



İnceleme

Döngüsel Ekonomi Bağlamında Kentsel Sürdürülebilirlik için Elektrikli Mobilitenin Çerçeveselendirilmesi: Literatüre Genel Bir Bakış

Walter Leal Filho ^{1,2}, Ismaila Rimi Abubakar ^{3,*}, Richard Kotter ⁴, Thomas Skou Grindsted ⁵, Abdul-Lateef Balogun ⁶, Amanda Lange Salvia ⁷, Yusuf Aina ⁸ ve Franziska Wolf ¹

¹Araştırma ve Transfer Merkezi "Sürdürülebilir Kalkınma ve İklim Değişikliği Yönetimi", Avrupa Sürdürülebilirlik Bilim ve Araştırma Okulu, Yaşam Bilimleri Fakültesi, Hamburg Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, 21033 Hamburg, Almanya; walter.leal2@haw-hamburg.de (W.L.F.); Franziska.wolf@haw-hamburg.de (F.W.)

²Doğa Bilimleri Bölümü, Manchester Metropolitan Üniversitesi, Manchester M1 5GD, Birleşik Krallık

³Mimarlık ve Planlama Fakültesi, İmam Abdulrahman Bin Faisal Üniversitesi, Dammam 31441, Suudi Arabistan

⁴Coğrafya ve Çevre Bilimleri Bölümü, Mühendislik ve Çevre Fakültesi, Northumbria Üniversitesi, Newcastle upon Tyne NE1 8ST, Birleşik Krallık; richard.kotter@northumbria.ac.uk

⁵İnsan ve Teknoloji Bölümü, Roskilde Üniversitesi, 4000 Roskilde, Danimarka; tskoug@ruc.dk

⁶Jeo-uzamsal Analiz ve Modelleme Araştırma Grubu, İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Universiti Teknologi PETRONAS, Seri Iskandar 32610, Malezya; alateef.babatunde@utp.edu.my

⁷İnşaat ve Çevre Mühendisliği Yüksek Lisans Programı, Passo Fundo Üniversitesi, São José 99052-900, Brezilya; amandasalvia@gmail.com

⁸Geomatik Mühendisliği Teknolojisi Bölümü, Yanbu Endüstri Koleji, Yanbu 41912, Suudi Arabistan; ainay@rcyci.edu.sa

* Yazışmalar: irabubakar@iau.edu.sa



Atıf: Leal Filho, W.; Abubakar, I.R.; Kotter, R.; Grindsted, T.S.; Balogun, A.-L.; Salvia, A.L.; Aina, Y.A.; Wolf, F. Döngüsel Ekonomi Bağlamında Kentsel Sürdürülebilirlik için Elektrikli Mobilitenin Çerçeveselendirilmesi: Literatüre Genel Bir Bakış.

Sürdürülebilirlik **2021**, *13*, 7786.

<https://doi.org/10.3390/su13147786>

Akademik Editör: Thanikanti Sudhakar Babu

Alındı: 29 Mayıs 2021

Kabul edildi: 6 Temmuz 2021

Yayınlanma tarihi: 12 Temmuz 2021

Yayının Notu: MDPI tarafsız kalıyor yargı yetkisi talepleri ile ilgili olarak yayınlanmış haritalar ve kurumsal ilişkiler.



Telif hakkı: © 2021 yazarlar tarafından. Lisans sahibi MDPI, Basel, İsviçre. Bu makale Creative Commons Attribution (CC BY) lisansının hüküm ve koşulları altında dağıtılan açık erişimli bir makaledir (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Özet: Elektro-mobilitenin geliştirilmesi, Avrupa ülkelerinin karbon emisyonlarını azaltma ve şehirlerdeki yaşam kalitesini artırma girişimlerinin merkezinde yer almaktadır. Ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların azaltılması ve (kentsel) ulaşımında fosil yakıtlı araçların 2050 yılına kadar aşamalı olarak kullanımdan kaldırılması hedefleri, elektro-mobilitayı teşvik etmek için rakipsiz fırsatlar sunmaktadır. Bu çalışma, literatürün kapsamlı bir incelemesini sunmakta ve döngüsel ekonomi (CE) bağlamında sosyal, ekonomik ve çevresel yönleri değerlendirerek Avrupa'da elektro-mobilitenin mevcut gelişiminin ayrıntılı bir analizini sunmaktadır. Ayrıca mevcut zorlukları incelemekte ve elektro-mobilitenin çevresel performansını ve kentsel yaşam kalitesini iyileştirmeye yönelik olarak bu zorlukları ele almanın yollarını önermektedir. Çalışma, hem ulaşım hem de bina ve enerji sektörlerinin karbondan arındırılmasının orta vadeli ortak faydalarını ortaya çıkarmak için sadece malzeme ve kaynakları değil aynı zamanda enerjiyi de içeren CE zorunluluğu olmadan elektro-mobilitede sadece dar bir teknoloji gündeminin daha az başarılı olacağını savunmaktadır. Bu makale, hızla büyüyen bu alanın CE'ye dönüşmesine rehberlik edebilecek gelecekteki bazı gelişmeleri eleştirel bir şekilde gözden geçirmektedir.

Anahtar Kelimeler: döngüsel ekonomi; elektrikli mobilite; Avrupa; karbon emisyonu; ulaşım; kentsel sürdürülebilirlik

1. Giriş: Elektrikli Araçlar ve Elektro-Mobilite

Modern elektrikli araçlar (EV'ler), gelişmiş sanayileşmiş ve şu anda sanayileşmekte olan ülkeler tarafından belirlenen iddialı hedeflerle birlikte, elektro-mobilite için dünya çapında giderek daha fazla kullanılmaktadır. Yardımcı bir içten yanmalı motor olsun ya da olmasın elektrik şebekesinden yakıt alabilen araçları ifade eden elektro-mobilite (e-mobilite), çoğunlukla kentsel ortamlarda (ultra-) düşük emisyonlu araç tabanlı ulaşım manzarasının bir parçasıdır. Elektrik, temel enerji kaynağı olmaktan ziyade bir enerji vektörü olduğundan, tedarik zinciri boyunca ulaşım ve destekleyici altyapıya güç sağlamak için kullanılan elektriğin hem derecesini (elektrifikasyon) hem de hacmini (tüketim) araştırmak kritik önem taşımaktadır. Elektrik üretiminin kaynağını (yani ne ölçüde yenilenebilir kaynaklardan ve hangi eşdeğer CO₂ emisyonlarıyla) incelemek de aynı derecede önemlidir.

Şehirlerde artan nüfus ve kişisel araçların mevcut küresel eğiliminde, bir e-mobilite stratejisinin kullanımı, yenilenebilir enerji (YE) ve daha yakın / kapalı kaynak döngüsü döngülerine bağlanırsa ve yakıt maliyeti açısından da bir verimlilik artışı ile ölçekte geliştirilirse, iklim değişikliği, kötü hava kalitesi, gürültü kirliliği ve enerji güvenliği gibi birçok sürdürülebilirlik sorununa kısmi bir çözüm teşkil edebilir [1-4]. Ayrıca, iş, kendi kendine yeterlilik ve çevresel kaygılar nedeniyle şehirlere gidip gelen önemli sayıda şehir dışı elektrikli araç kullanıcısı da bulunmaktadır [5]. E-mobilite, elektrik üretim kaynağının bu kaynaklardan uzaklaştırılması, iletim ve dağıtımının karbonsuzlaştırılması ve mümkün olan en düşük kayıplarla tasarlanması koşuluyla fosil yakıt tüketiminin azaltılmasında kilit rol oynayabilir. Elektrikli araçlara ilişkin yakın tarihli küresel bir genel bakışa göre [6], elektrikli otomobillerin, kamyonların, otobüslerin ve kamyonların tam çevresel ve ekonomik potansiyellerine katkıda bulunabilmeleri için daha temiz enerji üretimi, daha iyi geri dönüşüm planları ve elektrikli araç batarya teknolojisinde daha fazla iyileştirme yapılması gerekmektedir. E-mobilite, Avrupa'nın sürdürülebilir mobilite gündemi için hayati önem taşımaktadır. 2050 yılına kadar fosil yakıtlı araçların şehirlerde yasaklanması ve yerlerini bataryalı elektrikli araçlar (BEV'ler) gibi diğer teknolojik alternatiflerin alması muhtemeldir [7]. Döngüsel Ekonomi (CE) ve e-mobilite, derin bir sürdürülebilirlik anlayışıyla tasarlanıp uygulandığı takdirde, Birleşmiş Milletler'in (BM) Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SDG) 12 (Sorumlu Tüketim ve Üretim), SDG 13 (İklim Eylemi), SDG 9 (Sanayi, İnovasyon ve Altyapı), SDG 11 (Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar) - SDG 7 (Erişilebilir ve Temiz Enerji) alanındaki eylemlere bağlı olarak - katkı sağlamakla ilgilidir. 17 SKH, uluslararası/küresel düzeyde BM'nin Binyıl Kalkınma Hedeflerinin yerini almıştır ve aynı zamanda 1992'deki BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'ndan (UNCED) (Rio Zirvesi olarak da bilinir) ve onunla bağlantılı (Ek'te) Yerel Gündem 21'den gelen bir yörüngeyle bağlantılıdır. Artık, SKH'leri yerel düzeyde ilerletecek çözümleri işbirliği içinde geliştirmek ve uygulamak üzere ulusal, bölgesel ve yerel yönetimler, BM, özel sektör, sivil toplum, hayırseverlik ve akademi dünyasından liderleri bir araya getiren BM'nin Yerel 2030 Gündemi de bulunmaktadır.

1.1. Döngüsel Ekonomi ve E-Mobilite: Son Trendler

Son zamanlarda, CE ile e-mobilite endüstrisi arasındaki bağlantıya ilişkin argümanlar daha da geliştirilmiştir. Örneğin, 2020 sonbaharında Alman Döngüsel Ekonomi Girişimi Deutschland (CEID) [8], 2030 yılına kadar çekiş bataryalarının entegrasyonu etrafında kapalı döngülü bir sistemle neler elde edilebileceğini göstermek için elektrikli otomobil bataryaları örneğini kullandı. CEID, bir çekiş bataryasının tüm yaşam döngüsü boyunca değer yaratmayı en üst düzeye çıkaran bir ürün ve hizmet sistemi oluşturmak için hükümet, bilim ve endüstri için öneriler ve tavsiyeler formüle etmiştir. Bu öneriler arasında, örneğin akü pasaportları (Avrupa Elektromobilite Birliği Avere tarafından da desteklenmektedir) gibi, akü verilerinin hem kullanım ömrü boyunca hem de kullanım ömrü bittikten sonra sağlanmasını iyileştirmek için teşvikler belirleyerek ve BT sistemleri kurarak çekiş aküsü ömrü hakkında daha şeffaf bilgilerle ilgili önerilen eylemler yer almaktadır. Ayrıca, tersine lojistiği ve araç çekiş bataryalarının sökülmesini destekleyecek fiziksel altyapı açısından bir Avrupa batarya söküm ağı önerilmektedir [8-11]. Avrupa'da e-mobilite için çekiş bataryası üretiminin önemli ölçüde artması yönünde açık bir eğilim olduğu için bu önemlidir.

Benzer şekilde, Avrupa Hammaddeler İttifakı'nın (ERMA) genel gündemi, Eylül 2020'de "Avrupa'nın üçüncü ülkelere bağımlılığını azaltmak, hem birincil hem de ikincil kaynaklardan tedariki çeşitlendirmek ve dünya çapında sorumlu kaynak kullanımını teşvik ederken kaynak verimliliğini ve döngüsellikliğini artırmak" için Kritik Hammaddelere ilişkin bir AB Eylem Planının bir parçası olarak duyurulmuştur [12]. Benzer şekilde, AB tarafından 2020 Kritik Hammaddeler Listesinin yayınlanması, "hammaddeler ve CE için dünya çapında en iyi çerçeveye" katkıda bulunma niyetini ilan etmektedir. ERMA'nın faaliyetleri, 2030 yılına kadar "ham ve gelişmiş malzemelerin üretimini yoğunlaştırmayı ve 'Kritik Hammaddelerin' geri kazanımını ve geri dönüşümünü artırarak CE'yi ele almayı amaçlamaktadır. Bu faaliyetler şunları içermektedir: (a) "çevresel ve sosyal açıdan eşitlikçi yeniliklerin ve altyapının" geliştirilmesinin yoğunlaştırılması (b) elektrikli araçlar, temiz (ve temiz) teknoloji gibi karmaşık ürünlerin CE'sinin uygulanması ve

hidrojen ekipmanı, (c) Avrupa'nın hammadde endüstrisinin malzeme çıkarma, tasarlama, üretme ve geri dönüştürme kapasitesinin desteklenmesi ve (d) belirli değer zincirlerinde inovasyon, stratejik yatırım ve endüstriyel üretimin teşvik edilmesi" (s. 1).

Wurster ve diğerleri [13] sürdürülebilir CE ekosistemleri geliştirmenin, şirketlerin (kuruluşların) müşterileri inovasyon süreçlerine dahil etmelerini gerektirdiğini belirtmektedir. Şu ana kadar "elektrikli araçlar gibi sürdürülebilirlik odaklı araçların son kullanıcılarının ve biyoyakıt kullanıcılarının belirli tercihlerinin CE bağlamında bilinmediğini" belirtmektedirler (s. 1). Açık inovasyon ekosistemlerini CE için ileriye dönük bir yol olarak görüyorlar ve bunu bir CE'de inovasyon için gerekli olan aktörler, faaliyetler, kurumlar ve ilişkilerin ortaya çıkan kümeleri olarak tanımlıyorlar (s. 2). Elektrikli araçlara yönelik olarak yakın zamanda tedarik edilebilirlik ve değer zinciri açısından incelenen otomotiv sistemleri bileşenlerinden biri de lastiklerdir ve bazı üreticiler, elektrikli araçların eşdeğer İçten Yanmalı Motorlara (ICE) kıyasla genellikle nispeten daha yüksek ağırlıkları nedeniyle artık elektrikli araçlara özgü lastikler üretmektedir. Ömrünü tamamlamış lastiklerin (hacim olarak İYM'lerden gelen) mevcut arz fazlası göz önüne alındığında, CE lastiklerinin ve biyo-bazlı lastiklerin potansiyeli, bir kabul modeli ve buna dayalı etiketleme/pazarlama bağlamında kavramsal olarak araştırılmıştır [14].

1.2. Elektrikli Mobilite ve Döngüsel Ekonominin Bir Parçası Olarak Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Elektrikli araçlar giderek daha fazla YE kaynakları kullanabilir ve böylece yaşam döngüsü değerlendirmesi açısından karbon ayak izini azaltabilir; bu da AB'nin uygun maliyetli düşük karbonlu enerji teknolojilerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasında liderliğini sağlamak için 2008 Stratejik Enerji Teknolojisi Planı ile uyumludur. Kuyudan tekerleğe döngü tüm üretim zincirini ve araç operasyonunu kapsadığından, elektrik üretimi karışımında YE kaynaklarının kullanılması önemlidir: kuyudan tanka (WTT) ve tanktan tekerleğe (TTW) emisyonlar. Örneğin, Union of Concerned Scientists, elektrik üretim kaynaklarında Amerika Birleşik Devletleri bölgeleri/metropoliten alanları arasında önemli farklılıklar olduğunu ve bunun da elektrikli araçların çevresel profilleri için belirgin şekilde farklı sonuçlara yol açtığını belirtmektedir [15]. Bu nedenle, elektrikli araçların, akıllı şarjın ve çift yönlü şarjın göreceli avantajlarını geniş bir paydaş yelpazesine ve karşılaştırılabilir ICE araçları ile bir eklenti, pil değiştirme veya endüktif / kablosuz şarj yoluyla çalışan elektrikli araçlar arasındaki net karbon tasarrufunu çerçevelemek için iletişim girişimlerine ihtiyaç vardır. Bu, bir akıllı sayaç veya MyGridGB akıllı ev panosu (düşük karbonlu elektrik üretim kaynağına ve üretim türüne göre karbon yoğunluğuna ve elektrik talebi ve arzındaki eğilimlere göre Büyük Britanya için canlı elektrik verilerini gösteren) gibi olabilir [16]. Hoekstra [17] (s. 1412) karşılaştırmalı BEV ve ICE örnek hesaplamaları (spekülatif bir 'yenilenebilir (enerji) senaryosu' dahil) aracılığıyla "bataryalı elektrikli araçlarla (BEV'ler) mümkün olan sera gazı (GHG) emisyon azaltımlarının bilimsel literatürde hafife alındığını savunmaktadır. Bunun nedenleri şu şekilde belirlenmiş ve gösterilmiştir: batarya üretiminin olduğundan fazla tahmin edilmesi, batarya ömrünün olduğundan az tahmin edilmesi, BEV'in ömrü boyunca değişmeyen bir elektrik karışımının varsayılması, enerji kullanımı için gerçekçi olmayan testlerin kullanılması, yakıt üretimi emisyonlarının hariç tutulması ve sistem düşüncesinin eksikliği."

1.3. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine Katkı Sağlamaya Doğru

E-mobilitenin önemi, BM tarafından 2015 yılında kabul edilen 17 küresel hedeften oluşan Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nde (SKH'ler), örneğin SKH 7'de (temiz enerji kullanımının teşvik edilmesi), SKH 11'de (şehirlerin enerjiyi sürdürülebilir bir şekilde kullanmalarına ve e-mobilitiyi kolaylaştırmak için kamusal şarj seçeneklerini entegre etmelerine yardımcı olmak) ve SKH 13'te (karbon emisyonlarının azaltılması) vurgulanmaktadır [18,19]. Ulaştırma sektörü, toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık dörtte birini oluşturmakta ve iklim değişikliğine en fazla katkıda bulunan sektörler arasında yer almaktadır [20]. Küresel ısınmayı sınırlamak için 1,5° C sanayi öncesi seviyelerin üzerinde, e-mobilite yatırımları bir milyardan fazla kişi için hayati önem taşımaktadır.

Bugün dünya genelinde yollarda binek otomobiller bulunmaktadır ve bu sayı 2040 yılına kadar iki katına çıkabilir [21]. Benzer şekilde, CE'nin çeşitli SKH'lerle önemli bağlantıları bulunmaktadır (Tablo 1) [22].

Tablo 1. E-mobilite sürdürülebilirliği ve CE ilkelerinin karşılaştırılması. Kaynak: Alman Federal Çevre Ajansı, 2020'den uyarlanmıştır. Tablo, solda, Alman Federal Çevre Ajansı (2020), 9 Principles for a Circular Economy, Dessau, Germany (s.8) [23] https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020_10_23_leitlinie_kreislaufwirtschaft_englisch_bf.pdf (15 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir). Sağ taraf yazarlar tarafından yeni oluşturulmuştur.

	E-Mobilite Sürdürülebilirlik İlkeleri	Döngüsel Ekonomi İlkeleri
Tanım	Elektrikli mobilite alanında devam eden çalışmalar Bileşenlerin ve enerji kullanımının kaynak verimliliği, ancak çekiş sistemlerinin (bataryalı elektrikli araçlar) daha basit olması nedeniyle İçten Yanmalı Motorlara göre birçok avantaja sahiptir. Dağıtım sistemlerindeki elektrik/enerji kaybını da en aza indirir.	Tanım: "Döngüsel ekonomi, BM'nin Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi 2030'un uygulanmasını teşvik eden ve gezegensel sınırlara saygı duyan, kaynakları verimli kullanan, sürdürülebilir bir yaşam ve yönetim biçiminin bir parçasıdır." (p.8).
Kapsam	Elektrik bir enerji kaynağı değil, daha ziyade bir vektördür. Bu nedenle, elektrikli mobilitede kullanılan elektrik üretiminin yanı sıra diğer bileşenlerin (şasi ve elektrikli bataryalar dahil) üretiminin de karbonsuzlaştırılması gerekmektedir.	Kapsam: "Döngüsel ekonomi kavramı sadece geleneksel atık yönetimini değil, malzeme ve ürün yaşam döngülerinin tüm aşamalarını kapsamaktadır. Hammadde, mal ve atıkların sınır ötesi akışları ve bunlarla ilişkili çevresel ve sosyal etkilerin yanı sıra mal stokları gibi uzun vadeli hususlar ve sonuç olarak ortaya çıkan atıklar da dahil olmak üzere küresel bir perspektiften bakılmalıdır. malzeme akışları." (p. 8)
Hedefler	Sera gazları ve kentsel hava kirleticileri açısından bataryalı elektrikli araçların kuyruk borusu emisyonları yoktur. Tekerlekten tekerleğe emisyonlardaki iyileştirmeler halen yasalaşmaktadır ve birincil kaynakların çıkarılması ve elektrik üretim kaynaklarındaki (ve dağıtımındaki) girdilere ve senaryolara bağlıdır. Kullanılmış araçların yanı sıra halen geliştirilmekte olan bileşenlerin (elektrikli çekiş bataryaları dahil) ikinci ömrü ve geri dönüşümü.	Hedefler: "Döngüsel ekonomi, ihtiyatlılık ilkesini izleyerek doğal kaynakların ve iklimin yanı sıra çevre ve insan sağlığının korunmasına yardımcı olur. Buna ek olarak, hammadde kaynaklarının güvence altına alınmasını amaçlar. Döngüsel ekonomi, birincil malzemelerden tasarruf ederek ve bunları ikincil malzemelerle ikame ederek malzemelerin ve ürünlerin yaşam döngüsü boyunca olumsuz etkileri ve atık üretimi ve atık yönetimini azaltmayı amaçlamaktadır." (p. 8).
Finansman	Elektrikli mobilite için bütünsel iş vakaları halen geliştirilmekte ve tartışılmaktadır. Şu anda çoğu, bir miktar kamu sübvansiyonu ile faaliyet göstermektedir. Kamu sağlığının (hava kirliliğinden kaçınma) ve ekolojik maliyetin içselleştirilmesi ve ayrıca akıllı şebekeler/dijitalleşme yan faydaları burada kritik öneme sahiptir.	Harcamaların ölçülmesi: "Döngüsel ekonomi tedbirleri için yapılan harcamalar, aynı işlevi yerine getiren aynı malzeme veya malların üretimi için dış sosyal ve çevresel maliyetler de dahil olmak üzere ilgili çevresel etkiye sahip birincil hammadde endüstrisinin harcamaları ile karşılaştırılmalıdır." (p.8) Malzeme döngüleri: "Döngüsel ekonomi, malzemelerin aynı veya daha yüksek değer döngülerinde yönetilmesini amaçlar, böylece birincil malzemeler uygun kalitede ikincil malzemelerle değiştirilebilir ve böylece birincil malzemeden tasarruf sağlanır.
Yeniden Kullanım	İkinci yaşam/yeniden kullanım, beşikten beşiğe tasarım ve geri dönüşüm elektrikli mobilite alanında hala çokça tartışılmakta ve çeşitli aktörler tarafından üzerinde çalışılmaktadır.	Bununla birlikte, hedeflere ve harcama kriterlerine ulaşmak için malzemelerin kademeli kullanımı ve nihai bertarafı da gereklidir." (p. 8) Önleme: "Döngüsel bir ekonomi için ürün tasarlamak, insanlar ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirmek için ürünlerin, bileşenlerinin ve malzemelerin işlevsel ve ekonomik değerini mümkün olduğunca uzun süre korumak anlamına gelir. Tasarım konseptleri, toplum içinde üretim ve tüketim biçimlerinin yeniden düzenlenmesini sürdürmelidir. Optimum tasarım, hedefe ulaşma ve gerekli harcamalar açısından değerlendirilmelidir." (p. 8).
Azaltma	İkinci yaşam/yeniden kullanım, beşikten beşiğe tasarım ve geri dönüşüm elektrikli mobilite alanında hala çokça tartışılmakta ve çeşitli aktörler tarafından üzerinde çalışılmaktadır. Elektrikli mobilite bileşenlerinin (elektrikli çekiş bataryaları dahil) ömrü akıllı ve sorumlu stratejilerle uzatılabilir/maksimuma çıkarılabilir.	

Tablo 1. Devam et.

E-Mobilité Sürdürülebilirlik İlkeleri		Döngüsel Ekonomi İlkeleri
Akıllı Tasarım	Elektrikli çekiş bataryalarının bileşenleri ve geri dönüşümünün yanı sıra güvenlik ve toksisite konularında bir dizi aktör tarafından çalışmalar devam etmektedir	Tasarım: "Döngüsel bir ekonomi için ürün tasarlamak, ürünlerin, bileşenlerinin ve malzemelerinin işlevsel ve ekonomik değerini mümkün olduğunca uzun süre korumak anlamına gelir. İnsanlar ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirmek için mümkün olan en iyi şekilde tasarlanmalıdır. Tasarım konseptleri, toplumdaki üretim ve tüketim biçimlerinin yeniden düzenlenmesini sürdürmelidir. Optimum tasarım, gerekli hedeflere (3) ve harcamalara (4) ulaşma açısından değerlendirilmelidir." (p. 8).
	Kirlilik potansiyeli	Kirleticiler: "Kamu yararı ve özellikle de insan sağlığı ve çevre üzerinde olumsuz etkisi olan maddeleri içeren ürünlerin piyasaya sürülmesinden kaçınılmalıdır. Bu tür maddeler ikame edilemiyorsa, ürünlerde zaten bulunuyorsa ya da zararlı oldukları sonradan tespit ediliyorsa, maddeler imha edilmeli ya da nihai lavabolarda güvenli bir şekilde saklanmalıdır. Alternatif olarak, hedefler ve harcamalar tartıldıktan sonra, zararlı maddelerin birikmesini önleyen güvenli döngülere de aktarılabilirler." (p. 8).
KSS	Elektrikli mobilité altyapılarında elektrikli çekiş bataryaları ve diğer iletken bileşenler için "nadir metaller" gibi kritik anahtar bileşenlerle ilgili olarak orijinal ekipman üreticileri ve onların kurumsal sosyal ve çevresel sorumlulukları için halen bir dizi aktör tarafından üzerinde çalışılan önemli konular bulunmaktadır.	Sorumluluk: "Döngüsel bir ekonomide, ürün yaşam döngülerindeki ve malzeme değer zincirlerindeki tüm oyuncular döngüsel ekonominin hedeflerine ulaşılması için sorumluluk taşır. Sorumluluğun başka türlü üstlenilmediği durumlarda, yasal gereklilikler uygulanmalıdır." (p. 8).

Bu makale, hem CE bağlamında hem de sürdürülebilir kentsel hareketlilik planlaması perspektifinde sosyal, ekonomik ve çevresel yönleri değerlendirerek Avrupa'da elektro hareketliliğin mevcut gelişiminin kapsamlı bir analizini sunmaktadır. Ayrıca mevcut zorlukları incelemekte ve elektro-mobilitenin çevresel performansını ve diğerlerinin yanı sıra CO₂ emisyonlarının ve gürültünün azaltılmasıyla kentsel yaşam kalitesini iyileştirmeye yönelik olarak bu zorlukları ele almanın yollarını önermektedir.

2. Yöntemler

Bu makale iki yöntemli bir yaklaşım kullanmaktadır. İlk olarak, e-mobilité alanındaki eğilimleri sürdürülebilirlik ve CE perspektifinden kapsamlı bir şekilde açıklamaktadır. İkinci olarak, derinlemesine bir literatür taraması yapılmakta ve ikincil verilerden yararlanılmaktadır. Çalışmada ayrıca, yakın zamanda başarıyla sonuçlanan iki AB Interreg projesi (Baltık Denizi Bölgesi (BSR) Elektrikli ve Şehir için Akıllı, Temiz Enerji ve Elektrikli Araçlar (SEEV4-Şehir)) için yapılan proje çalışmalarından/raporlarından da yararlanılmaktadır. Bu projelerin her ikisi de literatür ve politikaya ilişkin son teknoloji ürünü inceleme raporlarının yanı sıra, birden fazla Avrupa ülkesindeki bu projeler kapsamında pilot/yenilik/kullanım örneklerine dayalı çıktılar üretmiştir [24,25]. Literatür taramasında çok sayıda akademik ve sektörel veri tabanı (Web of Science, ScienceDirect, Google Scholar ve electrive.com) sorgulanmıştır. Kullanılan anahtar arama terimleri arasında "e-mobilité", "elektro-mobilité", "düşük emisyonlu araç tabanlı ulaşım", "Avrupa", "elektrikli araç", "sıfır emisyonlu araç", "döngüsel ekonomi" ve "elektro-mobilité hizmetleri" yer almıştır. Ulaşılan makale ve raporlar, konuyla ilgisi ve güncelliğine göre seçilmiştir. İçerikler temalar halinde düzenlenmiş, analiz edilmiş ve önceki çalışmalarda yapıldığı gibi sentezlenmiştir [26]. Elde edilen sonuçlar, konu hakkında daha fazla bilgi edinmek ve araştırılacak alt konuları geliştirmek için kullanılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Son teknoloji ürünü literatür taraması yoluyla çalışma için geliştirilen temalar.

Temalar	Veri Kaynağı	Yorumlama	İçgörüler
Avrupa'da e-mobiliteye genel bakış ve e-mobilité biçimleri	Kitaplar, dergi makaleleri, raporlar, kurumsal web siteleri	Açıklayıcı ve betimleyici	E-mobilité sayesinde karbon ve gürültü emisyonunun azaltılması. YE yoluyla dekarbonizasyon da gereklidir. E-bisikletler, e-otobüsler ve e-scooterlar kentsel alanlarda e-mobilitenin sağlanmasında rol oynamaktadır
Sürdürülebilirliği teşvik etmek (makaleler,)	(Kitaplar,) (dergi) raporlar	Açıklayıcı ve betimleyici	Hava kirliliğinin azalması ancak enerji tüketiminin artması; yeni istihdam yaratma olasılığı
CE'nin Bağlamı	Kitaplar, dergi makaleleri, raporlar, kurumsal web siteleri, düzenleyiciler	Açıklayıcı ve kavramsal	CE ilkeleri - malzemelerin korunması, yaşam döngülerinin uzatılması, mesafelerin azaltılması
Sürdürülebilir kentsel hareketlilik planlaması perspektifi/ilkeleri	Kitaplar, dergi makaleleri, raporlar, kurumsal web siteleri, haber makaleleri	Açıklayıcı ve kavramsal	Elektro-mobilité önemli bir konudur, ancak hiçbir şekilde dikkate alınması gereken tek perspektif değildir, diğer (ve mümkünse öncelik verilecek) ulaşım türlerinin yanında (aktif seyahat); modlar arası ulaşım, mekansal planlama ve sosyal ve kurumsal katılım/katılım ve işbirliği gibi önemlidir
E-mobilité çözümlerinin teşvik edilmesi	Kitaplar, dergi makaleleri, raporlar, web siteleri	Açıklayıcı ve analitik	Trend analizi ile farklı e-mobilité çözümleri

BSR Electric ve SEEV4-City EU Interreg projelerinde kullanılan yöntemler, sistematik son teknoloji literatür taramaları, paydaş haritaları, politika uzmanı ve sektör anketleri, ortak çalıştaylar ve web seminerleri, örneklenen kilit aktörlerle derinlemesine görüşmelerden oluşan temel çıktılar (çıktılar) açısından burada da kullanılmaktadır, e-mobilité, mevzuat ve kamu politikaları, analistlerin ve profesyonel/sektörel gazetecilerin kurumsal davranışlar, stratejiler ve faaliyetler hakkındaki açıklamaları ve bu kuruluşların/sektör oyuncularının web sitelerinde kamuya açık olan açıklamalarının içerik ve söylem analizi.

3. Analiz ve Literatür Taramasından Elde Edilen Sonuçlar

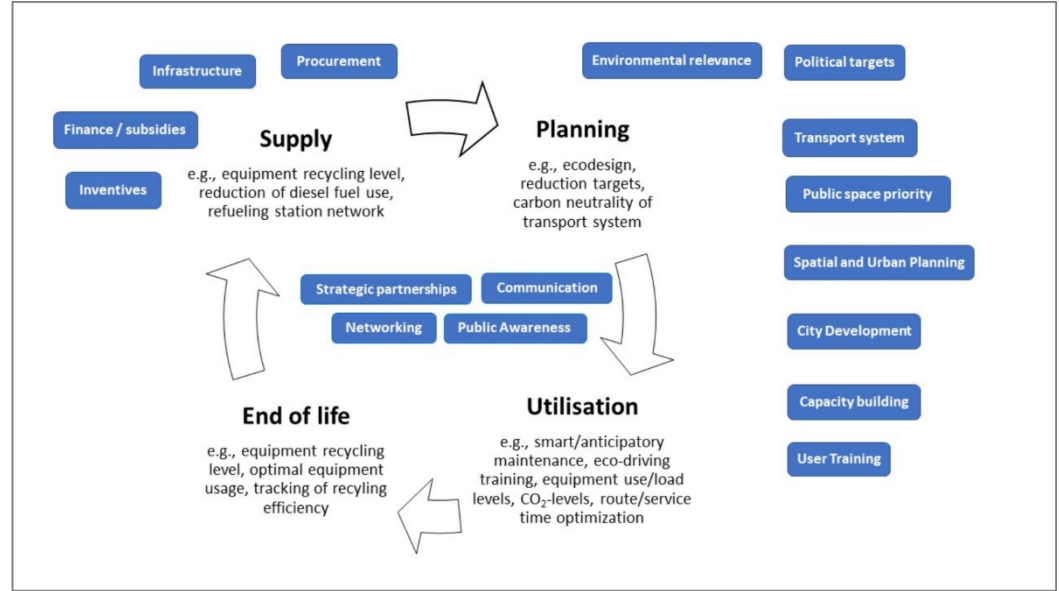
3.1. E-Mobilité Biçimleri-Sürdürülebilir (Kentsel) Ulaşım için Daha Bütünsel Bir Mercek

Şehirler, kırsal hinterlandları da dahil olmak üzere, karbonsuzlaştırma için bütünsel hedeflere sahiptir ve ulaşımın karbonsuzlaştırılması ana hedeflerden biridir. Şehrin yapısına bağlı olarak, bu sadece karayolu yüzeyiyle ilgili olabilir, ancak çoğunda farklı şekillerde hafif raylı sistemle de ilgilidir. Çoğu şehirde bu aynı zamanda kentsel ve depo lojistiği ile de ilgilidir. Bazı şehirlerde ise iç su yollarını da içermekte ya da iç veya deniz limanlarıyla ilgili olmaktadır. Tüm bu boyutlar için, hem araç (veya gemi) türleri hem de bunların enerji/güç kaynağı karbonsuzlaştırma için önemlidir. Elektrikli otomobiller ve kamyonetler, e-otobüsler [27,28], e-bisikletler ve pedelec'ler [29-32], e-scooterlar [33], elektrikli motosikletler, elektrikli tramvaylar, e-feribotlar ve e-lojistik (forkliftler gibi) [34,35] dahil olmak üzere düşük emisyonlu araçlar, sürdürülebilir ulaşım ve iklim stratejileri olarak giderek daha fazla uygulanmaktadır.

Çoğunlukla, miktar ve kolektif etki nedeniyle hala elektrikli arabalara (ve minibüslere) ve toplu taşımaya odaklanılmaktadır. Bununla birlikte, özellikle özel e-arabalar, ikinci ev aracı olarak hizmet vererek yalnızca kısmen İYM araçlarının yerini aldıklarında ve dolayısıyla trafik sıkışıklığını azaltmadıklarında, mobilité ve çevre sorunlarına tam bir cevap değildir [36]. "Sıfır emisyonlu araçlar" kavramı büyük ölçüde bir pazarlama çerçevesidir, çünkü sadece tam BEV'ler için geçerlidir, Hibrit Elektrikli Araçlar (HEV'ler) için değil [37].

Ticari şehir lojistiği alanını daha fazla ele almak için BSR Electric projesi (Şekil 1), bir dizi aktör için bir dizi uygulamalı kontrol listesi, yani bir dizi e-mobilité çözümünde karar vermeyi ve ilgili yatırımları kolaylaştıracak bir araç, örneğin elektrikli kamyonetlerin ve e-lojistiğin alımını desteklemek için işbirliği içinde geliştirmiştir [33,38]. E-otobüsler son yıllarda şehirlerde büyük bir artış göstermiştir (diğer ultra düşük karbon teknolojilerinin yanı sıra

hidrojen gibi otobüslere yakıt sağlamak için). Bu durum, Hamburg (Almanya) ve Tartu'daki (Estonya) e-otobüslere ilişkin BSR Electric kullanım örneğinde yansıtılmaktadır. BSR Electric projesi, özellikle otobüs filolarının sürdürülebilir dönüşümünü hızlandırmak isteyen belediyeler ve toplu taşıma sağlayıcıları için bir kontrol listesi geliştirmiştir. Kontrol listeleri CE kavramına, temel boyutlarına veya karar verme sürecinde dikkate alınması önerilen konulara açıkça atıfta bulunulmama da döngüsel yaklaşımı desteklemektedir (bkz. Şekil 1).



Şekil 1. Ulaşım sistemlerinin dönüşümünü kolaylaştırmak için eylem kontrol listelerinin değeri. Not: Mavi kutular, BSR elektrik projesinin kendine özgü eylem kontrol listelerinde belirlediği ve vurguladığı önerilen konuları göstermektedir; yalnızca geri dönüşümün 'Kullanım Ömrü Sonu' aşaması çeşitli proje kullanım durumlarında (e-vanlar, e-otobüsler, e-bisikletler, e-scooterlar, e-feribotlar) açıkça ele alınmamıştır. Kaynak: Yazarlar.

E-bisikletler de birçok şehirde giderek artan bir şekilde hareketlilik konseptlerinin bir parçası haline gelmektedir, çünkü e-bisikletler şehir içinde daha uzun rotalar için kullanılabilir ve olumlu sağlık ve çevresel etkileri nedeniyle giderek otomobil kullanımının yerini almaktadır [28-36]. Bu yaklaşım, Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planlaması (SUMP) gündeminin aktif seyahate öncelik verme ve özellikle özel motorlu taşımacılığı azaltma veya ikame etme (sosyal ihtiyaçlar temelinde) ilkeleriyle bağlantılıdır, ancak e-kargo bisikletleri de (özellikle son mil için) motorlu ticari karayolu lojistiğinin yerini almak için kullanılmıştır [39]. Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planının geliştirilmesi ve uygulanmasına yönelik kılavuzların 2019 güncellemesinden bu yana, bazı ilgili (güncellenmiş ve yeni) konu kılavuzları ve uygulayıcı brifingleri ile birlikte elektrifikasyon gündemiyle birlikte, toplu taşıma ve paylaşımlı ulaşım da SUMP gündemi tarafından özel ulaşım tercih edilmektedir [40]. Bununla birlikte, şu ana kadar mevcut olan tüm SUMP kılavuzlarında eksik olan şey, bu elektrifikasyon gündemini desteklemek için YE kaynaklı şarj altyapısına açık ve ayrıntılı bir odaklanmadır [25]. Aynı şekilde, CE ilkelerine de açıkça odaklanılmadığı görülmektedir. Genel olarak, SUMP stratejileri veya benzer yaklaşımlar, iş, eğlence, ekonomi ve sosyal yaşamlar için hem çevresel hem de sosyal açıdan daha sürdürülebilir bir mobilite ortamı için şehirlerde bir dizi kamusal olarak organize edilmiş mobilite hizmetine ihtiyaç olduğunu teşhis etmektedir [41]. Paylaşılan e-mobilite (araba paylaşımı ve araba kulüpleri), Bilgi ve İletişim Teknolojisi (ICT) ve optimize edilmiş sistem dağıtım sorunlarının yanı sıra bir dizi sosyoekonomik ve davranışsal koşul altında potansiyel olarak yavaş yavaş genişlemektedir [42].

E-scooterlar, e-bisikletler ve e-motosikletler çoğunlukla hafiftir ve bu nedenle enerji verimlidir ve bataryaları çok fazla menzile kaybetmeden küçük olabilir ve akıllı şarj istasyonları da dahil olmak üzere yedek ve uygun maliyetli şarj ekipmanlarına izin verir [43]. Apostolou ve diğerlerine göre [44], Hollandalı güneş enerjili e-bisikletlerin önde gelen hedef grubu, 40-60 yaş grubundaki işe gidip gelenlerdir ve işe gidip gelme mesafeleri daha uzundur.

6 km'den daha uzun bir mesafe ve € 2500 adresinden daha yüksek bir brüt gelir. Güneş enerjisiyle çalışan e-bisikletlerin, bazı geleneksel ulaşım araçlarının yerini alarak sürdürülebilir bir kentsel ulaşım yöntemi olarak hizmet verebileceği sonucuna varmışlardır. E-bisikletler (hem yolcular hem de aileler için bisikletler) için BSR Electric projesi, bir dizi uygulayıcı yerel düzey aktör için işbirliği içinde bir eylem kontrol listesi hazırlamıştır [45]. Ancak, e-scooter kullanıcıları hangi yollara girmelerine izin verildiğini kontrol etmek zorunda kalmaktadır, çünkü genel bisiklet şeritleri için çok hızlıdır, ancak arabalarla birleştiklerinde trafik tehlikesi yaratırlar. Çoğu e-scooter'ın açıkça tanımlanmış bir yasal statüsü yoktur [33].

3.2. Elektrikli Taşıma Araçları

Norveç'te tamamen elektrikli araba feribotu Ampere 2015 yılında faaliyete geçmiştir [46]. E-tekneler geleneksel dizel feribotlara kıyasla çok daha düşük yakıt maliyetlerine sahiptir ve bu sayede karbon emisyonlarının azaltılmasında önemli bir etkiye sahiptir [34]. İsveç ve Danimarka'yı birbirine bağlayan iki feribot (Helsingborg'dan Helsingör'e) 2017 yılında tamamen elektrikli hale geçmiştir [47]. Çok daha küçük ölçekte benzer bir geçiş, 2019 yılında Fransız tatil kasabası Cap-breton'da tamamen geri dönüştürülebilir bir alüminyum gövde ile uygulanmıştır [48]. BSR Electric projesi yakın zamanda işbirliği içinde e-feribotlar için bir eylem kontrol listesi hazırladı; bu listeden su yolu zengini diğer şehirler de (feribotlarını elektrikli hale getirme yolunda ilerleyen Oslo ve Amsterdam gibi) faydalanabilir [49].

Elektrikli araçların ICE'lere kıyasla edinim ve işletme maliyetlerini düşürmeye yönelik geçiş dönemi piyasa müdahalelerine, e-mobilitenin karşılaştığı teknik ve altyapısal sınırlamalar, tüketici farkındalığı, içeriğe ve bakış açısına bağlı ekolojik ve ekonomik fayda-maliyet sorunları gibi zorlukların üstesinden gelme çabaları eşlik etmelidir [50-53]. Diğer zorluklar ise otomotiv ve ICT/mobilite hizmetleri endüstrisi arasındaki etkileşim, hızlı şarj sistemleri, elektrik, bina ve RE altyapılarının mevcudiyeti, tüketicilerin güvensizliği ve davranış değişikliği ve adaptasyon için (istekli) olmamaları, düzenleyici ve gelişmekte olan vergilendirme, merkezi olmayan enerjinin yerel ticareti ve batarya kapasitesi, bozulma, yaşam döngüsü ve çevresel yüklerdir - ikinci yaşam uygulamaları ve elektrikli araç bataryalarındaki temel unsurların yeniden ele geçirilmesi ile önemli ölçüde hafifletilmediği sürece.

Kentsel alanlarda e-mobilite çözümlerini teşvik etmek için bilgi aktarımı ve elektrikli araçların avantajları ve süreci hakkında farkındalık yaratma, tercihli muameleler ve teşvikler gibi sosyal koşullar çok önemlidir. Değişen sosyal normlar ve kurumsal davranışlar (filolar etrafında ve iş tarafından sağlanan araçlarla) ve hareketlilik tarzları ve yetkilerinin çerçeveleri, dijitalleştirilmiş, enerji verimli, bağlantılı ve sosyal olarak yaşanabilir şehirler bağlamında ulaşım, arazi kullanımı ve enerji planlaması arasında güçlendirici bir ilişki ile teşvik edilmeli ve düzenlenmelidir [54,55].

Nykvist ve Nillson [56] (2015), Stockholm'un o dönemde BEV alımına yönelik inovasyonda lider olmadığını, bunun da plug-in HEV'leri tercih eden bir rejim içinde BEV deneyimlerini sınırlayan nişlerin eksikliği ve bilişsel ve normatif engeller nedeniyle olduğunu bildirmiştir. BEV'e yönelik sınırlı destek, teknoloji kazananlarını seçme ve geçmiş politika hatalarını tekrarlama konusundaki endişeyle ilişkilendirilmiştir. Van der Hoed ve diğerleri [57] elektrikli mobilite, YE ve Akıllı Şarj ve Araçtan Her Şeye (V2X) teknolojilerinin entegrasyonundan çıkarılan dersleri derleyerek, V2X kurulumlarının mevcut ancak henüz kolayca uyumlu olmayan bileşenleri bir araya getirerek özel olarak yapılması gerektiği, V2X pazarını tanımanın işe yaradığı ve evrensel bir V2X iş modeli olmadığı sonucuna varmıştır. Kester ve diğerleri [58] İskandinav şehirleri arasında elektrikli araç teşvikleri ve politika mekanizmalarının arkasındaki mantık ve argümanları karşılaştırmıştır. En yüksek teşvikler olarak maliyet azaltma mekanizmaları (özellikle vergi muafiyetleri), kamu ve konut şarjı için altyapı desteği, tüketici farkındalığı, satın alma programları ve çevre bölgeleri algılanmıştır. Bu mekanizmaların yararları ve zararları ülkeye, ulaşım segmentine, geçiş aşamasına ve pazar payına göre değişmektedir. Çalışma, "güçlü ve istikrarlı ulusal hedefler ve fiyat teşvikleri ile birlikte ikincil faydaları uygulamak için yerel esnekliği ve elektrikli araçların uygulanmasını ilerletmek için farkındalık kampanyalarına daha fazla önem verilmesini" savunmaktadır. Kotilainen ve diğerleri [59] (2019) (karayolu) ulaşım sektörü için ortak karbonsuzlaştırma hedefleri olan İskandinav ülkelerine odaklanmıştır,

iç içe geçmiş elektrik enerjisi sistemleri ve büyük ölçüde düşük karbonlu enerji üretimine dayalı ortak bir elektrik piyasası. Ulusal sosyo-teknik sistemleri ve rejimleri şekillendirerek geçişi kısıtlayabilecek ya da mümkün kılacak teknolojik, kurumsal ve davranışsal mekanizmaları tespit etmişlerdir. Yerleşik endüstriler, kurumsal karşılıklı bağımlılıklara kilitlenme yoluyla politika tercihlerini şekillendirebilir. Sosyal ve maddi özelliklerin ve aktörlerin çıkarlarının birikmesi rejim düzeyinde atalet neden olabilir, ancak teknolojik kilitlenme, teknolojik olarak birbiriyle ilişkili rüzgar enerjisi projelerinden öğrenme etkileri ve elektrikli araç şarjını destekleyen binalardaki mevcut altyapı yoluyla elektrikli araçlara fayda sağlayabilir. Kester ve arkadaşları [60] İskandinav bölgesindeki elektrikli mobilite uzmanlarıyla yaptıkları bir dizi görüşmeden yola çıkarak Araçtan Şebekeye (V2G) konusunun özel ulaşım, elektrik ve elektrikli araç uzmanları arasında hala bilinmediğini öne sürmektedir. Belirlenen engeller arasında esnek depolama piyasaları ve altyapı sahalarını ve elektrik dağıtım şirketlerini şarj eden toplayıcıların rolü yer almaktadır. Öneriler yeni/revize edilmiş düzenlemeler, vergiler, pilot projeler, planlama ve iletişimden oluşmaktadır.

Dolayısıyla, (yenilenebilir enerji ile şarj edilen) elektrikli araçlar çevre dostu bir kentsel mobilite alternatifi sunmaktadır, ancak şu anda, nispeten yüksek satın alma maliyetleri ve şarj altyapısı (örneğin, erişime bağlı olarak elektrikli araç şarjı için gerçek maliyetler) nedeniyle büyük ölçekli bir alım hala zayıflamaktadır. Örneğin İsveç'te araç maliyeti, menzili ve altyapı gelişimi, elektrikli araçların tüketici tarafından kabul edilmesini engellemektedir [61]. EA teslimatındaki gecikmeler ve çoğu EA'nın sınırlı sürüş menzili (yaklaşık 100-150 mil), uzun yolculuklarda daha yüksek göreceli maliyetlere neden olabilir (s. 116). Şarj altyapısı hala sınırlıdır. Hollanda ve Danimarka'da 4-8 elektrikli araç başına yaklaşık 1 şarj cihazı düşerken, Norveç'te bu oran 20 elektrikli araç başına 1 şarj cihazı ile 10 elektrikli araç başına 1 şarj cihazı olan küresel ortalamanın çok altındadır [61] (s. 40). Danimarka hükümeti politikacıları şu anda sıfır karbon bölgeleri uygulamak için planlama yasasını revize ediyor, böylece şehirlerdeki her yerel plan, gelecekteki planlama tekliflerinde şarj altyapısını gerektiriyor veya dikkate alması gerekiyor. Transport & Environment'ın (T&E) (2020) raporu ve AB genelinde 2030'a kadar mevcut on yıl boyunca gerekli elektrikli araç şarj altyapısına ilişkin tavsiyeleri, "T&E'nin tedarik ölçütü, her şarj noktasını bir tane olarak saymak yerine, şarj noktalarını elektrikli araç filosuna ne kadar enerji sağlayabileceklerine ve halka ne kadar açık olduklarına göre tartmayı önermektedir. Bu metrik, 2025 ve 2030 yılları için her ülke için AB kamu şarj altyapısı dağıtım hedeflerini belirlemek için kullanılmalıdır; bu da 2025 yılında AB çapında 1,3 milyon kamu şarj noktasına ve 2030 yılında 3 milyona yakın kamu şarj noktasına karşılık gelmektedir" [62] (s. 3). Ayrıca akıllı şarj sistemlerinin, esnek elektrik fiyatlandırmasına uyum sağlayan şarj seansı izleme ve kontrol yapıları sayesinde şarj etkinliklerini elektrik üretimiyle uyumlu hale getirebildiğini belirtmektedir. Kamuya açık şarj sistemleri asgari olarak "akıllı ölçüm sistemine" sahip olmalıdır (s. 4). Taksiler, uzun hizmet süreleri ve kısa geri dönüş süreleri nedeniyle özel talepleri ile elektrifikasyon için hedeflenen (ve Amsterdam gibi bazı şehirlerde tamamen elektrikli olması hedeflenen) önemli bir segmenttir [63]. Yavaş şarj istasyonları en çok Avrupa şehirlerinde yaygındır, ancak hızlı şarj istasyonlarının sayısı artmaktadır. Çok sayıda elektrikli aracın hızlı şarj edilmesi nedeniyle yerel elektrik talebi, ulusal elektrik şebekesi üzerinde önemli bir yük oluşturacak ve çevresel etkiyi önlemek için YE üretiminde önemli artışlara ihtiyaç duyulacaktır. Bu zorlukların ele alınması, e-mobilitenin hem daha derin sürdürülebilirlik hem de CE bağlamında yeniden çerçevelendirilmesini gerektirmektedir.

SEEV4-CITY AB Interreg projesi tarafından ortaya konan politika önerileri, proje ortakları Polis ve Avere'nin akademik araştırmacıların yanı sıra kilit profesyonel ve endüstri ağı/platformu organizasyonu olarak, bunu ilerletmek için önerilen bir dizi yol geliştirmiştir [64] ve daha geniş bir Avrupa (AB ve Birleşik Krallık) yol haritası için öneriler de şu anda daha fazla tasarlanmaktadır (Tablo 3) [25]. Van Bergen ve arkadaşları bir dizi pilot enerji hizmeti türünü gözlemlemiş ve kullanım durumlarının türlerinin yükseltilmesini önermiştir [65]. Bunlar aynı zamanda farklı karmaşıklık ve enerji hizmetleri için araç türlerine (tercih edilen stratejilere ve katılımcı yerel aktörlerin araçtan binaya veya binadan araca ilgi alanlarına bağlı olarak) yönelik birkaç büyük ve küçük operasyonel pilot için iş modellerinin anlaşılması ve daha da geliştirilmesinden (gelecek için de dahil olmak üzere) elde edilen öğrenmelere dayanmaktadır.

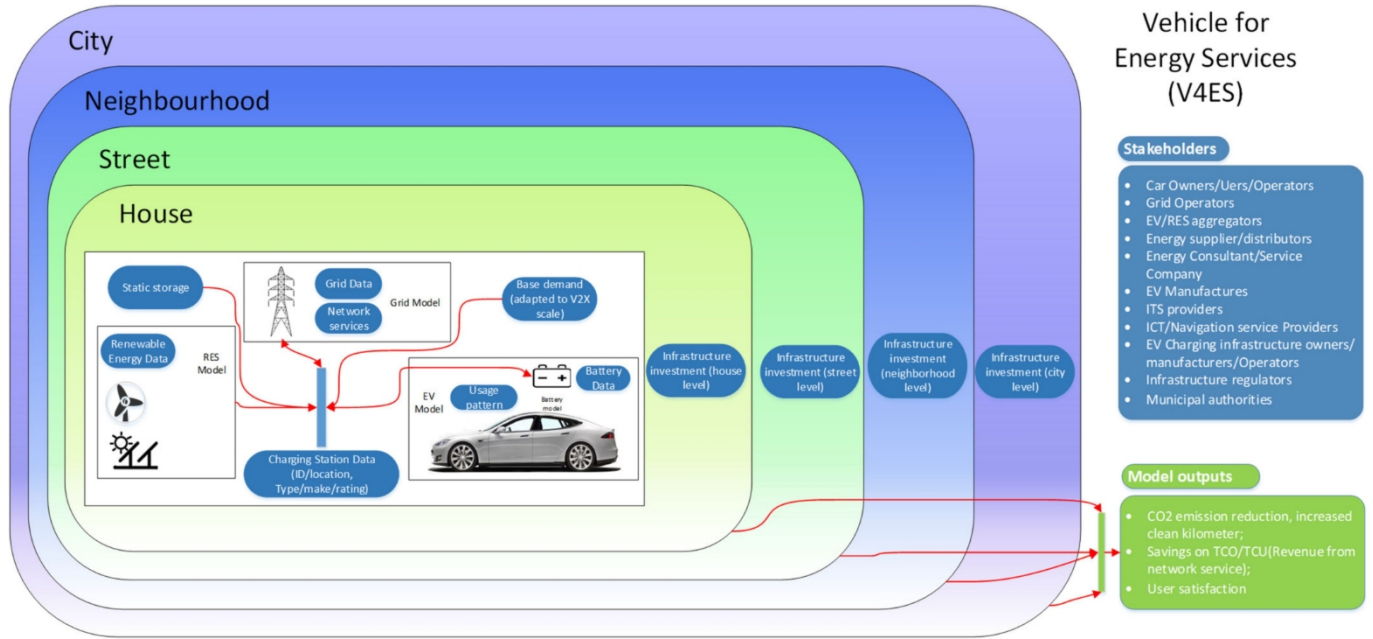
araçtan şebekeye ve şu anda veya yakın gelecekte Araçtan Şebekeye özelliklerine akıllı şarjın farklı ayarları) (Şekil 2).

Tablo 3. AB/ulusal düzeyde (sağda) ve yerel/bölgesel düzeyde (solda) politika yapıcılar için seçilmiş SEEV4-City tavsiyeleri [25].

SEEV4-Kent Proje Politikası-Öneriler	
SUMP'lar, Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planları (SECAP'lar) ve Sürdürülebilir Enerji Eylem Planları (SEAP'lar) dahil olmak üzere mevcut enerji ve hareketlilik faaliyetlerinin ve planlarının/planlamalarının uyumlaştırılması.	Tam kapsamlı, uzun vadeli, çevik ve entegre stratejik planlama yerel/bölgesel yol haritaları ile uyum ve şarj noktası operatörleri (CPO'lar) ve dağıtım sistemleri de dahil olmak üzere kamu ve özel aktörler arasında disiplinli arası ve kurumlar arası/kuruluşlar arası işbirliğine dayalı operatörleri (DSO'lar)
Akıllı şarj ve Araç-Şebeke-Entegrasyonunun iklim koruma, ulaşım ve enerji dönüşümü potansiyelini tam olarak etkinleştirmek için Avrupa Yeşil Anlaşması, özellikle de Akıllı Sektör Entegrasyonu Stratejisi ve Sürdürülebilir ve Akıllı Mobilite Stratejisi aracılığıyla açık bir siyasi taahhüt ve açık bir düzenleyici çerçeve oluşturulması.	Silolar halinde çalışmaktan kaçının. Bunun yerine, Yerel ve Bölgesel Yönetimler (LRA'lar), belediyeler bünyesinde departmanlar arası ve kesişen görev güçleri oluşturmayı düşünmeli ve hem dikey hem de yatay uyum ve değişim sağlamalıdır. Bu yaklaşım aynı zamanda sürecin sadece siyasi veya iş odaklı hale gelme tehlikesini azaltmak için daha uyumlu bir yaklaşıma izin vermelidir
Mevcut engellerin kaldırılması (örneğin, Temiz Enerji Paketinin etkin bir şekilde uygulanması yoluyla) ve akıllı şarj altyapısı ve V2G çözümleri gibi esnek elektrik yüklerinin yanı sıra esnek tarife yapılarının AB genelinde/AB Üye Devletleri, Avrupa Serbest Ticaret Birliği (EFTA) ve Birleşik Krallık'ta tam piyasa katılımına izin verilmesi.	Tüm tedarik zinciri boyunca özel ve kamu paydaşları arasında yakın işbirliği, yani: enerji sağlayıcıları, şarj çözümü sağlayıcıları, tüketiciler, kamu yetkilileri (esas olarak yukarıda belirtilen kesişen görev güçleri). Bu yaklaşım, sürecin sadece siyasi veya ticari güdümlü olma tehlikesini azaltmaya yardımcı olacaktır.
AB'nin Alternatif Yakıtlar Altyapı Direktifi'nin (AFID) revizyonunu, akıllı şarj ve V2G'ye hazır teknolojilerin kamuda yaygınlaştırılmasını (uygulanabildiği yerlerde) desteklemek için kullanın, yarı kamusal ve özel altyapılar.	"Herkese uyan tek beden" yaklaşımı yerine yerel koşullara uygulanabilir stratejiler geliştirin.
Paydaşlara yeterince uzun bir süreyi kapsayan bir yol haritası sunarak uygun yatırımların yapılması ve finansal getirilerin kesinliği de dahil olmak üzere buna göre hazırlanmalarını ve uyum sağlamalarını sağlamak. Entegre Enerji Yönetim Sistemleri, akıllı şarj ve V2X yaklaşımları planların ayrılmaz bir parçası haline gelmeli ve geleceğe dönük planlama yapılmasını sağlamalıdır.	Kamusal şarj altyapılarının yaygınlaştırılmasında akıllı şarj ve V2G çözümlerinin teşvik edilmesi ve (mümkün olduğunda) imtiyaz verilmesi ve/veya devlet yardımının bir gereklilik olarak satın alma.
Enerji, mobilite ve dijital sektörlerin entegrasyonunu teşvik ederek enerji sisteminin bir bütün olarak optimize edilmesini sağlamak.	Yeşil teşviklere park yeri, ortak şarj istasyonları vb. gibi altyapıların eşlik etmesi gerekmektedir. Sadece satın alınabilirliği değil aynı zamanda tüketici rahatlığını da göz önünde bulundurmak önemlidir.
Büyük oranda yenilenebilir enerji ve elektrikli araç içeren enerji sistemini akıllıca yönetmek için talep tarafı esnekliğini artırmak. Bu, şebeke iyileştirmeleri (merkezi ve yerel) de dahil olmak üzere genel maliyetleri azaltacaktır.	Planlamacılar, yerel yönetim yöneticileri, danışmanlar ve teknoloji uzmanları arasında enerji ve ulaştırma kesişimi için daha entegre bir beceri seti geliştirmek.

Ele alınması gereken kritik alanlardan biri hem odaklı hem de kamusal iletişimdir. BSR Electric projesi bunu belediyeler, politikacılar, şirketler ve kuruluşlar için temaya özel öneriler geliştirerek yapmıştır. Pilot faaliyetlerden elde edilen bulgulara dayanarak, proje ortakları bilinçli karar vermeyi desteklemek amacıyla hedef grup için uygulamalı rehberlik oluşturmuştur [25]. BSR Electric projesi ayrıca, kamu ve özel kuruluşlardaki yerel/bölgesel karar vericilerin yanı sıra Baltık Denizi Bölgesi ve ötesindeki kentsel ulaşım aktörleri ve şu anda bu alanda çalışan ve geleceğin karar vericileri olacak kişiler için interaktif ve açık erişilebilir bir çevrimiçi öğrenme modülü geliştirmiştir. Tüm bulgular, BSR Electric projesinin tüm iş paketlerindeki sonuçlarını özetleyen ve özellikle kentsel ulaşım planlamacıları, belediye ve bölgesel karar vericiler ve devlet memurları, yöneticiler olmak üzere genel ve konuya özel hedef gruplara yönelik interaktif bir Kentsel E-Mobilite için Baltık Denizi Bölgesi Yol Haritası'nda birleştirilmiştir.

Baltık Denizi Bölgesi'ndeki şehirlerde bulunan şehir şirketlerinin ve toplu taşıma sağlayıcılarının yanı sıra araştırmacılar (Şekil 3).



Şekil 2. Enerji hizmetleri için elektrikli araçlar. Enerji hizmetleri için elektrikli araçlar. Kaynak: Edward Bentley, Richard Kotter, Ghanim Putrus, Yue Wang, Ridoy Das, Geoff O'Brien (SEEV4-City AB Kuzey Denizi Bölgesi Interreg projesi).



Şekil 3. BSR elektrikli yol haritası. Sürdürülebilir kentsel ulaşım çözümleri konusunda interaktif rehberlik sunan BSR elektrikli yol haritası. Kaynak: <https://www.bsr-electric.eu/results> (5 Temmuz 2021 tarihinde erişilmiştir).

Yol Haritası iç içe geçmiş 4 katmanlı bir yaklaşım kullanmaktadır. Dört farklı format, bilgi derinlikleri ve içerikleri bakımından farklılık göstermekte ve böylece bilgi derinliklerine göre sıralanan belirli hedef grupların bilgi ihtiyaçlarını karşılamaktadır:

- Artırılmış gerçeklik statik 3D modeli
- Katlanır harita
- Web sitesi özelliği (interaktif harita, yukarıdaki resme bakın)

- Yol haritası raporu: Tek sayfa görünümü veya çift sayfa görünümü.

4. Tartışma

4.1. Elektro-Mobilitenin Sosyoekonomik ve Çevresel Yönleri

Literatür, ulaştırma sektörünün çeşitli müdahalelere rağmen artan sera gazı emisyonlarıyla boğuştuğunu ve bunun büyük ölçüde özel ve toplu taşıma için fosil yakıtlara bağımlılıktan kaynaklandığını ve kirlilik, gürültü ve iklim değişikliği gibi önemli çevresel etkileri olduğunu göstermektedir [8,66,67]. Elektrikli araçların geniş ölçekte benimsenmesi sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltabileceğinden, hava kalitesini artırarak, tehlikeli emisyonları azaltarak ve gürültü rahatsızlığını hafifleterek şehirlerde daha sürdürülebilir ve daha sağlıklı ortamlar sağlayabileceğinden, İYM araçlardan e-mobiliteye geçiş gereklidir [68,69]. Emisyonların başarılı bir şekilde azaltılması büyük ölçüde elektrikli araçlarda kullanılan elektriğin kaynağına ve türüne bağlıdır. Elektrikli araçların önemli ölçüde yaygınlaşması elektrik tüketiminin artmasına yol açacağından, elektrik üretiminin karbondan arındırılması konusunda ilerleme kaydedilmelidir [69,70].

E-mobilité, enerji üretimine yatırım yaparak enerji güvenliğini de artırabilir [70]. Almanya ve diğer ülkelerde elektrikli araçları şarj etmek için yenilenebilir enerji nükleer enerjiye tercih edilmektedir; Fransa ve Finlandiya'nın birçok bölgesinde elektrik talebini çoğunlukla nükleer enerji karşılamaktadır. Bununla birlikte, Fransa'da, özellikle güneş ve rüzgar olmak üzere YE kaynaklarının (YEK) elektrik karışımındaki payı artmaktadır [71]. Dağıtılmış YEK, elektrikli araçların (özellikle BEV) kullanımındaki büyük artış gibi yerel elektrik şebekeleri için bir sorun teşkil edebilir. Bu inovasyon eğilimlerinin uyumlaştırılması, elektrikli araçların şarj sürelerinin yerel YEK üretimiyle eşleştirilmesi halinde ortak faydalar üreterek etkileri hafifletebilir. Codani ve diğerlerinin [72] 2020 yılına kadar bu stratejinin uygulanmasına ilişkin analizi, Fransa'daki çeşitli yerel enerji karışımlarını ve bunların mevsimsel bağımlılıklarını dikkate almaktadır. Bu, akıllı şarj stratejisi olan ve olmayan her mevsim ve bölgeye göre elektrikli araç filosu için "ulaşılabilir yeşil şarj oranını" ortaya koymaktadır. Danimarka'da ve başka yerlerde, e-mobilité için rüzgârla üretilen elektriğin kullanımına giderek daha fazla odaklanılmaktadır [73]. Bazı ülkeler için, YE üretimindeki gelecekteki artışlar, elektrikli araçların artan talebini karşılamak için yetersiz kalabilir ve yüksek yük artışları nedeniyle elektrik şebekelerinde istikrar sorunları beklenmektedir. Artan enerji talebini karşılamak, mevcut olanları genişletmek de dahil olmak üzere YE çözümlerini takip etmek zorunda kalabilecek elektrik şirketleri için ciddi zorluklar oluşturmaktadır. Akıllı şarj ve çift yönlü şarj, gelecekteki çeşitli enerji sistemi senaryolarına göre bu zorlukları önemli ölçüde hafifletebilir [74]. Buna Plug-in Hibrit Elektrikli Araçlar (PHEV'ler) da dahil edilebilir, ancak ortalama olarak BEV'lerden elde edilecek faydalar daha yüksek olacaktır. Şebeke dengeleme, pik tıraşlama ve şebeke için enerji hizmetleri (örneğin kapalı otoparklarda) gerçekleştirebilen genişleyen bir sabit enerji depolama alanı (ikinci ömürlü otomotiv bataryaları dahil) da bulunmaktadır. Elektrikli araçların kullanılması ve çeşitli altyapıların (ulaşım, lojistik, ICT) doğrudan bağlanması da elektrik sistemlerinin esnekliğini artırmaktadır [75-77].

E-mobilité, yeni konseptler ve teknolojiler kullanarak otomotiv ve ICT sektörlerindeki pazar yeniliklerini desteklemektedir. Enerji sağlayıcıları ve hizmet şirketleri, yerleşik bataryalar, elektrik motorları ve diğer ilgili aksesuarlara yönelik artan talebin yarattığı yeni işlerle bu değişimden potansiyel olarak faydalanmaktadır [78,79]. Bununla birlikte, yeni kayıtlarda artış eğilimi olsa da, elektrikli araçların pazara yayılması şu anda düşük kalmaktadır. AB'de 2015 yılında satın alınan araçların %2'sinden azının elektrikli olması, elektrikli araçların faydalarının genel olarak anlaşılmamasına bağlı olarak hala düşük bir popülerliğe sahip olduğunu göstermektedir [71,80]. Fosil yakıtlı konvansiyonel araçların sahip olduğu sosyal kabul düzeyi ve bu araçların tasarım ve işletimindeki (yakıt verimliliğindeki artışlar da dahil olmak üzere) sürekli teknolojik ilerlemeler, ulaşım sektöründeki hakimiyetlerinin devam etmesinin başlıca nedenleridir. Çoğu Orijinal Ekipman Üreticisinin (OEM) dizel modellerinin manipüle edilmiş test sonuçlarına ilişkin son skandallar, hükümetler ve düzenleyiciler tarafından emisyonları nispeten azaltmak, yakıt verimliliğini artırmak ve yakıt maliyetlerini düşürmek için Avrupa'ya özgü bir strateji olan ve ABD veya Japonya'da pek benimsenmeyen bu segmenti vurmuştur. Avrupa ve ABD'deki dizel skandallarından önce bile, dizele geçişten kaynaklanan sera gazı emisyonlarındaki azalma (belki de önemli ölçüde) sadece 1/10 oranında abartılmıştı,

"Öte yandan bu küçük tasarruflar, tedarik zinciri CO₂ emisyonlarındaki önemli artış ve partikül filtresi olmayan dizel araçların yoğun siyah karbon emisyonları ile fazlasıyla telafi edilmektedir" [81]. Avrupa'daki dizel otomobil patlamasının belirtilen sera gazı emisyonları müdahale hedefine sahip olmadığı ve "dizel otomobillerin toksik NO_x emisyonlarının resmi olarak açıklanan verilerde 20 kata kadar düşük tahmin edildiği" sonucuna varmışlardır.

Avrupa ulaştırma sektörü şu anda toplam %93'lük pazar payıyla İYM araçların hakimiyetindeyken, birkaç yıl önce HEV'ler, plug-in hibrit ve BEV'ler pazar payının sırasıyla sadece %1,8 ve %1,1'ini oluşturuyordu [82]. EA'ların satın alınması genellikle pahalıdır ve Çin, Japonya ve Kaliforniya'nın bir otomotiv OEM'inin ortalama araç filosu için sertleşen CO₂ emisyon üst sınırına kıyasla mevcut model çeşitliliği açısından hala nispeten sınırlıdır. Potansiyel alıcılar henüz elektrikli araçların yetenekleri konusunda yeterince bilgilendirilmemiş olsa da, paydaşlar tarafından bu durumu değiştirmeye yönelik çabalar mevcuttur. E-mobilité yoluyla sera gazı emisyonlarını en aza indirme çabaları, emisyonlarda %15'lik bir azalma ile büyük ölçüde başarılı olmuştur, ancak bu henüz elektrikli araç pazarında önemli bir ekonomik ilerleme sağlamamıştır.

4.2. Elektro-Mobilitéye Başarılı Geçişin Hızlandırılması

Elektrikli araçlara olan talebi artırmanın bir yolu, destekleyici ulusal teşvik programlarının ve etkinliği kanıtlanmış doğrudan sübvansiyonlar gibi politikaların uygulanmasıdır [83]. E-mobilitenin sunduğu yakıt maliyeti tasarrufu ve diğer uygun nakit teşvikler, e-mobilitéye geçişi teşvik etmek için hayati önem taşımaktadır. Eski araçların çevre dostu yeni araçlarla değiştirilmesi için müşterilere önemli bir ödeme sunan Araç Ödeneği İndirim Sistemi, 2008 mali krizinden sonraki küresel ekonomik durgunlukların ardından otomotiv endüstrisi için ekonomik bir teşvik aracı olmuştur.

European Alternative Fuels Observatory'ye [84] göre elektrikli araç sübvansiyonları ve indirim politikaları hala uluslararası düzeyde farklılık göstermektedir. Wesseling [85], 2008-2014 yılları arasında 13 ülke arasında ulusal elektrikli araç politikalarında (Ar-Ge sübvansiyonları, altyapı yatırımları ve satış teşviklerinden oluşan) görülen belirgin farklılığın, politika harcamalarını etkileyebilecek koşulların araştırılmasıyla açıklanabileceğini savunmuştur. İçerik ve istatistiksel analizler, Plug-in Elektrikli Araç (PEV) politikalarının ülkeler arasında hem yoğunluk hem de yönelim açısından, arz yönlü inovasyona odaklanmaktan talep yönlü çevre politikasına kadar önemli ölçüde farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Hükümetlerin rolü PEV altyapı yatırımlarındaki farklılıkları açıklarken, 2020 için ulusal PEV yayılım hedefleri şaşırtıcı bir şekilde herhangi bir ulusal PEV politikası ile ilişkili değildi. Otomotiv sektörüne yönelik ekonomik ilgi, büyük otomobil üreticisi ülkelerin politikalarını neden teknoloji geliştirmeye ve otomobil üreticisi olmayan ülkelerin ise teknoloji yayılımına odaklandığını açıklamaktadır. Van der Steen ve diğerleri [86], farklı Kuzey Avrupa ülkeleri tarafından izlenen elektrikli araç politikalarının çeşitliliğine dikkat çekmiştir. Onlara göre, bu politikalar belirgin bir politika stratejisinin parçası değildi, çünkü e-mobilitenin tanıtımını esas olarak erken pazar sorunlarının (örneğin, yüksek satın alma maliyetleri, çoğunlukla suskun veya tereddütlü müşteriler, düzenleme ve standardizasyonun yavaş adaptasyonu) üstesinden gelmek için yeterli teşviklerin "piling-up" meselesi olarak ele aldılar. Kısa vadede bunun işe yarayabileceği konusunda da uyarıda bulunmuşlardır - ancak bunun piyasada HEV'lerin büyük bir paya sahip olmasının da etkisi olacaktır. Böyle bir senaryo Hollanda'da çok belirgindir ve bu durum tam BEV tabanlı elektro-mobilité için bir geçiş adımı veya sıçrama tahtası ya da daha çok bir "ölüm vadisi" tuzağı olabilir. Orta ve uzun vadeli hedefler için bu politikalar uygulanabilir olmayabilir. Elektrikli araçların benimsenmesinde kendi kendini güçlendiren bir döngüyü teşvik eden politikaların "karışımını" yansıtan alternatif politika stratejileri çağrısında bulundular.

Alman deneyimi "elektrikli otomobillerin ancak bir sistem inovasyonunun parçası olduğunda başarılı olacağını" göstermektedir [87] ve bu da toplumu yeni e-mobilité seçeneklerinden haberdar ederek sürece dahil etmenin önemini vurgulamaktadır [88]. İspanya, özel firmaların e-mobilité sektörünün geliştirilmesi için hayati önem taşıdığını kabul etmektedir ve kamu yetkilileri şehirlerdeki kamu ve özel taşımacılığın elektrikli hale getirilmesi üzerinde çalışmaktadır [89]. Hollanda da aynı şekilde iddialı e-mobilité hedeflerine sahiptir. 2030 yılına kadar sadece "sıfır emisyonlu" araçların satılmasını beklemekte, elektrikli araç sayısındaki artışı sürdürmekte ve Avrupa'nın liderleri arasında kalmak için mali teşvikler sunmaktadır.

e-mobilitede [90]. Norveç, ulaşım sektöründe elektrikli araçların yüksek payına odaklanan bir başka Avrupa ülkesidir [91]. Finansal girişimlere ek olarak, e-mobilitenin tam olarak kabul edilmesinin önündeki engelleri ele almak için başka stratejiler de benimsenebilir. Bunlar arasında mevcut şarj altyapılarının daha da iyileştirilmesi, şarj ağının işyerlerine, tren istasyonlarına, park modeli vardiya değişim yerlerine, perakende satış yerlerine genişletilmesi, yol vergisi muafiyetleri ve geleneksel otobüs şeritlerinin kullanımı gibi esnek trafik kurallarının veya orijinal olarak ICE araçları için belirlenmiş ücretsiz / indirimli park alanlarının tanıtılması yer almaktadır [92]. Birçok belediye ayrıca yol kenarındaki PEV şarj tesisleri için ya hiç ya da düşük tarifeler uygulamaktadır. İnşaat, sağlık ve diğer hizmet sektörleri de, bu sektörlerdeki kayıtlı araç sayısı ve günlük işe gidip gelme sürelerinin nispeten düşük olduğu göz önünde bulundurulduğunda, e-mobiliteye geçiş için uygundur [83]. Avrupa şehirlerinde, çoğunlukla kompakt otomobillerden kamyonetlere kadar değişen küçük ve orta ölçekli filolara sahip bu tür birçok proje bulunmaktadır.

Laurischkat ve diğerleri [52] e-mobilitenin ekonomik önermelerini geliştiren iş modeli modellerini tanımlamıştır. Örneğin, elektrikli araç paylaşımı (dağıtılmış kiralık araçların veya araba kulüplerinin bir parçası olarak) kullanıcılar arasında ortak fayda yaratılmasını sağlar. Bu, ortak konut planları, kamu sektörü (sosyal) konutları ve özel sektör planları ve elektrikli araç hizmet sağlayıcıları tarafından giderek daha fazla benimsenirken, Araçtan Şebekeye modeli batarya sahipleri için ekstra gelir sağlamaktadır. Benzer şekilde, BetterPlace tarafından tam olarak formüle edilmesi Danimarka ve İsrail'de başarısız olsa da, batarya takası uzun şarj sürelerini azaltma ve bataryaların hızlı eskimesini önleme potansiyeline sahiptir. Batarya değişimi Çin'de yeniden ilgi görmeye başladı. Elektrikli araçların yaşam döngüsü maliyetleri yüksek olsa da, (GHG) emisyonlarını azaltmanın yanı sıra elektriğin İYM'ler için yakıttan daha ucuz olması nedeniyle, çalışır durumdayken uzun vadeli maliyet tasarrufu fırsatları sunmaktadır.

4.3. Döngüsel Ekonomi Perspektifinden Elektro-Mobilité

Bazı sektörler e-mobilitéyi bir CE yapısı altında uygulamaya başlıyor. Örneğin, Birleşik Krallık'taki WRAP, ortak e-mobilité zorluklarını ele almak ve tüm tedarik zincirine ticari, çevresel, sosyal ve kaynak faydaları sağlamak için önde gelen perakendeciler, markalar, yeniden kullanım ve geri dönüşüm kuruluşları, hayır kurumları ve sivil toplum kuruluşları (STK'lar) ile işbirliği yapmaktadır. Örneğin Elektrikli ve Elektronik Ekipman Sürdürülebilirlik Eylem Planı 2025, "döngüsel bir ekonomi geliştirmek için bir platformdur" [93]. Walcher ve Leube [94], tasarım ve ürün yönetiminin CE'de kritik alanlar olduğunu ve ilgili tüm kilit aktörlerin birlikte oluşturması yoluyla takip edilmesi gerektiğini savunmaktadır. Capgemini Araştırma Enstitüsü'nün [95] (s. 2) otomotiv endüstrisinin sürdürülebilirlik sorunlarına ilişkin yakın tarihli bir raporu, diğer hususların yanı sıra, sürdürülebilirlik girişimlerinin birbirinden kopuk bir şekilde yürütüldüğünü ve değer zinciri boyunca sürdürülebilirlik girişimlerine tutarsız bir şekilde odaklanıldığını ortaya koymaktadır. Örneğin, sürdürülebilir satış, pazarlama, satış sonrası ve mobilité hizmetleri ve araç kullanımı sadece bir azınlık tarafından takip edilmektedir. Bununla birlikte, "sürdürülebilirlik, Ar-Ge ve sürdürülebilir üretimin daha fazla ilgi görmesiyle birlikte otomotiv endüstrisi için stratejik bir konudur." Capgemini raporu ayrıca, "iki kritik alanın otomotiv endüstrisi için maksimum sürdürülebilirliği sağlayacağını: elektrikli araçların gerçekten sürdürülebilir olmasını sağlayacağını" iddia etmektedir. İlk olarak, "örneğin 27 AB ülkesinde ve Birleşik Krallık'ta elektrikli araçları şarj eden şebeke baz alındığında, elektrikli araçlara geçiş, binek araçlar için toplam yaşam boyu sera gazı emisyonlarını yaklaşık %37 oranında azaltırken, yenilenebilir kaynaklarla güçlendirildiğinde işletme ayak izini %75 oranında azaltacaktır." İkinci olarak, "otomotiv değer zinciri boyunca CE uygulamalarını dahil ederek, CE potansiyel olarak büyük ekonomik faydalar sağlayabilir ve elektrikli araçları daha sürdürülebilir hale getirebilir. Ancak şu anda otomotiv kuruluşlarının tedarikinin sadece %32'si döngüsel ekonomiye katkıda bulunmaktadır" [95] (s. 1).

Ömrünü tamamlamış araçların (ICE) yönetimine ilişkin sistematik bir meta-inceleme makalesinde Karagöz ve diğerleri [96] (s. 416), mevzuat ve yeni düzenlemeler nedeniyle müşteriler, üreticiler ve arıtma tesisleri gibi aktörlere ÖTA yönetimi sürecinde yeni sorumluluklar verildiğini ve "ÖTA yönetiminin çevrenin korunması, döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma için hayati önem taşıdığını" belirtmektedir.

Konietztko ve diğerleri [97] (s. 1) CE'nin "maddi kaynakların değerini en üst düzeye çıkardığını ve sera gazı emisyonlarını, kaynak kullanımını, atıkları ve kirliliği en aza indirdiğini" savunmaktadır. Onlara göre "döngüsellik, tek bir ürün veya hizmetin (örneğin bir araba veya araba paylaşım hizmeti) bir özelliği olarak değil, bir sistemin (örneğin bir şehrin hareketlilik sistemi) bir özelliği olarak anlaşılmalıdır. Dolayısıyla, "döngüsel ekosistemlere" yönelik inovasyonun nasıl yapılacağı konusunda daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır. E-mobilite ve enerji için yeni dijital hizmetler konusunda uzmanlaşmış bir şirket olan Enel, "özellikle Enel X (a) örneğinde, sürdürülebilir mobilitenin CE paradigmasının ayrılmaz bir parçası olduğunu ve elektrikli araçların enerjiyi azaltmaya katkıda bulunan 'sürdürülebilir girdiler' olduğunu" belirtmektedir.

tüketim ve zararlı emisyonlar." [98].

4.4. Döngüsel Ekonomide E-Mobilitenin Teorik Çerçevesi

Düşük karbonlu ve ekonomik olarak uygulanabilir mobilite sistemlerine dönüşüm ihtiyacına rağmen, kentsel mobilitenin CE'sini teorileştiren bilimsel literatür oldukça sınırlıdır [99-101]. Wijkman ve Skånberg [102], çeşitli Avrupa ülkelerini inceleyerek, bir ülkenin GSYİH'sinin tamamen CE'ye kaydırılması halinde, sera gazı emisyonlarının %70 oranında azalacağını ve işgücünün %4 oranında artacağını öne sürmektedir. Ellen MacArthur Vakfı (EMAF) tarafından öne sürüldüğü gibi tam bir CE, malları kullanım ömürlerinden sonra diğer mallar için yeni kaynaklara dönüştürerek malzeme ve enerji döngülerini kapatır [21]. E-mobilitenin CE'si üzerine yapılan bazı çalışmalar, mobilitenin döngüsellliği ile malzeme akışının döngüsellliği arasında ayırım yapan dört kolu birbirinden ayırmaktadır [103,104]. Üçlü alt çizgi yaklaşımı olarak CE, farklı e-mobilite teknolojilerinin yaşam döngüsünü analiz etmekte, ürünlerin ekolojik etkisini değerlendirmekte ve ekonomik fizibilite ile yaşam döngüsünü (örneğin elektrikli araç bataryaları) kritik bileşenler olarak ele almaktadır [105,106]. Bir başka akım, kullanımdaki mobilite teknolojilerinin CE'sini teorize etmektedir: EV veya ICE tarafından sağlanan bir ürün olarak mobiliteye odaklanmak yerine, sunduğu mobilite hizmetine odaklanmaktadır [107]. Üçüncü bir akım, akıllı şebeke ve diğer çevresel teknolojiler ve altyapılarla bağlantılı olarak e-mobilite ile ilgilidir [73,108]. Dördüncü bir bakış açısı ise mobilitenin CE'sini mekânsallaştırmakta, mobilitenin mekânda hareket etmesine ve ekolojik etkilerine odaklanmaktadır [109]. Teorik ve pratik e-mobilite çalışmaları, tüketici uygulamalarını, genel mobilite deneyimlerini ve e-mobilite çözümlerinin olası kabulünü dikkate almaktadır [110]. Ulaştırma sektöründe pek kullanılsa da, CE merceği düşük karbonlu mobilite geçişini teşvik edebilecek ilkelere sahiptir. Sistem düşüncesinden hareketle Grindsted [111], enerji miktarı ne kadar yüksekse, sistemin yaşam döngüsü ne kadar kısaysa ve belirli bir hizmeti sağlamak için kullanılan malzemelerin hacmi ne kadar yüksekse, CE çerçevesinde o kadar az verimli ve ekonomik olarak uygulanabilir olduğunu öne sürmektedir. CE kavramı, malzemeleri tüketilmek yerine korunması gereken varlıklar olarak kabul etmekte ve ürünler yerine hizmetlere odaklanmaktadır.

Yukarıda belirtilen dört ilke, mobilite gibi belirli bir hizmetin, aşağıdaki göstergeler sıfıra yakınsa aynı veya daha iyi hizmeti (verimlilik) sağlamak üzere tasarlandığında bir CE'nin mevcut olduğunu varsaymaktadır: (1) enerji kullanımı, (2) malzeme kullanımı, (3) atık, (4) açık ve doğrusal enerji ve malzeme döngüleri [111]. Bu varsayımlara dayanarak, mobilitenin CE'sine iki ilke daha eklemeyi öneriyoruz: (5) daha kısa mesafeler ve (6) hizmeti desteklemek için mobilite teknolojisinin daha fazla kullanımı. Herhangi bir mobilite hizmetinin termodinamiği ve bir CE içindeki tasarımı yukarıdaki ilkeleri yansıtmalıdır. İlginç bir şekilde, EMAF [21] otomobilleri ve hafif ticari araçları hareketlilikte dikkate almakta ancak ekolojik etkilerini dikkate almamaktadır. Otobüsler, metrolar, tramvaylar ve diğer toplu taşıma modları CE hareketlilik perspektifinin önerdiği gibi (yukarıdaki ilkelere göre) maddi döngüleri kapatmazken, ekolojik etkisi (örneğin CO₂ emisyonları) azaltılmış maddi mallar değil hareketlilik hizmetleri satmak, hareketlilik modeli ne olursa olsun belirli bir hizmeti sağlayabilir [112].

Laurischkat ve diğerleri [52], V2G iş modellerinin elektrikli araçların şebekeye bağlanması yoluyla batarya sahipleri için ekstra gelir sağlayacağını ve mobilite tüketicilerinin en azından bir kısmının enerji tüketicisi haline geleceğini öne sürmüştür. CE modeline göre mobilite tüketicileri e-mobilite çözümünü geliştirmektedir. Danimarka, Birleşik Krallık, Hollanda, Almanya, Fransa, ABD ve Japonya'da bu konuda devam eden denemeler ve tanıtım araştırma projeleri bulunmaktadır, bu nedenle ekonomik ve düzenleyici (enerji ticareti vergileri ve eşler arası yaklaşımlar açısından yasal olanlar dahil) iş modellerinin yakında keşfedilmesi beklenmektedir [113].

4.5. Enerji Verimliliği, Araç Tasarımı ve Batarya Yönetimi

Laboratuvar testlerine ilişkin yakın tarihli bir rapor, 2017 yılında AB'de satılan yeni otomobillerin ortalama CO₂ emisyonunun 2016 yılına kıyasla 0,4 g/km daha yüksek olarak kilometre başına 118,5 g (g/km) CO₂ olduğunu göstermiştir [82]. Ortalama emisyonlar, 2015 yılından bu yana geçerli olan 130 g/km hedefinin altında kalmıştır. İzlemenin başladığı 2010 yılından bu yana, AB'deki yeni otomobillerin ortalama emisyonları 22 g/km CO₂ düşerek %15,5 azalmıştır. Otomobil üreticilerinin 2021 yılına kadar AB'nin 95 g CO₂/km hedefini tutturmak için emisyonları çok önemli ölçüde düşürmeleri gerekmektedir. 2017'de AB'de satılan yeni kamyonetlerin ortalama CO₂ emisyonu 156,1 g/km ile 2016'ya göre 7,5 g/km daha azdı ve 2017 hedefi olan 175 g CO₂/km'nin altındaydı. AB'nin 2020 hedefi olan 147 g CO₂/km'ye ulaşmak için minibüs emisyonlarının daha da azaltılması gerekmektedir [51].

Uluslararası Temiz Ulaşım Konseyi (ICCT) raporuna göre [96] (ICCT 2017), AB'deki 2016 rakamları elektrikli araçlardan ortalama olarak yaklaşık 70 g/km CO₂ emisyonuna işaret ederken (enerji girdisine bağlı olarak), HEV'lerde (91 g/km) ve hafif ticari araçlarda (162 g/km) daha yüksek CO₂ emisyon seviyeleri bulunmaktadır. BEV/PHEV'lerde enerji verimliliği araç tasarımına, batarya ve enerji yönetimine bağlıdır ve zaman içinde toplam sahip olma maliyetini etkiler. Bataryanın bozulması konusunda daha fazla çalışma yapılması ve tasarım ile çevresel içselleştirilmiş maliyetlere daha fazla odaklanılması halinde, elektrikli araçların başa baş noktasına ulaşması beklenmektedir [114]. Kreyenberg [115] Almanya'da elektrikli bataryalar ve yakıt hücrelerine odaklanarak alternatif güç aktarım sistemlerini incelemiş ve özel kullanıcıların orta sınıf bir otomobile ilişkin tercihlerinin yasal ve mali ulusal araçlarla karmaşık bir etkileşim içinde olduğunu ve kısa vadede kamu politikası desteği olmadan satış hacminin artırılmasının mümkün görünmediğini ortaya koymuştur.

Farklı otomobiller, e-bisiklet hareketliliğine kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olan benzer altyapısal arazi kullanımına sahiptir. Döngü ne kadar küçükse, bir CE fiziksel stoku o kadar verimli korur, ancak uzun mesafelerin üstesinden gelmede o kadar verimsizdir [103]. CE yatırımları ve ekonomik faaliyet arttıkça döngü genişler. Döngüsel hareketlilik modeli, malzemelerin dolaşımını en aza indirmek için hareketliliğin bir hizmet olarak kullanılmasına odaklanmaktadır. EMAF [21], dünya ulaşım sektörünün küresel demir talebinin %40'ını oluşturduğunu öne sürmektedir. Çelik yoğun otomotiv imalat endüstrisi, kapalı malzeme döngüleri için araçları daha iyi tasarlamalıdır, çünkü yeni bir otomobilin malzeme girdisinin %25'i geri dönüştürülmüş malzemelerden oluşmaktadır, ancak bir otomobil ömrünü tamamladığında %85'i başka ürünlere dönüştürülmektedir [21].

4.6. Hizmet Tabanlı Mobilité Çözümleri: Paylaşılan Varlıklar, Paylaşılan Çözümler

AB'deki araçların ortalama kullanım ömrü 16-17 yıl olduğundan (ticari araçlar için sekiz yıl), kapalı malzeme döngüleri bu araçların kullanım ömrünü uzatacaktır [96]. Ek olarak, CE İlkeleri 5 ve 6, mobilité hizmetlerinin tüm ulaşım sisteminin bir parçası olarak tasarlanmasında bir sistem perspektifi uygulayarak, hizmeti sağlamak için mümkün olduğunca az malzeme ve döngü ile malzemeleri en aza indirmeyi önermektedir. Stahel'i [103] takip eden bir CE mobilité modeli, GSYİH yerine ağırlık başına değeri hesaplamaktadır. Şehirler, kentsel hareketliliğe çözüm olarak araç paylaşımını uzun süredir incelemekte, ancak şimdiye kadar yaygın olarak gerçekçi bir strateji olarak görmemektedir. ICT, yeni mobilité hizmetlerinin ve kentsel dijital iş modellerinin mobilité ortakları, modlar arası geçiş ve ulaşım seçenekleri konularında doğrudan bir etkiye sahip olmasını sağlamaktadır [54]. Mobilitéyi bir üründen ziyade bir hizmet olarak çerçeveleyen araç paylaşım modelleri, mobilitéyi bir mal olarak değil bir hizmet olarak satarak mobilitenin doğrusal ekonomisine (EV araç sahipliği) kısmen meydan okumaktadır [112]. Arabalar ağırlıklı olarak hala mal olarak düzenlendiğinden, zamanın %95'inde hareketsiz durmaktadırlar ki bu da CE ilkelerine göre son derece verimsizdir [111]. Hizmet Olarak Mobilité (MaaS), e-araba filosunu bir e-araba paylaşım çözümleri ağına dönüştürerek, birçok yolcunun CE İlke 6 kapsamında aynı varlığı kullanabilmesini sağlayarak kent sakinlerine varlıkların mülkiyetine ihtiyaç duymadan mobilité sağlar [116-118], bunlar arabalar ve altyapılar (diğerlerinin yanı sıra) olabilir [52]. Bu, dağıtılmış veya sabit noktalardan olabilir.

Bu durum, e-mobilité ve araç paylaşım hizmetlerinin, müşteri ve şirket arasındaki ilişkinin ötesine geçerek akran paylaşımı yoluyla bir araç sağlayıcısının hizmetini optimize etme avantajına sahip olduğu yarı-özel-kamu taşımacılığını ortaya çıkarmaktadır.

müşteriler mobilitenin profesyonel tüketicileridir [112]. Helsinki'nin Whim projesinden elde edilen sonuçlar, MaaS kullanıcılarının toplu taşımayı benzerlerine kıyasla çok daha fazla kullandığını ve günlük araba kullanımının %38'inin yerini aldığını göstermektedir [117,118]. Kullanıcılar çok modlu hale gelebilir ve böylece ilk mil sorununun üstesinden daha iyi gelebilirler. Kamusal e-mobilité, elektrikli araçları paylaşımlı ve hizmet tabanlı mobilité çözümlerine dönüştürürken arazi kullanım verimsizliğinin ve enerji/malzeme verimsizliğinin azaldığı bir CE e-mobilité modelinin belkemiği olmalıdır [112].

Ulaşım İnovasyonu için Şehirler ve Bölgeler-Avrupa Otopark Birliği (POLIS-EPA) tarafından otopark ve kentsel gelişim üzerine hazırlanan ortak bir tartışma belgesinde, teknoloji-basitleşmeden, araç çağırma ve mikro-mobilité g i b i yeni mobilité hizmetleri ile kamusal ve paylaşımlı, geçici araç kullanımına dayalı sürdürülebilir kentsel planlamaya doğru bir odak kayması olduğu belirtilmektedir [119,120]. Park yönetimi teknolojisi, çok sayıda özel mülkiyete ait sabit araca dayalı bir mobilité sisteminden uzaklaşmak da dahil olmak üzere, mobilité ve kentsel planlama konusunda karar vericileri bilgilendirmelidir. Mikro mobilité üzerine bir tartışma belgesi, bunun yerel politikacılar ve ulaşım planlamacıları için sıcak bir konu (e-scooter ve e-bisikletler dahil) olduğunu belirtmektedir [121]. Proaktif ve istişari bir nüfus sayımı geliştirmemek stratejik fırsatları kaçırmak anlamına gelebilir.

Kopp [122] Almanya'da araç paylaşımının kentleşme maliyetlerini azaltma ihtimali olan bir hareketlilik çözümü olduğuna dair ampirik kanıtlar bulmuştur. Araba paylaşımı, Milano'daki Green Move projesinin de gösterdiği gibi, önemli çevresel ve ekonomik hareketlilik sorunlarını ele almak için uygun bir araç olarak görülmektedir [123]. Cinsiyet de araştırılması gereken sosyal bir boyuttur. Berlin'de yapılan bir anket, elektrikli araç paylaşım kullanıcılarının daha çok (orta yaşlı), yüksek eğitim ve gelire sahip ve muhtemelen tam zamanlı çalışan erkekler olduğunu gösterirken, erken benimseyen kadınların bataryalı elektrikli araçları (BEV'ler) ICE araçlardan daha sık kullandığını, BEV'lerin kullanımını daha olumlu olarak değerlendirdiğini ve erkek katılımcılara kıyasla daha yüksek bisiklet yakınlığı ve teknoloji ve yeniliğe karşı daha düşük yakınlık gösterdiğini ortaya koymuştur [124]. Kadınlar toplu taşıma ve bisiklet kullanımını kentsel hareketliliğin ek bir parçası olarak (elektrikli) araç paylaşım hizmetlerinin kullanımı ile birleştirmiştir. Çevresel/sağlık, sosyoekonomik ve dijitalleşme nedenleriyle kentsel hareketlilikte ihtiyaç duyulan köklü değişiklikler, karmaşık (ve modlar arası) hareketlilik konseptlerini bile verimli bir şekilde organize etmek ve sosyal kabullerini arttırmak için gerçek şanslar getirmektedir [125]. DVWG'nin farklı formatlarda geleceğin mobilitésine yaptığı katkılarının mesajı budur [126].

4.7. Döngüsel Ekonomide E-Mobilitenin İtici Güçleri ve Önündeki Engeller

Bir meta-çalışma perspektifinden bakıldığında, Rezvani ve diğerleri [127] "elektrikli araçların benimsenmesi için itici güçlerin çevre yanlısı tutumları, sembolik anlamları, kimliği ve duyguları içerdiğini, elektrikli araçların satın alma maliyetinin benimseme için bir engel oluştururken, daha düşük işletme maliyetinin bir itici güç olduğunu, elektrikli araçlarla uygulamalı deneyimin tutumları büyük ölçüde değiştirdiğini, ancak menzilin olumsuz değerlendirmesinin değişmediğini, elektrikli araç kullanmaktan duyulan sevinç, gurur ve olumlu duyguların ve çevresel kaygıların benimseme niyetlerini olumlu yönde etkilediğini" bulmuştur. 2017'de AB-28'in toplam sera gazı emisyonlarının %27'sini oluşturan (uluslararası havacılık ve denizcilik emisyonları hariç tutulduğunda %22) [82] ulaşımın sera gazı emisyonlarına katkısını azaltmaya yönelik çevresel kaygılar, Avrupa'da e-mobilitéye geçiş için motive edici faktörlerdir [128]. AB ülkeleri ve Elektromobilité Platformu gibi koalisyonlar, CO₂emisyonlarını azaltma hedeflerine ulaşmak için e-mobilité ve YE'ye dayanan akıllı şehirlerle ilgili politikalar yoluyla teşvikler için baskı yapmaktadır [129]. 2017 yılında, AB üyesi ülkelerin ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları 946 milyon metrik ton olup, bunun %72'si karayolu taşımacılığından, %44'ü otomobillerden ve %9'u hafif ticari araçlardan kaynaklanmıştır [82]. 1990-2017 yılları arasında İzlanda, Avrupa'da e-mobilitéyi benimseyen başlıca ülkeler arasında ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarında en yüksek (%142) artışı kaydetmiştir; bu oran, bir sonraki en yüksek ülkeler olan Finlandiya (%78,6) ve Avusturya'nın (%78,4) neredeyse iki katıdır. Buna karşılık İsveç, aynı dönemde ulaşımdan kaynaklanan sera gazı emisyonlarında %5'lik bir azalma sağlamıştır. AB şehirlerinde yaşayanların yaklaşık %90'ının zararlı hava kirlleticilerine maruz kaldığı düşünüldüğünde, e-mobilité sera gazı emisyonlarından kaynaklanan hava kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olabilir [128]. Ayrıca, e-mobilitenin daha bütüncül bir iş modeline ihtiyacı vardır.

yaygın olarak benimsenmesi [130]. Döngüsel Ekonomi iş modellerine ilişkin gelişmekte olan literatür, praksis çerçevelmeye artan bir vurgu ile, geleceğe hazır olmaları için şu andan itibaren dikkate alınmalıdır [131-136]. Örneğin güneş panelleri için de döngüsel ekonomi çerçevesine ve pratik bir sisteme ihtiyaç vardır [137]. Enerji özerkliği derecelerine giden farklılaştırılmış ve yerel olarak uygun yolların araştırılması [138] e-mobilitiyi bir sistem karışımına dahil edebilir. Konuları "sadece" sürdürülebilirlik (çevresel, ekonomik ve sosyal sütunlar) merceğinden incelemek, Döngüsel Ekonomi çerçevesi ve bakış açısının geleceğe yönelik olarak ele alınmasına yardımcı olabileceği kör noktaları ortaya çıkarabilir. AB'de CE şu anda sadece kısmen gelişmiştir ve daha gidilecek çok yol ve derinlik vardır [139]. Bu daha sonra "erdemli bir döngüye" doğru kaymaları tetikleyebilir [140].

5. Sonuçlar

YE ile güçlendirilmiş e-mobilite gibi temiz ulaşım çözümleri dünya çapında kamu otoriteleri tarafından teşvik edilmektedir. E-mobilite, kurumsal, hane halkı ve bireysel düzeylerde sistem yönetimi için teknolojik ve davranışsal zorluklar ve fırsatlar sunmaktadır. Teknolojik zorluklar arasında elektrikli araç kullanım kategorisi, elektrikli bataryanın boyutlandırılması, nasıl şarj edileceği, elektrikli aracın ICT aracılığıyla akıllı şebekeye nasıl entegre edileceği ve Akıllı Ulaşım Çözümleri aracılığıyla akıllı mobilite ve V2G özellikli kabiliyet yer almaktadır. Zorlukların üstesinden gelmek, akıllı şarj ile enerji altyapısını desteklemek için elektrikli araçların kullanılmasını ve (hizmet ve mobilite) tasarımı ve CE ilkeleri ile çift yönlü şarjı etkinleştirmeyi içerir.

Elektrikli araçların dağıtılmış yerel YE'den şarj edilmesi, elektrikli araç şarj istasyonlarının yerel YE ile beslenmesiyle pilot olarak uygulanmaktadır (sadece tesisin bakımı veya aydınlatılması için enerji sağlamanın ötesinde). Yerel olarak üretilen YE için bir enerji depolama cihazı ile çalışan güneş enerjisi garajları (kayıpların dikkate alınması gerekir) veya merkezi şebekeden YE ile (düşük elektrik fiyatlarında) EV şarjı mümkündür. Bu, çift yönlü olabilen enerji akışını optimize etmek için Akıllı Şebeke konseptlerinin kullanılmasını, tüketicilerin daha fazla katılımını ve onları aktif üreticiler haline getirmeyi içerir.

Geleceğe yönelik olarak, daha fazla elektrik tahrikli ulaşım teknolojisine yönelik teknik gelişmelerle birlikte, elektrikli araçlar özellikle kentsel hareketlilikte önemli bir rol oynayacaktır. Bununla birlikte, döngüsel ekonomi perspektifi otomotiv ve e-mobilite endüstrisinde henüz erken bir aşamadır. Bu durum değişmeli ve döngüsel ekonomi ilkelerinin hem mobiliteye hem de e-mobiliteye daha fazla entegre edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. E-mobilitenin burada savunulduğu gibi CE ilkeleri ile derinlemesine çerçevelenmesi, modlar arası bağlantılı ve mod değiştirme odaklı kentsel mobilite için birçok çevresel ve sosyal dönüşümsel fayda sağlayabilir.

Yazar Katkıları: Kavramsallaştırma, W.L.F.; metodoloji, Y.A.A.; resmi analiz, I.R.A., R.K., T.S.G., A.-L.B. ve A.L.S.; araştırma, W.L.F., I.R.A., R.K., T.S.G., A.-L.B., A.L.S. ve Y.A.A.; yazı-orijinal, W.L.F., I.R.A., R.K., T.S.G., A.-L.B., A.L.S. ve Y.A.A.; yazı-inceleme ve düzenleme, W.L.F., I.R.A., R.K., T.S.G., A.-L.B., A.L.S., Y.A.A. ve F.W.; denetim, W.L.F. ve I.R.A. Tüm yazarlar makalenin yayınlanan versiyonunu okumuş ve kabul etmiştir.

Finansman: Bu çalışma herhangi bir dış finansman almamıştır.

Kurumsal İnceleme Kurulu Beyanı: Geçerli değil. **Bilgilendirilmiş**

Onam Beyanı: Geçerli değil.

Veri Kullanılabilirlik Beyanı: Bu bir derleme makaledir ve herhangi bir veri rapor edilmemiştir.

Çıkar Çatışmaları: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Referanslar

1. Avrupa Komisyonu. Hareketlilik ve Ulaşım. *Elektrikli Araçlar*. Çevrimiçi olarak mevcuttur: https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/vehicles/road/electric_en (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
2. Van Bree, B.; Verbong, G.P.; Kramer, G.J. Hidrojen ve akülü elektrikli araçların piyasaya sürülmesine ilişkin çok düzeyli bir bakış açısı. *Teknoloji. Tahmin. Soc. Chang.* **2010**, *77*, 529-540. [CrossRef]

3. Willing, C.; Brandt, T.; Neumann, D. Intermodal mobilite. *Otobüs. Inf. Syst. Eng.* **2017**, *59*, 173-179. [CrossRef]
4. Hasan, M.A.; Abubakar, I.R.; Rahman, S.M.; Aina, Y.A.; Chowdhury, M.M.I.; Khondaker, A.N. İklim değişikliği politikaları ve ulusal kalkınma hedefleri arasındaki sinerji: Sürdürülebilirlik için çıkarımlar. *J. Clean. Prod.* **2020**, *249*, 119369. [CrossRef]
5. Kester, J.; Sovacool, B.K.; Noel, L.; de Rubens, G.Z. Nordik elektrikli araçların mekânsallığını ve kentsel ortamdaki popülerliğini yeniden düşünmek: Şehrin ötesine geçmek mi? *J. Transp. Geogr.* **2020**, *82*, 102557. [CrossRef]
6. RAC (Kraliyet Otomobil Kulübü). Elektrikli Otomobiller Çevre İçin Gerçekten Daha mı İyi? 12 Haziran 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.rac.co.uk/drive/advice/emissions/are-electric-cars-actually-worse-for-the-environment/> (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
7. Coppola, P.; Arsenio, E. Elektromobilite geleceğine doğru toplumsal değişimleri yönlendirmek. *Eur. Transp. Res. Rev.* **2015**, *7*, 37. [CrossRef]
8. CEID (Circular Economy Initiative Deutschland). *Kaynak Verimli Batarya Yaşam Döngüleri: Elektrikli Mobilitate Döngüsel Ekonomi ile Yönlendirmek*; Acatec/SYSTEMIQ/Circular Economy Initiative Deutschland: Berlin, Almanya, 2020.
9. AÇA (Avrupa Çevre Ajansı). *Avrupa'da Elektrikli Araçlar*; Avrupa Enerji Ajansı: Kopenhag, Danimarka, 2016.
10. Emilsson, E.; Dahllöf, L. *Lityum-İyon Pil ve Araç Üretimi. Enerji Kullanımı, CO2 Emisyonları, Metal Kullanımı, Ürünlerin Çevresel Ayak İzi ve Geri Dönüşüme İlişkin Durum 2019*; IVL İsveç Çevre Araştırma Enstitüsü: Stockholm, İsveç, 2019.
11. Regett, A.; Wagner, U.; Mauch, W.; Bangoj, J. Elektrikli Araçların Çevresel Etkisi: Döngüsel Ekonominin Potansiyeli? İçinde *Der Antrieb von Morgen*; Leibl, J., Ed.; Springer: Wiesbaden, Almanya, 2019; s. 121-140.
12. Anderson, T.K. Danimarka Belediyelerinde Elektrikli Araçlar. *Araçlar* **2019**, *1*, 4. [CrossRef]
13. Wurster, S.; Heß, P.; Nauruschat, M.; Jütting, M. Sürdürülebilir Döngüsel Hareketlilik: Kullanıcı Entegreli İnovasyon ve Spesifikasyonlar ve Elektrikli Araç Sahipleri. *Sürdürülebilirlik* **2020**, *12*, 7900. [CrossRef]
14. Wurster, S.; Schulze, R. Tüketicilerin Biyo-döngüsel Otomotiv Ekonomisini Kabulü: Açıklayıcı Model ve Etki Faktörü. *Sürdürülebilirlik* **2020**, *12*, 2186. [CrossRef]
15. Reichmuth, R. Elektrikli Araçlar İklim İçin Gerçekten Daha mı İyi? 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://blog.ucsusa.org/dave-reichmuth/are-electric-vehicles-really-better-for-the-climate-yes-heres-why> (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
16. MyGridGB. Son 12 Ay, MyGridGB. Mayıs 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <http://www.mygridgb.co.uk/last-12-months/> (21 Mayıs 2021 tarihinde adresinden erişilmiştir).
17. Hoekstra, A. Elektrikli Bataryalı Araçların Emisyonları Azaltma Potansiyelinin Küçümsenmesi. *Joule* **2019**, *3*, 1412-1414. [CrossRef]
18. E-ON. E-ON Sürdürülebilirlik Raporu. 2017. Çevrimiçi olarak mevcuttur: https://www.eon.com/content/dam/eon/eon-com/Documents/en/sustainability-report/EON_Sustainability_Report_2017.pdf (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
19. Chowdhury, M.M.I.; Rahman, S.M.; Abubakar, I.R.; Aina, Y.A.; Hasan, M.A.; Khondaker, A.N. Bangladeş'te iklim değişikliğinin azaltılması ve çevresel sürdürülebilirlik için politika ve girişimlerin gözden geçirilmesi. *Environ. Dev. Sürdürülebilirlik* **2021**, *23*, 1133-1161. [CrossRef]
20. IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli). *Küresel Isınma 1,5° C*; IPCC: Cenevre, İsviçre, 2018.
21. BM Haberleri. Sürdürülebilir Bir Geleceğin Merkezi Olan 'E-Mobilitate'ye Doğru Hızlı Yol Almak: COP24. 2018. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://news.un.org/en/story/2018/12/1027811> (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
22. Schroeder, P.; Anngraeni, K.; Weber, U. Döngüsel Ekonomi Uygulamalarının Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleriyle İlgisi. *J. Ind. Ecol.* **2018**, *23*, 77-95. [CrossRef]
23. Umweltbundesamt [Alman Federal Çevre Ajansı]. *9 Döngüsel Ekonomi için İlkeler*; UBA: Dessau, Almanya, 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020_10_23_leitlinie_kreislaufwirtschaft_englisch_bf.pdf (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
24. BSR Elektrik. Belediyeler, Yerel ve Ulusal Politikacılar için Elektrik Kontrol Listesi: E-Vanlar ve E-Lojistik. 11 Haziran 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: https://www.bsr-electric.eu/content/7-results/bsr-electric-checklist-e-vans-and-e-logistics_final_june-11-2020.pdf (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
25. Kotter, R.; Herteleer, B.; Asanova, R.; Van den Hoed, R.; Dong, J.; Putrus, G.; O'Brien, G.; Jablonska, B. SEEV4-City Policy Recommendations and Roadmap: Ulaşım, Şehir Planlama ve Enerjinin Entegrasyonuna Yönelik Öneriler. Nihai Rapor. 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/09/SEEV4-City-Policy-Recommendations-and-Roadmap-1.pdf> (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
26. Abubakar, I.R.; Aina, Y.A. Nijerya'da daha kapsayıcı, güvenli, dirençli ve sürdürülebilir şehirler geliştirmenin beklentileri ve zorlukları. *Arazi Kullanım Politikası* **2019**, *87*, 104105. [CrossRef]
27. Lajunen, A. Farklı şarj yöntemlerine sahip elektrikli otobüslerin yaşam döngüsü maliyetleri ve şarj gereksinimleri. *J. Clean. Prod.* **2018**, *172*, 56-67. [CrossRef]
28. Mahmoud, M.; Garnett, R.; Ferguson, M.; Kanaroglou, P. Elektrikli otobüsler: Alternatif güç aktarma organları üzerine bir inceleme. *Yenileme. Sürdürülebilirlik. Energy Rev.* **2016**, *62*, 673-684. [CrossRef]
29. Behrendt, F. E4plectric mobilite için bisiklet neden önemlidir: Çeşitli, aktif ve sürdürülebilir e-mobilitelere doğru. *Mobiliteler* **2018**, *13*, 64-80. [CrossRef]
30. Jones, T.; Harms, L.; Heinen, E. Elektrikli bisiklet sahiplerinin motivasyonları, algıları ve deneyimleri ve bunların sağlık, refah ve hareketlilik üzerindeki etkileri. *J. Transp. Geogr.* **2016**, *53*, 41-49. [CrossRef]
31. Kroesen, M. E-bisikletler diğer modlarla seyahati ne ölçüde ikame ediyor? *Transp. Res. Bölüm D* **2017**, *53*, 377-387. [CrossRef]
32. Le Bris, J. Aktif Hareketlilik için Yeni Araçlar Olarak Pedelecs. *Metropol Bölgelerde Sürdürülebilirlik içinde*; Wulffhorst, G., Klug, S., Eds.; Springer: Wiesbaden, Almanya, 2016.

33. van Boven, J.F.; Le An, P.; Kirenga, B.J.; Chavannes, N.H. Elektrikli scooterlar: Ortam hava kirliliğine karşı savaşta bataryalar mı? *Lancet Gezegeni. Sağlık* **2017**, *1*, e168-e169. [CrossRef]
34. Wahnschafft, R.; Wolter, F. Şehir Gezilerinin Çevresel Sürdürülebilirliği: Berlin, Almanya'da Batarya ile Çalışan Elektrikli Tekneleri Üzerine Bir Vaka Çalışması. *Sürdürülebilir Ulaşım ve Turizm Destinasyonları* içinde; Emerald Publishing: Bingley, UK, 2021.
35. Anderson, O.B.; Hansen, M.R.; Pedersen, H.C.; Conrad, F. Hidrolik Forkliftlerde Potansiyel Enerjinin Rejenerasyonu. 6. Uluslararası Akışkan Gücü İletimi ve Kontrolü Konferansı Bildirileri, Huangzhou, Çin, 5-8 Nisan 2005.
36. Schäfer, P.K.; Blättel-Mink, B.; Hermenau, U.; Schmidt, K.; Lanzendorf, M.; Tandler, M.; Knese, D.; Buchsbaum, M.; Hermann, A.; Dalichau, D.; et al. *Sozialwissenschaftliche Begleitforschung in Der Modellregion Elektromobilität Rhein Main*; Frankfurt a.M.UoASand Goethe University: Frankfurt, Almanya, 2015.
37. Van Mierlo, J.; Maggetto, G.; Lataire, P. Gelecekte karayolu taşımacılığı için hangi enerji kaynağı? Batarya, hibrid ve yakıt hücresi araçların karşılaştırılması. *Energy Convers. Manag.* **2006**, *47*, 2748-2760. [CrossRef]
38. BSR Elektrik. Kentsel Lojistik. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.bsr-electric.eu/use-cases/urban-logistics> (27 Mayıs tarihinde erişilmiştir 2021).
39. Rupprecht Consult. *Guidelines for Developing and Implementing A Sustainable Urban Mobility Plan*, 2. baskı; Rupprecht Consult-Forschung & Beratung GmbH: Köln, Almanya, 2019. Çevrimiçi olarak mevcuttur: https://www.eltis.org/sites/default/files/sump_guidelines_2019_interactive_document_1.pdf (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
40. ELTIS. SUMP Çevrimiçi Kılavuzları. 15 Haziran 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.eltis.org/mobility-plans/sump-online-guidelines> (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
41. Lanzendorf, M.; Hebsacker, J. *Mobilität 2.0.*; Springer: Wiesbaden, Almanya, 2017.
42. Rid, W.; Parzinger, G.; Grausam, M.; Müller, U.; Herdtle, C. *Carsharing in Deutschland*; Springer: Wiesbaden, Almanya, 2017.
43. Mouli, G.R.; Vanduijsen, P.; Velzeboer, T.; Nair, G.; Zhao, Y.; Jamodkar, A.; Isabella, O.; Silvester, S.; Bauer, P.; Zeman, M. AC, DC ve Temassız Şarjlı Güneş Enerjili E-Bisiklet Şarj İstasyonu. Proceedings of the 20th European Conference on Güç Elektroniği ve Uygulamaları, Riga, Letonya, 17-21 Eylül 2018.
44. Apostolou, G.; Reinders, A.; Geurs, K. Güneş Enerjisiyle Çalışan E-bisikletlerle İlgili Mevcut Deneyimlere Genel Bir Bakış. *Energies* **2018**, *11*, 2129. [CrossRef]
45. BSR Elektrik. Belediyeler ve Şirketler için Eylem Kontrol Listesi: E-Bisikletler. Mayıs 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.bsr-electric.eu/content/5-use-cases/e-bikes-for-commuters/bsr-electric-checklist-e-bikes.pdf> (28 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
46. Lambert, F. Tamamen Elektrikli Feribot Emisyonu %95 ve Maliyeti %80 Azalttı, 53 Ek Sipariş Getirdi. Electrek 2018. Çevrimiçi olarak adresinden <https://electrek.co/2018/02/03/all-electric-ferry-cuts-emission-cost/> erişilebilir: (3 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
47. Lambert, F. İki Devasa Feribot Dünyanın En Büyük Tamamen Elektrikli Gemileri Olmak Üzere. Electrek 2017. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://electrek.co/2017/08/24/all-electric-ferries-abb/> (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
48. Harris, A. Bülten. Plug Boats. 11 Şubat 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://plugboats.com/all-electric-passenger-ferry-for-holiday-town/> (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
49. BSR Elektrik. Belediyeler için Eylem Kontrol Listesi: E-Ferries. 11 Haziran 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: https://www.bsr-electric.eu/content/5-use-cases/e-ferries/bsr-electric-checklist-e-ferries_final_june-11-2020.pdf (28 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
50. Bauer, C.; Cox, B.; Heck, T.; Hirschberg, S.; Hofer, J.; Schenler, W.; Simons, A.; Del Duce, A.; Althaus, H.J.; Georges, G.; vd. Elektrikli mobilite için fırsatlar ve zorluklar - binek araçların disiplinler arası bir değerlendirmesi. *SWISS Enerji Araştırmaları Yetkinlik Merkezi ile İşbirliği İçinde THELMA Projesi Nihai Raporu*; ETH Zurich: Zürih, İsviçre, 2016.
51. Avrupa Komisyonu. Avrupa'da 2017 Yılında Satılan Yeni Otomobillerden Kaynaklanan Ortalama CO2 Emisyonlarında Hafif Artış Olurken, Yeni Kamyonetlerden Kaynaklanan CO2 Emisyonları Azalmaya Devam Ediyor. Avrupa Komisyonu. 4 Nisan 2019. Çevrimiçi olarak mevcuttur: https://ec.europa.eu/clima/news/slight-increase-average-co2-emissions-new-cars-sold-europe-2017-while-co2-emissions-new-vans_en (27 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
52. Laurischkat, K.; Viertelhausen, A.; Jandt, D. Elektrikli mobilite için iş modelleri. *Procedia CIRP* **2016**, *47*, 483-488. [CrossRef]
53. Rietmann, N.; Lieven, T. Elektrikli mobiliteyi teşvik etmek için politika önlemleri nasıl başarılı oldu? *J. Clean. Prod.* **2019**, *206*, 66-75. [CrossRef]
54. Burmeister, K.; Rodenhäuser, B. *Stadt Als System*; Oekom: Münih, Almanya, 2016.
55. Canzler, W.; Knie, A. Dijital modernite çağında hareketlilik. *Uygulama Mobiliteleri* **2016**, *1*, 56-67. [CrossRef]
56. Nykvist, B.; Nilsson, M. EV paradoksu. *Çevre. Yenilikçi. Soc. Transit.* **2015**, *14*, 26-44. [CrossRef]
57. Van den Hoed, R.; Van der Hoogt, J.; Jablonska, B.; Van Bergen, E.; Arumugam, R.P.R.; Putrus, G.; Kotter, R.; Das, R.; Wang, Y.; Van den Hoed, R.; vd. Çıkarılan Dersler - Kuzey Denizi Bölgesindeki altı gerçek zamanlı Akıllı Şarj ve V2X Operasyonel Pilotunun çapraz vaka analizi. İçinde 32. Elektrikli Araç Sempozyumu Bildirileri, Lyon, Fransa, 19-22 Mayıs 2019.
58. Kester, J.; Noel, L.; de Rubens, G.Z.; Sovacool, B.K. Elektrikli araçların benimsenmesini hızlandırmak için politika teşvikleri. *Yenileme. Sürdürülebilirlik. Enerji Rev.* **2018**, *94*, 719-731. [CrossRef]
59. Kotilainen, K.; Aalto, P.; Valt, J.; Rautiainen, A.; Kojo, M.; Sovacool, B.K. Yol bağımlılığında Nordik elektrikli mobilite için politika karışımına. *Politika Bilimi.* **2019**, *52*, 573-600. [CrossRef]
60. Kester, J.; Noel, L.; de Rubens, G.Z.; Sovacool, B.K. İskandinav bölgesinde Araçtan Şebekeye (V2G) teşvik. *Enerji Politikası* **2018**, *116*, 422-432. [CrossRef]
61. IEA (Uluslararası Enerji Ajansı). *Global EV Outlook 2019*; Uluslararası Enerji Ajansı: Paris, Fransa, 2019.

62. Avrupa Ulaştırma ve Çevre Federasyonu AISBL. Ulaşım ve Çevre Raporu. Ocak 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/01%202020%20Draft%20TE%20Infrastructure%20Report%20Final.pdf> (28 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
63. Tames, M.; Van den Hoed, R. Bir Taksi Sektörünü Elektrikli Olmaya Taşımak: Tam Elektrikli Araç Satın Almakla İlgilenen Taksi Sürücülerinin Karakterize Edilmesi. *Dünya Elektr. Veh. J.* **2020**, *11*, 20. [CrossRef]
64. Asanova, S.; Ribeiro, C.; Kotter, R.; Putrus, G.; Dong, J. SEEV4-City Policy Recommendations. AB Interreg Kuzey Denizi Bölgesi. 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/09/SEEV4-City-Project-Policy-Recommendations.pdf> (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
65. Van Bergen, E.; Van der Hoogt, J.; Kotter, R.; Bentley, E.; Warmerdam, J.; Rimmer, C.; Herteleer, B.; van Bergen, E.; van der Hoogt, J.; Kotter, R.; et al. Vehicle4 Energy Services (V4ES): Yükseltme ve Ulusötesi potansiyel için Değerlendirme. SEEV4-City Nihai Raporu. 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.seev4-city.eu/wp-content/uploads/2020/11/V4ES-Evaluation-for-Upscaling-and-Transnational-Potential-Final-Report.pdf> (22 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
66. *Enerji Araştırmaları Yetkinlik Merkezi "Mobilite için Verimli Teknolojiler ve Sistemler"*; ETH Zürih: Zürih, İsviçre, 2016.
67. Bühne, J.A.; Gruschwitz, D.; Hölscher, J.; Klötzke, M.; Kugler, U.; Schimeczek, C. Avrupalı otomobil sürücülerini için elektromobilite nasıl teşvik edilir? *Eur. Transp. Res. Rev.* **2015**, *7*, 30. [CrossRef]
68. Christensen, L.; Klauenberg, J.; Kveiborg, O.; Rudolph, C. Ticari taşımacılığın elektrikli mobiliteye geçiş için uygunluğu ve Danimarka ve Almanya'nın kullanım örnekleri. *Res. Transp. Econ.* **2017**, *64*, 48-60. [CrossRef]
69. Cansino, J.M.; Sánchez-Braza, A.; Sanz-Díaz, T. AB28'de elektro-mobiliteyi teşvik etmek için politika araçları: Kapsamlı bir inceleme. *Sürdürülebilirlik* **2018**, *10*, 2507. [CrossRef]
70. Kannan, P.; Hirschberg, S. Elektromobilite ve ulaştırma sektörleri arasındaki etkileşim. *Ulaşım. Res. Part A* **2016**, *94*, 514-531.
71. Biresselioglu, M.E.; Kaplan, M.D.; Yilmaz, B.K. Avrupa'da elektrikli mobilite: Karar verme süreçlerinde motive edici unsurlar ve engeller üzerine kapsamlı bir inceleme . Avrupa'da elektrikli mobilite. *Transp. Res. Part A* **2018**, *109*, 1-13.
72. Codani, P.; Portz, P.L.L.; Claverie, P.; Petit, M.; Perez, Y. Yerel yenilenebilir enerji üretiminin elektrikli araç şarjı ile birleştirilmesi: Fransa örneğinin incelenmesi. *Int. J. Automot. Technol. Manag.* **2016**, *16*, 55-65. [CrossRef]
73. Friis, F. *Integrating Smart Grid Solutions within Everyday Life*; Aalborg University Press: Aalborg, Demark, 2016.
74. Ulusal Şebeke. Geleceğin Enerji Sistemleri. 2019. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <http://fes.nationalgrid.com/media/1409/fes-2019.pdf> (21 Mayıs 2021 tarihinde adresinden erişilmiştir).
75. Komarnicki, P.; Haubrock, J.; Styczynski, Z.A. *Elektromobilität und Sektorenkoppelung*; Springer: Wiesbaden, Almanya, 2018.
76. Bretzke, W.-R. *Nachhaltige Logistik*, 3. baskı; Springer: Wiesbaden, Almanya, 2014.
77. Fojeik, T.M.; Proff, H. Alternatif mobilite konseptleri aracılığıyla bataryalı elektrikli araçların pazarda yaygınlaşmasının hızlandırılması. *Int. J. Automot. Technol. Manag.* **2014**, *14*, 347-368. [CrossRef]
78. Avrupa Komisyonu. *Bina Enerji Performansı Direktifinin Uygulanması 2016, Ülke Raporları*; Avrupa Komisyonu: Brüksel, Belçika, 2016.
79. Haddadian, G.; Khodayar, M.; Shahidehpour, M. Elektrikli araçların küresel ölçekte benimsenmesinin hızlandırılması. *Electr. J.* **2015**, *28*, 53-68.
80. Cames, M.; Helmers, E. Avrupa'daki dizel otomobil patlamasının eleştirel değerlendirmesi - küresel karşılaştırma, çevresel etkiler ve çeşitli ulusal stratejiler. *Environ. Sci. Eur.* **2013**, *25*, 1-22. [CrossRef]
81. ICCT (Uluslararası Temiz Ulaşım Konseyi). *Avrupa Araç Pazarı İstatistikleri*; ICCT: Washington, DC, ABD, 2017.
82. AÇA. *Avrupa'da Ulaşımdan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları*; AÇA: Kopenhag, Danimarka, 2019. Çevrimiçi olarak erişilebilir: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases/transport-emissions-of-greenhouse-gases-12> (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
83. Mock, P.; Yang, Z. *Driving Electrification*; International Council on Clean Transportation: Washington, DC, ABD, 2014.
84. Avrupa Alternatif Yakıtlar Gözlemevi. Mart 2020'deki son güncelleme. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.eafo.eu/> (12 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
85. Wesseling, J.H. Ulusal elektrikli araç politikalarındaki varyansın açıklanması. *Çevre. Yenilikçi. Soc. Transit.* **2016**, *21*, 28-38. [CrossRef]
86. Van der Steen, M.; Van Schelven, R.M.; Van Deventer, P.; Van Twist, M.; Kotter, R. Gelişmekte olan bir teknoloji için politika stratejileri: Kuzey Avrupa'daki 8 ülkenin elektrikli araç politikalarının analizinden çıkarılan dersler. *Dünya Elektr. Veh. J.* **2015**, *7*, 710-721. [CrossRef]
87. Augenstein, K. Sürdürülebilir e-mobilite potansiyelinin analizi. *Çevre. Yenilikçi. Soc. Transit.* **2015**, *14*, 101-115. [CrossRef]
88. Gebauer, F.; Vilimek, R.; Keinath, A.; Carbon, C.C. Hızlı şarj teknolojisini aktif bir şekilde geliştirerek e-mobiliteye yönelik tutumları değiştirmek. *Technol. Tahmin. Soc. Chang.* **2016**, *106*, 31-36. [CrossRef]
89. Cansino, J.M.; Yñiguez, R. İspanya'da elektro mobilitenin teşvik edilmesi. Kamu önlemleri ve ana veriler (2007-2012). *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* **2018**, *59*, 325-345. [CrossRef]
90. Hollanda Girişim Ajansı. *Hollanda'da Elektrikli Ulaşım. Önemli Noktalar 2017*; Hollanda Girişim Ajansı: Lahey, Hollanda, 2018.
91. Figenbaum, E. Norveç - BEV'in benimsenmesinde dünya lideri. *Elektrikli Arabaları Kim Kullanıyor?* Contestabile, M., Tal, G., Turrentine, T., Eds.; Springer: Cham, İsviçre, 2020; s. 89-120.
92. Lieven, T. Elektrikli mobiliteyi teşvik etmek için politika önlemleri. *Transp. Res. A* **2015**, *82*, 78-93.
93. WRAP. *Elektrik ve Elektronik Sürdürülebilirlik Eylem Planı (esap)*; WRAP: Banbury, Birleşik Krallık, 2015. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://wrap.org.uk/resources/guide/electricals/electrical-electronic-sustainability-action-plan> (27 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).

94. Walcher, D.; Leube, M. *Kreislaufwirtschaft in Design and Produktmanagement: Co-Creation Im Zentrum der Zirkulären Wertschöpfung*; Springer: Wiesbaden, Almanya, 2017.
95. Capgemini Araştırma Enstitüsü. Sürdürülebilirlik Çağında Otomotiv Endüstrisi. 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2020/03/Report-The-automotive-industry-in-the-era-of-sustainability.pdf> (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
96. Karagöz, S.; Aydın, N.; Simic, V. Ömrünü tamamlamış araç yönetimi: Kapsamlı bir inceleme. *J. Mater. Döngüleri Atık Yönetimi*. **2020**, *22*, 416-442. [CrossRef]
97. Konietzko, J.; Bocken, N.; Hultink, E.J. Döngüsel ekosistem inovasyonu: İlk ilkeler dizisi. *J. Clean. Prod.* **2020**, *253*, 119942. [CrossRef]
98. ENEL. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://corporate.enel.it/en/circular-economy-sustainable-future/electric-mobility> (21 Mart 2020 tarihinde erişilmiştir).
99. Abubakar, I.R.; Bununu, Y.A. Düşük karbonlu şehir: Stratejiler ve vaka çalışmaları. *Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar içinde. Encyclopedia of Sustainability in Higher Education*; Springer: Cham, İsviçre, 2020; s. 366-376.
100. Hardman, S.; Chandan, A.; Tal, G.; Turrentine, T. Bataryalı Elektrikli Araçlar için mali teşviklerin etkinliği. *Yenileme. Sürdürülebilir. Energy Rev.* **2017**, *80*, 1100-1111. [CrossRef]
101. Watson, M. Uygulama teorileri karbondan arındırılmış bir ulaştırma sistemine geçişi nasıl sağlayabilir? *J. Transp. Geogr.* **2012**, *24*, 488-496. [CrossRef]
102. Wijkman, A.; Skånberg, K. *Döngüsel Ekonomi ve Toplumun Faydaları*; Club of Rome: Winterthur, İsviçre, 2015.
103. Stahel, W.R. Döngüsel ekonomi. *Doğa* **2016**, *53*, 1435-1438. [CrossRef]
104. Korhonen, J.; Honkasalo, A.; Seppälä, J. Circular Economy. *Ecol. Econ.* **2018**, *143*, 37-46. [CrossRef]
105. EEA639. *Yaşam Döngüsü ve Döngüsel Ekonomi Perspektiflerinden Elektrikli Araçlar. TERM 2018: Ulaştırma ve Çevre Raporlama Mekanizması (TERM) Raporu*; AÇA raporu No. 13/2018; AÇA: Kopenhag, Danimarka, 2018.
106. Groenewald, J.; Grandjean, T.; Marco, J. Elektrikli araçlar için gelecekteki döngüsel ekonomi stratejilerini desteklemek üzere lityum-iyon hücrelerin hızlandırılmış enerji kapasitesi ölçümü. *Yenileme. Sürdürülebilirlik. Energy Rev.* **2017**, *69*, 98-111. [CrossRef]
107. Weetman, C. *İş Dünyası ve Tedarik Zincirleri için Döngüsel Ekonomi El Kitabı: Repair, Remake, Redesign, Rethink*; Kogan Page: Londra, UK, 2016.
108. Jittrapirom, P.; Caiati, V.; Feneri, A.M.; Ebrahimigharehbaghi, S.; Alonso González, M.J.; Narayan, J. Hizmet olarak mobilite: A tanımların, planların değerlendirmelerinin ve temel zorlukların eleştirel incelemesi. *Kentsel Plan.* **2017**, *2*, 13-25. [CrossRef]
109. Strengers, Y. *Günlük Yaşamda Akıllı Enerji Teknolojileri-Akıllı Ütopya mı?* Palgrave Macmillan: Londra, Birleşik Krallık, 2013.
110. Yiğitcanlar, T.; Dur, F. Bir Sürdürülebilirlik Değerlendirme Modeli Geliştirilmesi: Sürdürülebilir Altyapı, Arazi Kullanımı, Çevre ve Ulaşım Modeli. *Sürdürülebilirlik* **2010**, *2*, 321-340. [CrossRef]
111. Grindsted, T.S. Hvad er energi og miljøinnovation. *Klimaledelse* içinde; Born-Rasmussen, E., Ed.; Forlaget Andersen: Kopenhag, Danimarka, 2019.
112. Utriainen, R.; Pöllänen, M. Bilimsel yayınlarda bir hizmet olarak mobilite üzerine inceleme. *Araştırma Transp. Bus. Manag.* **2018**, *27*, 15-23. [CrossRef]
113. Noel, L.; de Rubens, G.Z.; Kester, J.; Sovacool, B.K. *Vehicle-to-Grid*; Palgrave Macmillan: Londra, Birleşik Krallık, 2019.
114. Conti, M.; Kotter, R.; Putrus, G. Elektrikli ve Plug-in Hibrit Elektrikli Araçlarda Enerji Verimliliği ve Sahip Olmanın Toplam Maliyeti Üzerindeki Etkisi. *Elektrikli Araç İş Modelleri*; Beeton, D., Meyer, G., Eds. içinde; Springer: Cham, İsviçre, 2015.
115. Kreyenberg, D. *Fahrzeugantriebe für die Elektromobilität*; Springer: Wiesbaden, Almanya, 2016.
116. Casals, L.C.; García, B.A.; Cremades, L.V. Elektrikli araç akülerinin yeniden kullanımı: İkinci bir hayata hazırlanmak. *J. Ind. Eng. Manag.* **2017**, *10*, 266-285. [CrossRef]
117. Uluslararası Toplu Taşıma Birliği (UITP). Hizmet Olarak Mobilite. Rapor. Nisan 2019. Çevrimiçi olarak https://www.uitp.org/sites/default/files/ckc-focus-papers-files/Report_MaaS_final.pdf (27 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
118. Rambøll. *Dünyanın İlk Hizmet Olarak Mobilite (Maas) Sisteminden Whimply İçgörüler*. 2019. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://maas-alliance.eu/whimply-insights-from-the-worlds-first-mobility-as-a-service-maas-system/> (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
119. POLIS Ağı. Polis Raporu-Park ve Kentsel Gelişim. *POLIS Ağı*. 25 Kasım 2019. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.polisnetwork.eu/document/polis-parking-paper-2019/> (27 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
120. POLIS Ağı. Polis Paper-Macro Managing Micro Mobility. *POLIS Ağı*. 27 Kasım 2019. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.polisnetwork.eu/document/macromanaging-micromobility/> (12 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
121. TransportXtra. Yeni mobilite hizmetleri hakkında içgörü: Yeni AB raporu. 19 Mart 2020. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.transportxtra.com/publications/local-transport-today/news/64754/insight-into-new-mobility-services-new-eu-report/> (27 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).
122. Kopp, J. *Araç Paylaşım Hizmetlerinin Gelecekteki Büyümesi için Başarı Faktörleri*; Springer: Wiesbaden, Almanya, 2020.
123. Bignami, D.F.; Vitale, A.C.; Lué, A.; Nocerino, R.; Rossi, M.; Savaresi, S.M. *Electric Vehicle Sharing Services for Smarter Cities*; Springer: Cham, İsviçre, 2018.
124. Kawgan-Kagan, I. Cinsiyet tercihlerine göre BEV'li ve BEV'siz araç paylaşımını erken benimseyenler. *Eur. Transp. Res. Rev.* **2015**, *7*, 33. [CrossRef]
125. Anthrakidis, A.; Jahn, R.; Ritz, T.; Schöttler, M.; Wallenborn, R.; Warmke, G. *Urbanes eCarSharing in einer vernetzten Gesellschaft*; Steinbeis-Edition: Stuttgart, Almanya, 2013.

126. Deutsche VerkehrsWissenschaftliche Gesellschaft (DVWG). Neue Formen der Mobilität. *J. für Mobilität und Verkehr* **2019**, 2.
127. Rezvani, Z.; Jansson, J.; Bodin, J. Tüketicilerin elektrikli araçları benimseme araştırmalarındaki ilerlemeler. *Transp. Res. Bölüm D* **2015**, 34, 122-136. [CrossRef]
128. Pietrzak, K.; Pietrzak, O. Sürdürülebilir Bir Kentsel Toplu Taşımada Elektromobilitenin Çevresel Etkileri. *Sürdürülebilirlik* **2020**, 12, 1052. [CrossRef]
129. POLIS Ağı. Otomobil Endüstrisi Desteginin İklim Eylemine Bağlanması Çağrısı. *POLIS Ağı*. 8 Nisan 2020. Çevrimiçi olarak erişilebilir: <http://www.polisnetwork.eu/news/calls-for-support-for-auto-industry-to-be-tied-to-action-on-climate/> (27 Mayıs 2021 tarihinde adresinden erişilmiştir).
130. Kley, F.; Lerch, C.; Dallinger, D. Elektrikli otomobiller için yeni iş modelleri. *Enerji Politikası* **2011**, 39, 3392-3403. [CrossRef]
131. De Angelis, R. *Döngüsel Ekonomide İş Modelleri: Kavramlar, Örnekler ve Teori*; Palgrave: Londra, Birleşik Krallık, 2018.
132. Lacey, P.; Long, J.; Spindler, W. *The Circular Economy Handbook*; Palgrave Macmillan: Londra, Birleşik Krallık, 2020.
133. Frodermann, L. *Döngüsel Ekonomi Yaklaşımları Üzerine Keşif Çalışması*; Springer: Wiesbaden, Almanya, 2018.
134. Wiesmeth, H. Sürdürülebilir Kalkınma için Döngüsel Ekonominin Uygulanması. Elsevier: Dordrecht, Hollanda, 2020.
135. Mavropoulos, A.; Nilson, A.W. Endüstri 4.0 ve Döngüsel Ekonomi: İsrafsız Bir Geleceğe mi Yoksa İsraflı Bir Gezegene mi Doğru? Wi- ley/International Solid Waste Association: Chichester, Birleşik Krallık, 2020.
136. Santibanez Gonzalez, E.D.; Koh, L.; Leung, J. Döngüsel bir ekonomi üretim sistemine doğru: operasyon yönetimi için trendler ve zorluklar. *Int. J. Prod. Res.* **2019**, 57, 7209-7218. [CrossRef]
137. Dirr, M. *Strategische Planung eines Kreislaufwirtschaftssystems für Photovoltaikmodule*; Springer: Wiesbaden, Almanya, 2016.
138. Bentley, E.; Kotter, R.; Wang, Y.; Das, R.; Putrus, G.; Van Der Hoogt, J.; Van Bergen, E.; Warmerdam, J.; Heller, R.; Jablonska, B. Enerji özerkliğine giden yollar-zorluklar ve fırsatlar. *Int. J. Environ. Stud.* **2019**, 76, 893-921. [CrossRef]
139. Eisenriegler, S. *Kreislaufwirtschaft in der EU. Eine Zwischenbilanz*; Springer: Wiesbaden, Almanya, 2020.
140. MacArthur, E. *Erdemli Döngü; "Büyük Fikir" Denemesi*. Avrupa Yatırım Bankası, 2018. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.eib.org/en/essays/the-virtuous-circle> (21 Mayıs 2021 tarihinde erişilmiştir).