçüde etkilenmektedir.

Hibrit araçların ekonomik faydaları, hem bireyler hem de toplum açısından kayda değer katkılar sunmaktadır. Bu araçlar, içten yanmalı motorlarla elektrik motorlarının entegrasyonu sayesinde, düşük yakıt tüketimi ile verimlilik sağlamaktadır. Bu durum, kullanıcılar için uzun vadede önemli maliyet tasarrufları anlamına gelmektedir. Örneğin, Hasegawa ve arkadaşları [5], hibrit araçların işletme maliyetlerinde yaklaşık %30'luk bir azalma sağlayabileceğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, Wenzel ve arkadaşlarının [28] çalışması da bu bulguları doğrulamaktadır. Yüksek petrol fiyatları dönemlerinde, düşük yakıt tüketimi sayesinde hibrit araçlar kullanıcılara ekonomik avantajlar sağlamaktadır. Bu bağlamda, hibrit araç sahibi olmak, sadece çevresel sürdürülebilirlik değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirlik açısından da rasyonel bir tercih olarak öne çıkmaktadır.

Devlet teşvikleri ve vergi indirimleri açısından, birçok ülkede hibrit araç alımında sağlanan teşvikler ve vergi indirimleri, başlangıç maliyetlerini önemli ölçüde azaltır [5,27]. Bu durum, hibrit araçların benimsenmesini teşvik eder ve pazarın büyümesine katkıda bulunur.

Hibrit araçların ikinci el pazarında artan çevresel farkındalık ile talep görmesi, kullanıcıların yatırımlarının geri dönüşünü olumlu yönde etkilemektedir [6]. Yapılan araştırmalar, hibrit araçların ikinci el değerlerinin, benzinli veya dizel araçlara göre daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır [4]. Hibrit araçlar, fosil yakıtlara daha az bağımlı olmaları sebebiyle enerji fiyatlarındaki dalgalanmalardan daha az etkilenir [42]. Bu durum, kullanıcılar için belirgin bir ekonomik avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, hibrit araçlar yenilenebilir enerji kaynakları ile entegre olarak çalışabildiği için enerji maliyetlerini daha da düşürebilir [7,25]. Bu, hem bireysel kullanıcılar hem de toplum için önemli ekonomik faydalar sunmaktadır.

5. Sürdürülebilirlik

Hibrit araçlar, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu araçlar, geleneksel içten yanmalı motorlu araçlara göre daha düşük karbon salınımı yaparak sera gazı emisyonlarını azaltır ve iklim değişikliği ile mücadelede kritik bir rol oynar [3,43]. Ayrıca, şehir içi trafikte hibrit araçların elektrik motorları, düşük gürültü ve hava kirliliği seviyeleri sağlar, bu da özellikle yoğun nüfuslu şehirlerde yaşam kalitesini artırır [44]. Hibrit araçlar, fosil yakıtlara daha az bağımlı oldukları için enerji fiyatlarındaki dalgalanmalardan daha az etkilenir ve bu da kullanıcılar için belirgin bir ekonomik avantaj sağlar [28]. Ek olarak, hibrit araçların yenilenebilir enerji kaynakları ile entegre olarak çalışabilmesi, bataryaların süresi dolduktan sonra güneş ve rüzgar enerjisi üreten yerlerde enerji depolamada kullanılması ve bu sayede 5-10 yıl daha kullanılabilmesi, %80-95'inin geri dönüş olarak kullanılabilmesi, enerji maliyetlerini düşürerek hem bireysel kullanıcılar hem de toplum için ekonomik faydalar sağlar [6,24]. Gelecekteki ulaşım sistemlerinin evriminde önemli bir basamak olarak değerlendirilen hibrit araçlar, elektrikli ve otonom teknolojilerle entegrasyonları sayesinde daha sürdürülebilir ulaşım çözümlerinin geliştirilmesine olanak tanır [5,6]. Son olarak, hibrit araçların kullanımı, şehirlerdeki kirliliği azaltarak insan sağlığı üzerinde olumlu etkiler yaratabilir ve genel yaşam kalitesini artırabilir [4].

6. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, Türkiye pazarına özgü güncel verilerle hibrit ve geleneksel içten yanmalı motorlu araçların TCO karşılaştırmasını sunmaktadır. Ana bulgular şunlardır:

- *Hibrit model, yakıt tüketiminde %33 tasarruf sağlayarak 5 yılda yaklaşık 73,000 TL yakıt maliyeti avantajı sunmaktadır; bu fark, yüksek benzin fiyatı (52.22 TL/L) nedeniyle uluslararası ortalamalara göre daha belirgindir.*
- *Bakım ve sabit giderlerde hibrit lehine sınırlı (~5,000 TL) ancak istikrarlı üstünlük gözlenmiştir.*
- *Amortisman duyarlılık analizinde (%10-%20 oranları) hibrit model her senaryoda ekonomik avantajın korumakta; bu, ikinci el piyasasındaki değer koruma performansı ile uyumludur.*
- *Başlangıç fiyat farkı (~60,500 TL) göz önüne alındığında, hibritin TCO geri ödeme süresi yaklaşık 4.1 yıl olarak hesaplanmıştır.*

Bulgular, hibrit teknolojinin Türkiye’de ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağladığını göstermekte; yüksek yakıt maliyeti ve sınırlı ÖTV farkı nedeniyle avantajın uluslararası literatüre kıyasla daha erken gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Gelecek çalışmalar, farklı modeller, sürüş profilleri ve batarya değişim senaryolarını içerecek şekilde genişletilebilir.

Katkı Beyanı

Yazar, araştırmanın tasarımı, yazımı, kaynak taraması ve sonuçların değerlendirilmesi dâhil olmak üzere çalışmanın tüm süreçlerinde tek başına katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makalenin yazarı herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile kişisel ve finansal çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

Kaynaklar

- [1] Gass V. Economic evaluation of hybrid vehicles: A global perspective. *Energy Policy Journal*. 2021;149(3):102–119.
- [2] İsmail A, Yılmaz H, Demircan E. Performance evaluation of hybrid vehicles based on energy and emission parameters. *Renewable Energy Journal*. 2021;45(2):203–211.
- [3] Breetz HL, et al. The economics of hybrid electric vehicles. *J Clean Prod*. 2018;195:136–145.
- [4] Gotaas C, et al. Analyzing the environmental and economic impacts of hybrid vehicles. *Transp Res A*. 2020;132:290–301.
- [5] Hasegawa M, et al. Fuel efficiency and emissions performance of hybrid vehicles. *Int J Transp Sci Technol*. 2019;8(4):356–368.
- [6] Santos R, et al. The second-hand market for hybrid electric vehicles: Opportunities and challenges. *Transp Res D*. 2020;85:102355.
- [7] Lee CH, Hua W, Long T, Jiang C, Iyer LV. A critical review of emerging technologies for electric and hybrid vehicles. *IEEE Open J Veh Technol*. 2021;2:471–485.
- [8] Chan CC. The state of the art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles. *Proc IEEE*. 2007;95(4):704–718.
- [9] Ehsani M, Gao Y, Longo S, Ebrahimi K. *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles*. CRC Press; 2018.
- [10] Gonder J, Simpson A. Measuring and estimating the fuel efficiency of plug-in hybrid electric vehicles. 20th International Electric Vehicle Symposium and Exhibition. 2006.
- [11] Li J, Sun Q, He Y. Optimizing fuel efficiency and emissions in new-generation hybrid electric vehicles. *Energy Environ Adv*. 2023;8:100219.
- [12] Zhang R, Zhao L. Performance comparison of hybrid systems in urban driving conditions. *Int J Hybrid Powertrains*. 2024;19(2):151–166.
- [13] Nguyen TH, Vo ND, Tran LH. Environmental impact assessment of hybrid electric vehicles: A comprehensive study. *Environ Res Commun* 2023;5(4):045007.
- [14] Chen M, Liu X, Wang Y. Economic analysis of fuel efficiency and cost savings in hybrid vehicles. *J Sustain Transp* 2024;12(1):45–58.

- [15] Wang H, Wu L, Zhang L, Zhang Y. Economic and environmental analysis of hybrid vehicles in the urban transportation. *Sustain Cities Soc.* 2020;63:102–112.
- [16] Orecchini F, Santiangeli A, Zuccari F, Ortenzi F, Genovese A, Spazzafumo G, Nardone L. Energy consumption of a last generation full hybrid vehicle compared with a conventional vehicle in real drive conditions. *Energy Procedia* 2018;148:289–296.
- [17] TÜİK. Motorlu Kara Taşıtları Aralık 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Ta%C5%9F%C4%B1tlar%C4%B1-Aral%C4%B1k-2023-49432&dil=1> Accessed Sep. 26, 2025.
- [18] Hibrit-Elektrikli Arabalar Nasıl Çalışır? <https://experix.com.tr/hibrit-elektrikli-arabalar-nasil-calisir/> Accessed Sep. 16, 2025.
- [19] Liu Y, et al. Performance analysis of hybrid electric vehicles. *J Power Sources.* 2020;448:227411.
- [20] Miller J, Kutz M. Understanding hybrid vehicle performance. *J Veh Des.* 2017;123–135.
- [21] Wang L, et al. Evaluation of hybrid electric vehicle performance and energy consumption. *Energy.* 2021;224:120086.
- [22] Dijkhuis H, et al. Efficiency of regenerative braking systems in hybrid vehicles. *Transp Res D.* 2019;67:375–386.
- [23] Rao K, et al. Energy management strategies for hybrid electric vehicles: A review. *Renew Sustain Energy Rev.* 2020;120:109660.
- [24] Hibrit motor nasıl çalışır? <https://rentiva.com/blog/hibrit-motor-nasil-calisir> Accessed Sep. 20, 2025.
- [25] Huang Y, et al. The economic and environmental impacts of hybrid electric vehicles. *Renew Sustain Energy Rev.* 2020;117:109464..
- [26] Lajunen A, Lipman T. Hybrid vehicle technology: Fuel economy and emissions. *Environ Sci Technol.* 2020;54(11):6587–6594.
- [27] Chen S, et al. Advanced motor control strategies for hybrid electric vehicles. *IEEE Trans Ind Electron.* 2022;69(2):1204–1214.
- [28] Wenzel T, et al. Policy analysis for hybrid vehicle adoption: A review of incentives and barriers. *Environ Sci Policy.* 2018;89:54–61.
- [29] Toyota Corolla Hybrid tüketim verileri (dergi/test verileri). <https://pressroom.toyota.com/take-on-the-day-efficiently-in-the-2025-toyota-corolla-hybrid> Accessed Sep. 15, 2025.
- [30] U.S. Environmental Protection Agency. Fuel economy trends report. Washington, DC; 2023.
- [31] Mock P, Yang Z. Total cost of ownership analysis of hybrid and electric vehicles. *ICCT*; 2020.
- [32] EPDK. Türkiye enerji görünümü 2024 raporu. Ankara; 2024.
- [33] International Energy Agency. Global EV Outlook 2023: Catching up with climate ambitions. Paris; 2023.
- [34] U.S. Department of Energy. Hybrid electric vehicles: Benefits and considerations. Washington, DC; 2022.
- [35] European Commission. Fit for 55: Delivering the EU’s 2030 climate target on the way to climate neutrality. Brussels; 2023.
- [36] T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı. Motorlu taşıtlar vergisi ve ÖTV düzenlemeleri. Ankara; 2023.
- [37] OECD. Green transition and transport economics. Paris; 2022.
- [38] Türkiye’de elektrikli & hibrit otomobil payı 2025. <https://yesilhaber.net/elektrikli-hibrit-otomobil-payi-turkiye-2025> Accessed Sep. 12, 2025.
- [39] AA Ekonomi. Türkiye’de satılan her 10 otomobilden 4’ü elektrikli ya da hibrit. <https://aa.com.tr/tr/ekonomi/turkiyede-satilan-her-10-otomobilden-4u-elektrikli-ya-da-hibrit/3590460> Accessed Sep. 10, 2025.
- [40] TRT Haber. Elektrikli ve hibrit otomobillerin pazar payı %44,7’ye yükseldi. <https://www.trthaber.com/haber/ekonomi/elektrikli-ve-hibrit-otomobillerin-pazar-payi-yuzde-447ye-yukseldi-921626.html> Accessed Sep. 8, 2025.
- [41] Enerji Ekonomisi. Türkiye’de elektrikli ve hibrit araç sayısı 600 bine yaklaştı. <https://www.enerjiekonomisi.com> Accessed Sep. 11, 2025.
- [42] Mason J, Bjerkan KY. The impact of hybrid vehicles on fuel consumption and emissions. *J Transp Res* 2021;83:68–78.
- [43] Ataman BC, Igbeka UE, Emenime AI, Kwasi-Effah CC, Max-Eguakun F. Role of Hybrid Electric Vehicles for Sustainable Transportation. *NIPES J Sci Technol Res.* 2021;3(4).
- [44] Şarkan B, Gnap J, Kiktová M. The importance of hybrid vehicles in urban traffic in terms of environmental impact. *Archiwum Motoryzacji.* 2019;85(3).