

# Elektrikli araçlarda sürdürülebilirlik: yaşam döngüsü değerlendirmesinin bibliyometrik analizi

*Vinay Kumar<sup>1</sup>, Yogita Sharma<sup>2</sup>, Priyanka Chadha<sup>(3)\*</sup>, Saurav Dixit<sup>4</sup>, Praveen Jugge<sup>5</sup>, Phaneendra Babu Bobba<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Yönetim ve Ticaret Okulu, Manav Rachna Üniversitesi, Faridabad 121004, Hindistan <sup>2</sup>Yönetim ve Ticaret Okulu, Manav Rachna Üniversitesi, Faridabad 121004, Hindistan <sup>3</sup>Amity İşletme Okulu, Amity Üniversitesi, Noida 201301, Hindistan

<sup>(4)</sup>(a)Division of Research & Innovation, Uttaranchal University, Dehradun 248007, India, (b) Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, 195251, Russian Federation <sup>5</sup>Department of Electrical and Electronics Engineering, GRIET, Bachupally, Hyderabad, Telangana 500090, Hindistan

**Özet** Bu bibliyometrik analiz, elektrikli araçların (EA) yaşam döngüsü değerlendirmelerinde (LCA'lar) sürdürülebilirliğin karmaşık alanını araştırmaktadır. Çalışmamız, elektrikli araçların tüm yaşam döngüleri boyunca çevresel etkilerine ilişkin gelişen manzarayı, ortaya çıkan eğilimleri ve kritik araştırma alanlarını ortaya çıkarmak için geniş literatürde gezinmektedir. Sürdürülebilirliğe güçlü bir vurgu yapan bu analiz, elektrikli araçların çevre dostu ulaşım çözümlerine nasıl önemli ölçüde katkıda bulunabileceğine ışık tutmaktadır. Web of Science veri tabanı kullanılarak 2001'den 2023'e kadar olan yayınları kapsayan sistematik bir arama yapılmıştır. Arama stratejisinde LCA ve elektrikli araçlarla ilgili anahtar kelimeler bir arada kullanılmıştır. Çalışmada, dahil edilme kriterlerini karşılayan toplam 161 yayın bulunmuştur. Analiz, elektrikli araçların LCA'sı ile ilgili yayınların sayısının yıllar içinde istikrarlı bir şekilde arttığını ve son on yılda keskin bir yükseliş gösterdiğini ortaya koymuştur. Çalışma, LCA metodolojisi, çevresel etkiler, enerji kullanımı ve politika analizi dahil olmak üzere alandaki ana araştırma temalarını belirlemiştir. Analiz ayrıca sosyal etkilere ilişkin çalışmaların eksikliği ve daha kapsamlı ve karşılaştırmalı değerlendirmelere duyulan ihtiyaç gibi araştırma boşluklarını da vurgulamıştır. Bu çalışmanın bulguları, elektrikli araçların LCA'sına ilişkin araştırmaların mevcut durumu hakkında fikir vermekte ve bu alanda gelecekte yapılacak araştırmalara rehberlik edebilmektedir.

**Anahtar Kelimeler.** Elektrikli Araçlar, Yaşam Döngüsü, Bibliyometrik, Literatür Taraması, Çevre, Sürdürülebilirlik.

\* Priyanka Chadha : [priyanka03chadha@gmail.com](mailto:priyanka03chadha@gmail.com)

## 1 Giriş

Elektrikli mobiliteye yönelik kültürel ve siyasi ilginin son zamanlarda artması, iklim değişikliği, kentsel kirlilik ve fosil yakıtların öngörülen kıtlığı gibi artan çevresel zorluklara bağlanabilir. İçten yanmalı motorlardan uzaklaşıp elektrikli araçlar (EV) gibi alternatif aktarma organları teknolojilerine yönelindiğinde fosil yakıt kullanımının ve çevresel etkilerin azalacağı öngörülmektedir. Birçok ülke elektrikli araçların pazar payını arttırmak ya da bu araçları benimsemek için girişimlerde bulunmuştur. [1] Örneğin, Avrupa Birliği 2050 yılına kadar tüm içten yanmalı motorlu araçları şehirlerden kaldırmayı ve 2030 yılına kadar kullanımlarını yarı yarıya azaltmayı planlamaktadır. Elektrikli araç satışları, Çin ve Norveç'in ana itici güç olduğu küresel ölçekte artmaktadır. [2, 19-23].

Lityum-iyon pillerde lityum kullanımı gibi kaynaklara yönelik artan talep, insanların elektrikli araçların kitlesel pazarda benimsenmesine ilişkin endişelerinin ana nedenidir. [3, 17, 18] Daha fazla kaynak verimliliği ihtiyacı ve endüstrinin artan malzeme kullanımına ilişkin endişeler son zamanlarda çok dikkat çekmiştir. Elektrikli araçlar (EV) geleneksel otomobillerin yerini aldığı anda, dünya çapında kaynak tüketim modellerinde önemli bir değişiklik olacaktır.[4] Lityum, kobalt, nadir toprak elementleri ve grafit dahil olmak üzere pil yapımında kullanılan malzemelere olan talepte önemli bir artış olacağı tahmin edilmektedir. Lityum-iyon pillere olan talebin 2025 yılına kadar yedi katına, 2030 yılına kadar ise 11-13 katına çıkması beklenmektedir. Ekonominin ve istihdamın büyümesi bu kaynakların eksikliğinden etkilenebilir. [5]

Farklı aktarma organları sistemlerinin kaynak kullanımının çevresel etkilerini incelemek için yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) adı verilen bir teknik kullanılabilir. Son on yılda, geleneksel içten yanmalı motorla çalışan otomobillere kıyasla alternatif aktarma organları teknolojisinin çevresel etkilerini inceleyen çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ürün sistemlerinin kaynak verimliliğini değerlendirmek için birçok teknik geliştirilmiş ve LCA'ya entegre edilmiştir [6].

Bu makale, elektrikli araçların ve ilgili bataryalarının LCA'sı üzerine son on yılda yayınlanan çalışmaların bir özetini sunmaktadır. Değerlendirilen yayınların "kaynaklar" etki kategorisini ele alıp almadığı ve nasıl ele aldığı incelenmektedir. Yayının öncelikli vurgusu metaller ve mineral kaynakları üzerinedir. Bunu yapmak için, kullanılan kaynak kullanımı etki değerlendirme tekniklerini ve elektromobilité için kaynak kullanımına ilişkin genel bulguları inceledik. Ayrıca, kullanılan değerlendirme tekniklerinin kaynakların kritikliğini ele almak için uygunluğu teyit edilmiştir.

## 2 Literatür taraması

Genel olarak, elektrikli araçlarla ilgili literatür, teknoloji, tasarım, çevresel etki, tüketici davranışı ve politika gibi elektrikli araçların çeşitli yönlerini kapsayan çok çeşitli ve çok disiplinlidir.

## 2.1 Elektrikli araçlar

Teknoloji ve tasarım: Elektrikli araçlar (EA'lar) hakkındaki literatürün çoğu, batarya kapasitesi ve tipi, şarj altyapısı, motor verimliliği ve enerji yönetim sistemleri dahil olmak üzere teknoloji ve tasarımlarına odaklanmaktadır. Araştırmacılar, menzillerini artırmak, maliyetlerini düşürmek ve elektrikli araçları tüketiciler için daha erişilebilir hale getirmek için elektrikli araçların bu yönlerini iyileştirmenin yollarını araştırıyor.

## 2.2 Çevresel Etki

Elektrikli araçların çevresel etki analizi çok önemli bir araştırma alanıdır. Çalışmalar, geleneksel benzinli araçların aksine elektrikli araçların sera gazı emisyonlarını ve hava kirliliğini azaltabileceğini göstermiştir. Elektrikli araçları şarj etmek için gereken elektriğin kaynağı da çevresel etkilerini etkilemektedir. Araştırmacılar, elektrikli araçları daha yenilenebilir enerji kaynaklarıyla şarj etmenin ve aynı zamanda karbon ayak izlerini azaltmanın yollarını arıyor.

## 2.3 Tüketici Davranışı

Araştırmacılar ayrıca tüketicilerin elektrikli araçlara yönelik tutum ve davranışlarını da incelemektedir. Bazı çalışmalar, tüketicilerin menzil kaygısı, şarj altyapısının eksikliği ve daha yüksek ön maliyetlerle ilgili endişeler nedeniyle elektrikli araçlara geçmekte tereddüt ettiklerini ortaya koymuştur. Diğer çalışmalar, tüketicilerin elektrikli araçları benimseme istekliliğini artırabilecek teşvikler, eğitim ve olumlu deneyimler gibi faktörleri tanımlamıştır.

## 2.4 Politika ve Düzenleme

Politika ve düzenlemeler de elektrikli araç literatüründe yer almaktadır. Tüm dünyada hükümetler elektrikli araçların kullanımını teşvik etmek için otomobil üreticilerine daha fazla elektrikli araç üretme zorunluluğu, vergi kredileri ve sübvansiyonlar gibi politikalar uygulamaktadır. Bunların etkinliği araştırılmaktadır.

Elektrikli araçlarla ilgili yayınların sayısı son on yılda istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Web of Science'a göre, 2010-2020 yılları arasında elektrikli araçlar hakkında 10.157 yayın yapılmış ve yıllık ortalama büyüme oranı %26,7 olmuştur. Elektrikli araçlarla ilgili en çok atıf alan makalelerden bazıları şunlardır: Mi ve diğerleri (2012) tarafından yapılan "Bataryalı elektrikli araçlar, hibrit elektrikli araçlar ve içten yanmalı motorlu araçlar üzerine karşılaştırmalı bir çalışma", Gaines ve Cuenca (2000) tarafından yapılan "Elektrikli araç batarya sistemlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesi" ve "Yolcu taşımacılığının çevresel yaşam döngüsü değerlendirmesi: Enerji, sera gazı ve yerel hava kirliliği için ayrıntılı bir metodoloji" Hawkins ve diğerleri (2013). Elektrikli araçlar alanındaki en iyi yazarlar arasında Maarten Steinbuch, John B. Heywood ve Joeri van Mierlo yer almaktadır. EA'lar üzerine yayın yapan en iyi kurumlar Tsinghua Üniversitesi, Kaliforniya Üniversitesi ve Çin Bilimler Akademisi'dir. EV araştırmalarındaki işbirliği ağı giderek daha uluslararası hale gelmektedir. Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve Avrupa'dan araştırmacılar elektrikli araç araştırmalarında yoğun bir şekilde işbirliği yapmakta, kurumlar ve yazarlar arasındaki işbirlikleri daha yaygın hale gelmektedir. Elektrikli araç alanındaki en yaygın araştırma konuları arasında batarya teknolojisi ve performansı, şarj altyapısı, çevresel etki ve bu politikaların politika ve düzenlemeleri ile etkilerini artırmaya yönelik stratejilerin belirlenmesi yer almaktadır.

## 2.5 Elektrikli Araç Yaşam Döngüsü Analizi

Elektrikli araçların yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) üzerine yapılan çalışmalar, üretimden kullanıma ve bertarafa kadar yaşam döngülerinin her aşamasında çevresel etkilerini belirlemeye ve ölçmeye odaklanmaktadır. Çalışmalar, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan elektrikli araçların, geleneksel benzinli araçlara göre daha az sera gazı yayabildiğini ve daha küçük bir karbon ayak izine sahip olduğunu göstermiştir. Akü, elektrikli araçların en önemli parçalarından biridir ve aracın çevresel izini önemli ölçüde etkiler. Tehlikeli kimyasalların ve nadir toprak metallerinin kullanımı nedeniyle, LCA çalışmaları EV bataryalarının üretiminin ve bertarafının çevre üzerinde önemli bir olumsuz etkiye sahip olabileceğini göstermiştir. Araştırmacılar, elektrikli araç akülerinin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmanın olası yolları olarak geri dönüşüm ve daha çevre dostu malzemelerin benimsenmesini araştırıyor.

Elektrikli araçlarla ilgili LCA çalışmalarında ilk satın alma fiyatı, bakım maliyetleri ve yakıt fiyatlarını içeren aracın yaşam döngüsü maliyeti dikkate alınmaktadır. Çeşitli araştırmalara göre, elektrikli araçlar, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarıyla beslendiklerinde, geleneksel araçlardan daha düşük yaşam döngüsü maliyetlerine sahip olabilirler.

Dünyanın dört bir yanındaki hükümetler, elektrikli araçların kullanımını teşvik etmek için otomobil üreticilerine daha fazla elektrikli araç üretme zorunluluğu, vergi kredileri ve sübvansiyonlar da dahil olmak üzere politikalar uygulamaktadır. Bu düzenlemelerin elektrikli araçların çevresel etkilerini azaltma ve daha sürdürülebilir bir ulaşım sistemini teşvik etme konusundaki başarısı, LCA çalışmaları ile araştırılmaktadır.

Elektrikli araçlarla ilgili LCA araştırması, kullanım ömürleri boyunca çevresel etkilerini azaltacak stratejiler bulmak ve daha sürdürülebilir bir ulaşım sistemini desteklemek için çok önemlidir. Elektrikli araçların yaratılması ve yaygınlaşmasını ilerletmek ve bunların yaratılması, kullanılması ve bertaraf edilmesiyle bağlantılı çevresel sorunları ele almak için bu alanda sürekli araştırma yapılması gerekmektedir.

### 3 Metodoloji

Bu makalede, 2001'den 2023'e kadar elektrikli araçlar üzerine yapılan LCA araştırmaları değerlendirilmiştir. Bunun için Scopus veri tabanlarında "LCA" VEYA "yaşam döngüsü değerlendirmesi" VE "elektromobilité" VEYA "elektrikli araçlar" anahtar kelimeleri kullanılarak arama yapılmıştır. Tanınan tüm çalışmalar arasından aşağıdaki kriterleri karşılayanlar seçilmiştir Bir araç veya aracın bir parçası LCA'dan geçirilmiş; bulgular etki kategorilerinde sunulmuş ve bir yorumlama yapılmıştır.

Seçilen çalışmaları değerlendirmek için dört adım kullanılmıştır. İlk adımda araştırmanın önemli bilgileri çıkarılırken aşağıdaki faktörler göz önünde bulundurulmuştur:

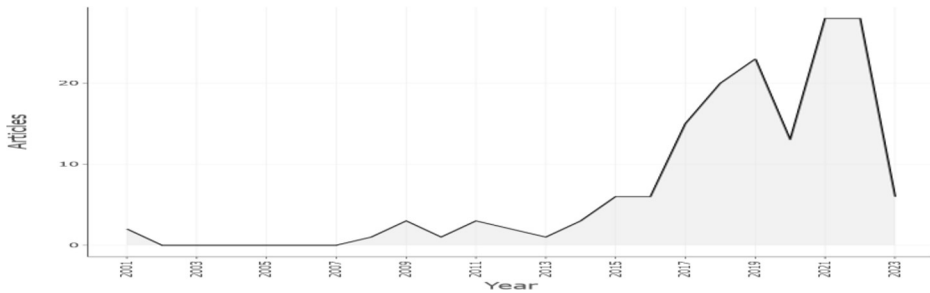
- yazar(lar),
- yayının başlığı,
- yayınlanma tarihi,
- çalışmanın amacı,
- kullanışlı bir birim,
- araç bileşenlerini, yaşam döngüsü aşamalarını ve aktarma organları teknolojilerini incelemiştir.
- etki değerlendirme tekniklerini kullanmış ve etki türleri hakkında düşünmüştür (bkz. Bölüm 3.1).

İkinci adımda, dergiler tarafından üretilen makale sayısı, Dergi H indeksi ve Bradford Yasası aracılığıyla kaynak kümelemesi yapılmıştır. Elektrikli ulaşım araçlarını inceleyen çalışmalar, elektrikli ulaşımındaki temel bileşenlerin kullanımı için potansiyel bir sıcak nokta olabileceğinden özel ilgi görmüştür. Üçüncü adım, kaynak tüketimini inceleyen yayınlar tarafından kullanılan etki değerlendirme tekniklerini incelemektir. Son adım ise, incelenen araştırma makalelerinde kaynakların nasıl kullanıldığına dair geniş genellemeler yapmaktır. Bu makale boyunca tüm elektrikli binek araçlar "EA" olarak anılacaktır.

## 4 SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Makaleler yayınlandı.

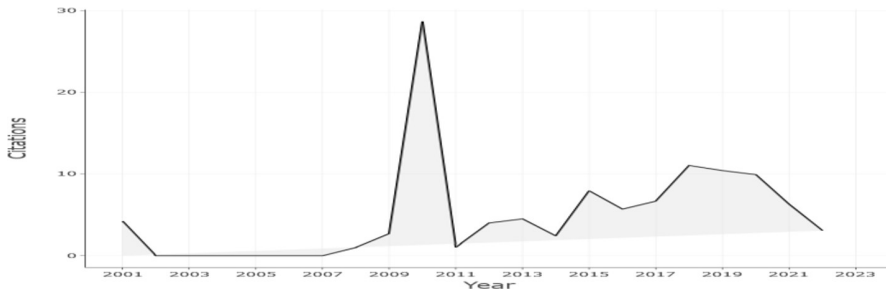
Çalışma için toplam makale sayısı 161'dir. Elektrikli araçların LCA'sı ile ilgili toplam Scopus makalesi 2001 yılında 2, 2008 yılında ise 1'dir. Durgunluk döneminden sonra elektrikli araçlarla ilgili araştırmalar giderek artmıştır. Sırasıyla 2017, 2018 ve 2019 yıllarında 13, 15 ve 23 makale yayınlanmıştır. 2020 yılında, Scopus'ta yayınlanan makalelerde 13 gibi keskin bir düşüş yaşanmıştır. Bunun nedeni covid-19 olabilir. Bundan sonra, 2021 ve 2022 yıllarında yayınlanan makaleler sırasıyla 28 ve 28 olmuştur. 2023 yılında (Şubat ayına kadar) 5 makale elektrikli araçları tartışmaktadır (Şekil 1).



"Şekil 1. Her yıl yayınlanan makaleler"

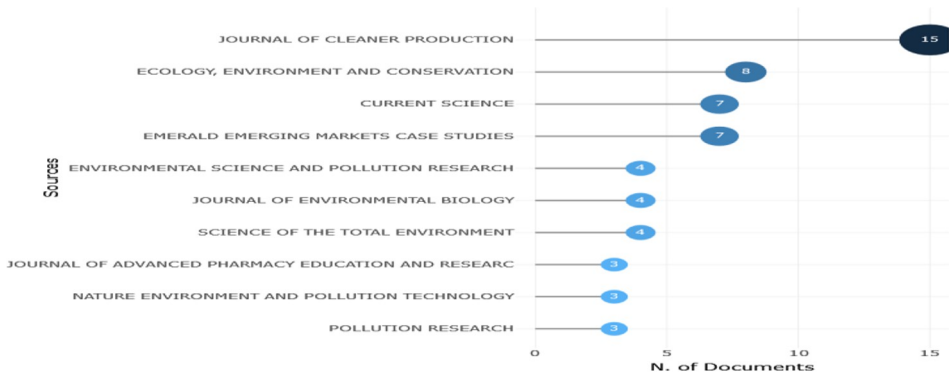
### 4.2 Ortalama atıf

Yıl Başına Ortalama Atıf Sayısı Şekil 2'de gösterilmektedir. Journal of Cleaner Production'da yayınlanan "Life cycle assessment of lithium-ion batteries for plug-in hybrid electric vehicles-Critical issues" başlıklı makalenin 2010 yılında en fazla atıf (373) aldığı görülmektedir. Araştırma, durgunluktan sonra atıf sayısının arttığını oldukça açık bir şekilde ortaya koymaktadır. 2001'den 2007'ye kadar tutarlı modeller vardı.



**"Şekil 2. Yıl başına ortalama atıf sayısı"****4.3 Yıllara göre üretilen makaleler.**

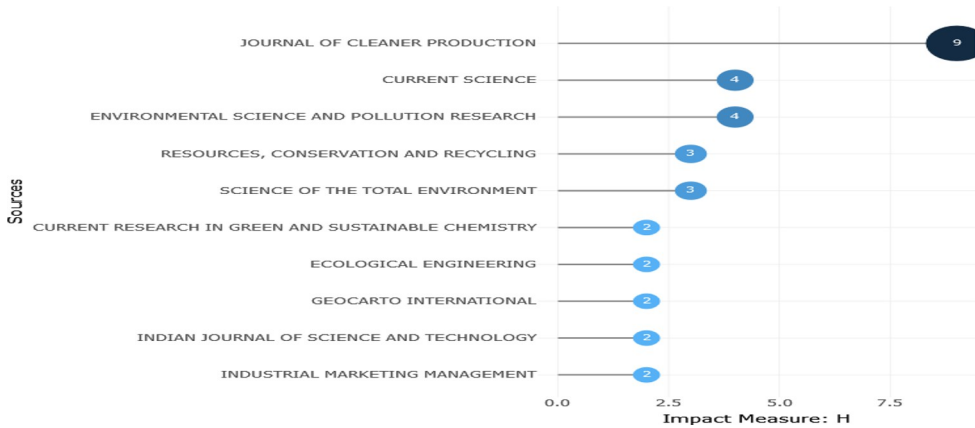
Şekil 3 ve Tablo 1 her bir dergi tarafından üretilen makale sayısını göstermektedir. Temiz Üretim Dergisi'nin 15 makale ile en fazla sayıda makale üreten dergi olduğu ve bunu Ekoloji, Çevre ve Koruma (8) dergisinin takip ettiği görülmektedir. Kirlilik Araştırmaları, Doğa, Çevre ve Kirlilik Teknolojisi ve İleri Eczacılık, Eğitim ve Araştırma Dergisi de aynı sayıda, yani üç makale üretmiştir. Şekil, Elektrikli Araçların LCA çalışmasıyla ilgili en alakalı kaynakları göstermektedir.

**"Şekil 3. Dergiler tarafından üretilen makale sayısı."****"Tablo 1: Dergiler tarafından üretilen makale sayısı."**

| "Kaynaklar"                                        | "Makaleler" |
|----------------------------------------------------|-------------|
| Temiz Üretim Dergisi                               | 15          |
| Ekoloji, Çevre ve Koruma                           | 8           |
| Güncel Bilim                                       | 7           |
| Emerald Gelişmekte Olan Piyasalar Vaka Çalışmaları | 7           |
| Çevre Bilimi ve Kirlilik Araştırmaları             | 4           |
| Çevre Biyolojisi Dergisi                           | 4           |
| Toplam Çevre Bilimi                                | 4           |
| İleri Eczacılık Eğitimi ve Araştırmaları Dergisi   | 3           |
| Doğa Çevre ve Kirlilik Teknoloji                   | 3           |
| Kirlilik Araştırması                               | 3           |

#### 4.4 Dizin

H-endeksi, bir yazarın veya derginin en az h makale yazdığı ve bunların her birine en az h kez atıfta bulunulduğu en yüksek sayıyı ifade eder. Bu endeksin, toplam yayın sayısı veya atıflar gibi daha az karmaşık göstergelerden daha iyi performans göstermesi amaçlanmaktadır. Şekil 4'e göre, Temiz Üretim Dergisi ve ardından Current Science en yüksek H-endeksi faktörüne sahiptir.



"Şekil 4. Dergi H indeksi"

#### 4.5 Bradford Yasası

Bradford'un saçılma yasası, belirli bir konudaki materyalin dergiler arasında nasıl dağıldığını tanımlamak için kullanılabilir. Bölge 1'de yer alan dergiler yüksek kaliteli olarak kabul edilir. Bradford Yasası'na dayalı Kaynak kümelenmesi Tablo 2'de gösterilmiştir. Bölge 1'de yer alan Journal of Cleaner Production dergisi 1. sırada yer almıştır. Bölge 1'i elde eden tek kişi Journal'dır. International Journal of Recent Technology and Engineering, Technological Forecasting and Social Change, International Journal of Precision Engineering And Manufacturing - Green Technology ve diğer tüm dergiler Zone 3 kategorisine girmektedir. Sonuç olarak, elektrikli araçların LCA'sındaki araştırma etkisi, temiz üretim, çevre ve sürdürülebilirlik alanlarındaki araştırma ve uygulamalara odaklanan ve bu araştırma konusunun disiplinler ötesi doğasını gösteren dünya çapında tek bir disiplinler ötesi yayın tarafından domine edilmektedir.

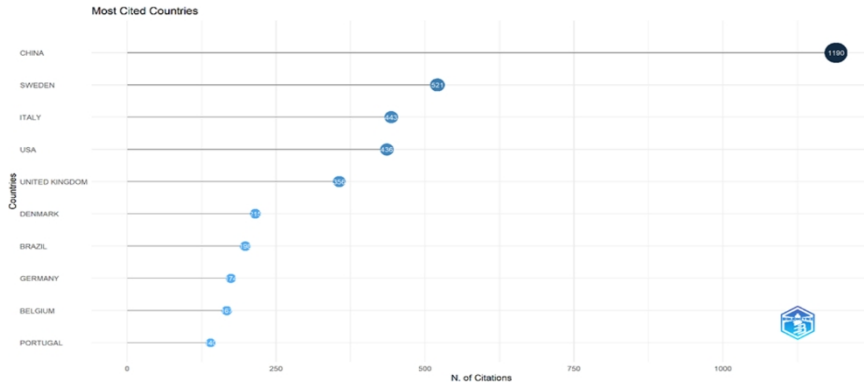
**"Tablo 2: Bradford Yasası aracılığıyla kaynak kümelenmesi"**

| "Günlük"                                                            | "Rütbe" | "Freq" | "Cumf req" | "Zone"  |
|---------------------------------------------------------------------|---------|--------|------------|---------|
| Temiz Üretim Dergisi                                                | 1       | 132    | 132        | Bölge 1 |
| Uluslararası Güncel Teknoloji ve Mühendislik Dergisi                | 2       | 3      | 135        | Bölge 3 |
| Teknolojik Öngörü ve Sosyal Değişim                                 | 3       | 3      | 138        | Bölge 3 |
| Otomobil teknolojisi                                                | 4       | 2      | 140        | Bölge 3 |
| Temiz Teknolojiler ve Çevre Politikası                              | 5       | 2      | 142        | Bölge 3 |
| Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Sistemlerindeki Gelişmeler          | 6       | 1      | 143        | Bölge 3 |
| Endüstriyel Yönetim ve Veri Sistemleri                              | 7       | 1      | 144        | Bölge 3 |
| Endüstri ve İnovasyon                                               | 8       | 1      | 145        | Bölge 3 |
| Uluslararası Otomotiv Teknolojisi ve Yönetimi Dergisi               | 9       | 1      | 146        | Bölge 3 |
| Uluslararası Hassas Mühendislik ve İmalat Dergisi - Yeşil Teknoloji | 10      | 1      | 147        | Bölge 3 |

#### 4.6 En çok atıf yapılan ülkeler

Şekil 5'e göre, Çin 1190 atıf sayısı ile en çok atıf alan ülke olurken, onu İsveç, İtalya, ABD, İngiltere, Danimarka, Brezilya, Almanya, Belçika ve Portekiz takip etmektedir. Dolayısıyla, bu alandaki en etkili araştırmalar Çin'e bağlı araştırmacılar ile Avrupa ve ABD'nin gelişmiş ülkeleri tarafından yürütülmektedir. Brezilya, ilk 10 ülke arasında bu araştırma alanını etkileyen tek gelişmekte olan ülkedir.



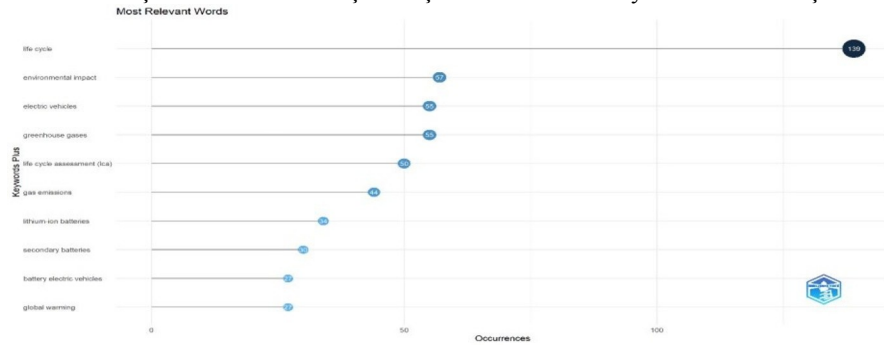


"Şekil 5. En Çok Atıf Yapılan Ülkeler"

#### 4.7 Bilimometrik analiz

Yazarlar tarafından en sık kullanılan anahtar kelimeler yaşam döngüsüdür ve bunu çevresel etki, elektrikli araçlar, sera gazları, yaşam döngüsü değerlendirmesi, gaz emisyonları, lityum-iyon piller, ikincil piller, elektrikli araç pilleri ve gaz emisyonları izlemektedir (Şekil 6). Böylece

Elektrikli araçların LCA'sında en çok araştırılan alt alan bataryalar ve bunların çevresel etkileridir.



"Şekil 6. En Sık Kullanılan Kelimeler"



"Şekil 7. Kelime Bulutu"

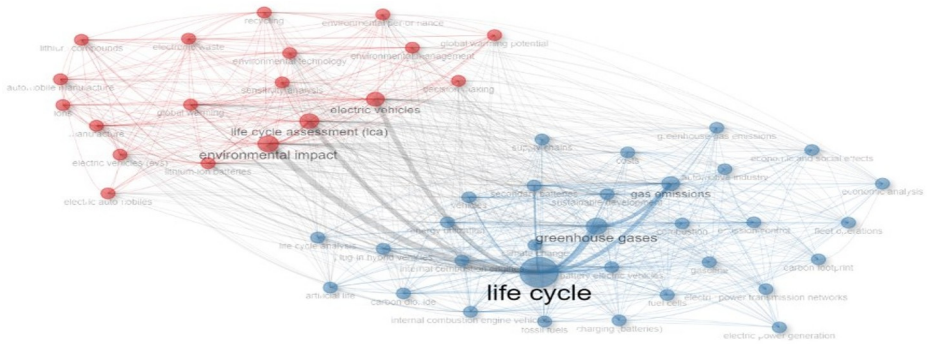
Makalelerin anahtar kelimelerinin kelime bulutu Şekil 7'de gösterilmektedir. Kelime bulutu, her bir metindeki kelimelerin sıklığının grafik bir gösterimidir. Kelime sıklığını göstermek için yaygın olarak kullanılırlar. En çok kullanılan terim "yaşam döngüsü" olup, bunu "çevresel etki", "elektrikli araçlar" ve "sera gazları" takip etmektedir. "Sürdürülebilir kalkınma" ifadesi 29 kez geçmektedir. Dört kelimenin her biri 14 kez geçmiştir: atık yönetimi, uçucu kül, çevresel etki ve sera gazı.

Genellikle anlamsal ağ olarak adlandırılan eş-oluşum ağı, metinde temsil edilen kişiler, gruplar, fikirler veya diğer varlıklar arasındaki potansiyel ilişkileri görselleştiren bir metin analizi yöntemidir. Terimlerin eş-oluşum ağı analizi Şekil 8'de gösterilmiştir. Mavi ve Kırmızı kümeler açıkça görülebilmektedir. Mavi küme yaşam döngüsü, sera gazları, petrol emisyonları, sera gazı emisyonları gibi ifadeleri içerirken, kırmızı küme çevresel etki, yaşam döngüsü değerlendirmesi, elektrikli araçlar gibi anahtar kelimeleri içermektedir (Şekil 8)

Çevresel etki kırmızı kümesi, insan faaliyetlerinin çevreye verebileceği zararı ifade eder. Elektrikli araçlar söz konusu olduğunda, üretim, bertaraf ve araca güç sağlamak için kullanılan enerji kaynaklarının tümü çevresel etkinin bir parçası olarak değerlendirilir. Bir ürün veya hizmeti çevresel açıdan incelemek için yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) adı verilen bir araç kullanılır.

tüm yaşam döngüsü boyunca etkisi. LCA'lar, bir ürün veya hizmetin çevresel etkisinin en aza indirilebileceği alanları belirlemek için kullanılabilir. Elektrikli araçların kullanımı, ulaşımın çevresel etkilerini azaltma potansiyeline sahiptir. Ancak, elektrikli araçların yaşam döngülerinin her aşamasında, yaratılmalarından nihai olarak bertaraf edilmelerine ve onlara güç sağlamak için kullanılan enerji kaynaklarına kadar çevresel etkilerini değerlendirmek çok önemlidir. Elektrikli araçların çevresel etkilerini daha iyi değerlendirebilir ve yaşam döngüsü değerlendirme yöntemlerini kullanarak bu etkiyi azaltmaya yönelik stratejiler bulabiliriz. Bu, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımının azaltılmasını, elektrikli otomobil parçalarının geri dönüştürülme kabiliyetinin artırılmasını veya elektrikli araçların üretimiyle bağlantılı sera gazı emisyonlarının azaltılmasını gerektirebilir.

Sera gazı emisyonları ve diğer çevresel faktörler üzerindeki etki de dahil olmak üzere, bir ürünün, sürecin veya sistemin tüm yaşam döngüsü boyunca insan faaliyetlerinin çevresel etkisini değerlendirme ihtiyacı, yaşam döngüsü, sera gazları, gaz emisyonları, sera gazı emisyonları vb. içeren mavi anahtar kelime kümesinde yansıtılmaktadır. Bir ürünün, sürecin veya sistemin yaşam döngüsünü göz önünde bulundurarak çevresel etkisini daha iyi anlayabiliriz. Ayrıca sera gazı emisyonlarını ve diğer zararlı çevresel etkileri azaltma fırsatlarını da tespit edebiliriz. Bir ürün veya sürecin tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini değerlendirmek için kullanılan bir araç yaşam döngüsü analizidir. Bu, sera gazı emisyonlarının ve diğer çevresel sorunların hammaddelerin çıkarılması, üretimi, nakliyesi, kullanımı ve bertarafından nasıl etkilendiğini içerir. Sera gazları, atmosferdeki ısıyı hapseden ve iklim değişikliği ile küresel ısınmada rol oynayan maddelerdir. Sera gazı emisyonlarına başlıca katkıda bulunanlar tarım, enerji üretimi ve ulaşım gibi insan çabalarıdır. Gazların atmosfere boşaltılması sırasıyla gaz emisyonları ve sera gazı emisyonları olarak adlandırılır. Gaz emisyonları çeşitli gazları ifade edebilirken, sera gazı emisyonları yalnızca sera gazlarının atmosferik salınımını ifade eder. Sürdürülebilirliği teşvik etmek ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek için sera gazı emisyonlarını ve diğer çevresel etkileri azaltmak çok önemlidir. İnsan faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkisini azaltmak için değişiklik yapılabilecek yerleri bulmak için kullanılacak yaklaşımlardan biri yaşam döngüsü analizidir.



### "Şekil 8. Eş-oluşum Ağ Analizi"

#### 4.8 Tematik Harita

Motor temaları yüksek yoğunluk ve yüksek merkezilik ile yüksek bir ilgiye sahiptir. Sera gazları, gaz emisyonları, ikincil bataryalar motor temasını temsil etmektedir. Elektrikli araçlarda ve enerji depolama sistemlerinde bulunan lityum iyon piller gibi ikincil piller, güneş ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını kolaylaştırarak sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olabilir. Bunun nedeni, arzın bol olduğu dönemlerde enerjiyi depolama ve talebin yüksek olduğu dönemlerde serbest bırakma yeteneğidir; bu da fosil yakıtlar kullanılarak enerji üretimine olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Ancak, bu pillerin üretimi sırasında lityum ve kobalt gibi ham minerallerin çıkarılması ve işlenmesi sera gazı emisyonlarını potansiyel olarak artırabilir. Pillerin çevresel etkilerini azaltmak için, hem üretimlerinin hem de bertaraflarının sürdürülebilir bir şekilde yapılmasını garanti etmek çok önemlidir.

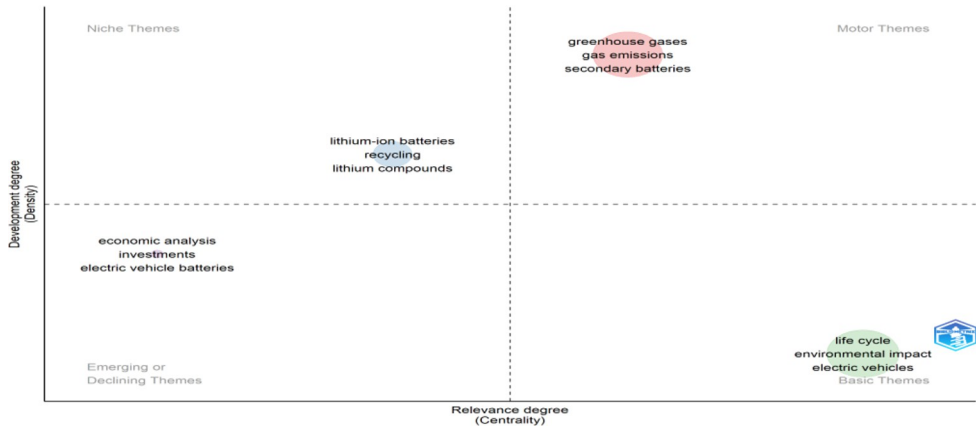
Niş tema, terimin lityum iyon piller, geri dönüşüm ve lityum bileşiklerinden oluşur ve düşük bir alaka derecesi ile yüksek bir yoğunluğa sahiptir. Hepsi lityum-iyon pil yaşam döngüsünün bir bileşeni olduğundan, lityum-iyon piller, geri dönüşüm ve lityum-iyon bileşikleri birbiriyle ilişkilidir. Şarj edilebilir lityum-iyon piller enerji depolama sistemlerinde, elektrikli arabalarda ve taşınabilir cihazlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Lityum-iyon bileşikler gibi içerdikleri birçok metal ve kimyasal madde sayesinde hem enerji depolayabilmekte hem de serbest bırakabilmektedirler. Bu piller amaçlarına hizmet ettikten sonra geri dönüştürülebilir. Geri dönüşüm süreci, lityum, kobalt ve nikel gibi değerli malzemelerin pillerden çıkarılmasını ve daha sonra yeni pillerde veya diğer ürünlerde kullanılmak üzere yeniden tasarlanmasını içerir. Lityum iyon bileşikleri yeni pil teknolojilerinin ve enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesinde de kullanılmaktadır. Araştırmacılar her zaman lityum-iyon pillerin enerji yoğunluğunu, güvenliğini ve sürdürülebilirliğini iyileştirmenin yollarını aramaktadır ve lityum-iyon bileşiklerinin incelenmesi bu araştırmada kritik bir rol oynamaktadır.

Ekonomik analiz, yatırımlar ve elektrikli araç bataryaları terimleri, yoğunluk ve merkezilik bakımından düşük olan gelişmekte olan veya azalan temalar çeyreğidir. Ekonomik analiz, yatırımlar ve elektrikli araç bataryaları; maliyetler, faydalar ve potansiyel getiriler ile ilgili hususları içermektedir. Ekonomik analiz, farklı ekonomik faaliyetlerin maliyet ve faydalarını değerlendirmek için çeşitli araç ve tekniklerin kullanılmasını içerir. Bu tür analizler genellikle yatırımlarla ilgili karar alma süreçlerinde kullanılır çünkü yatırımcıların aşağıdakileri değerlendirmesi gerekir

Farklı yatırım fırsatlarının potansiyel riskleri ve getirileri. Elektrikli araç bataryaları, dikkatli ekonomik analiz ve karar verme gerektiren özel bir yatırım fırsatı türüdür. Bu bataryaların üretimi ve dağıtımı önemli maliyetler içermekle birlikte, giderek daha fazla araç elektrik enerjisine geçtikçe yatırımcılar için önemli getiriler sağlama potansiyeline de sahiptir. Bu nedenle, farklı ekonomik faaliyetlerin ve yatırım fırsatlarının maliyetlerini, faydalarını ve potansiyel getirilerini dikkatlice değerlendirme ihtiyacı vardır.

Yaşam döngüsü, çevresel etki ve elektrikli araçlar, yüksek derecede ilgili ancak düşük derecede gelişmiş temel temayı temsil etmektedir. Elektrikli araçların çevresel etkilerinin tamamı, üretimden bertarafı kadar tüm yaşam döngüleri boyunca dikkate alınmalıdır. Bir ürünün veya sürecin tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini değerlendirmek için kullanılan bir araç yaşam döngüsü analizidir. Elektrikli araçlar söz konusu olduğunda, bu sadece aracın çalıştırılmasının etkilerini değil, aynı zamanda aracın ve bataryasının üretiminde ihtiyaç duyulan enerji ve malzemelerin yanı sıra amacına hizmet ettiğinde araçtan ve parçalarından kurtulmanın etkilerini de içerir.

Çevresel etki, elektrikli otomobillerin bir diğer önemli yönüdür. Elektrikli bir otomobil kullanmak hiçbir emisyon yaymazken, bu araçlarda kullanılan bataryaların üretimi ve imhası çevre üzerinde önemli bir olumsuz etkiye sahip olabilir. Pillerin üretiminde kullanılan lityum ve kobalt gibi hammaddelerin çıkarılması ve işlenmesinin yanı sıra pillerin kullanım ömürlerinin ardından bertaraf edilmesinin de bunda etkisi vardır. Elektrikli araçların genel çevresel etkisini değerlendirmek için, tüm yaşam döngülerini dikkate almak çok önemlidir.



"Şekil 9. Tematik Harita"

## 5 Sonuç

Araştırma için toplam 161 yayın seçilmiştir. Elektrikli araçlarla ilgili Scopus makalelerinin toplam sayısı 2001 yılında iki, 2008 yılında ise birdir. Durgunluktan bu yana elektrikli araç araştırmalarının miktarı giderek artmıştır. 2017, 2018 ve 2019 yıllarında sırasıyla 13, 15 ve 23 makale yayınlanmıştır. Scopus'un 2020'de yayınladığı yayın sayısında önemli bir düşüş yaşandı ve sadece 13 oldu. Bunun nedeni Covid-19 olabilir. Ardından, 2021 ve 2022 yıllarında sırasıyla 28 ve 28 makale yayınlanmıştır. 2023'te elektrikli araçlarla ilgili beş makale bulunmaktadır (Şubat ayına kadar The Journal of Cleaner Production'da "Life cycle assessment of lithium-

ion batteries for plug-in hybrid electric vehicles" 2010 yılında en fazla atıf (373) alan araştırma konusu olmuştur. Bu araştırma konusuna eleştirel kaygılar hakimdir ve bu konuda en fazla 15 yayın yayınlanmıştır.

Eş-oluşum ağı iki anahtar kelime kümesi ortaya çıkarmıştır: sera gazı emisyonları ve diğer çevresel faktörler üzerindeki etki de dahil olmak üzere bir ürün, süreç veya sistemin tüm yaşam döngüsü boyunca insan faaliyetlerinin çevresel etkisinin değerlendirilmesi gerekliliğine ilişkin mavi küme ve çevresel etki veya insan faaliyetlerinin doğal çevre üzerinde yaratabileceği olumsuz etkilere ilişkin kırmızı küme.

Bibliyometrik analize dayalı olarak aşağıdaki gelecek araştırma alanları seçilmiştir:

Elektrikli araçların çevresel etkilerinin tamamı, üretimden bertarafa kadar tüm yaşam döngüleri boyunca dikkate alınmalıdır. Bir ürünün veya sürecin tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkisini değerlendirmek için yaşam döngüsü analizi adı verilen bir yöntem kullanılır. Elektrikli araçların tüm çevresel etkilerini ölçmek için araştırmacılar bu araçların tüm yaşam döngüsünü değerlendirmelidir. Üçüncü olarak, farklı ekonomik faaliyetlerin ve elektrikli bataryaların yatırım fırsatlarının maliyetlerinin, faydalarının ve potansiyel getirilerinin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Elektrikli araçlara yönelik genel eğilim göz önüne alındığında, bunları desteklemek için gereken kaynakları ve çevresel etkileri de dahil olmak üzere bileşenlerin ve hammaddelerinin yaşam döngüsü boyunca maliyet ve faydalarını kapsamlı ve tutarlı bir şekilde tahmin etmek kritik önem taşımaktadır. Bu değerlendirmeler ve bunların sonucunda ortaya çıkan uygun eko-tasarım önlemleri olmaksızın elektrikli araçlar sürdürülebilir ulaşım için en iyi seçenek olmayabilir.

## Referanslar

- [1] I. Vassileva, J. Campillo, *Energy*, **120**, 632-641 (2017)
- [2] A. Brdulak, G. Chaberek, J. Jagodziński, *Energies*, **13**(16), 4239 (2020)
- [3] A.M. Ghasemi, J. *Energy Storage*, **49**, 104136 (2022)
- [4] O. Dlugosch, T. Brandt, D. Neumann. *Enf. Manag.*, **59**(5), 103285 (2022)
- [5] M. Shafique, A. Akbar, M. Rafiq, A. Azam, X. Luo, *Waste Manag. Res.*, **41**(2), 376-388 (2023)
- [6] A. Sharma, A. Saxena, M. Sethi, V. *Renew. sustain. energy rev.*, **15**(1), 871-875 (2011)
- [7] S. Dixit, *İnşaatta Organizasyon, Teknoloji ve Yönetim* 12, 2275 (2020)
- [8] S. Dixit, R. Arora, K. Kumar, S. Bansal, N. Vatin, K. Araszkiwicz ve K. Epifantsev, *Mater Today Proc* 2353 (2022)
- [9] K. Sharma, R. Arora, R. Nangia, R. Singel, Dharmveer ve S. Dixit, *Mater Today Proc* (2022) içinde, s. 266-270
- [10] K. Kumar, R. Arora, S. Khan, and S. Dixit, in *Mater Today Proc* (2022), pp. 1886-1890
- [11] K. Zheng Yang, A. Pramanik, A. K. Basak, Y. Dong, C. Prakash, S. Shankar, S. Dixit, K. Kumar, ve N. Ivanovich Vatin, *Ain Shams Mühendislik Dergisi* (2022)
- [12] D. N. Nguyen, M. P. Dang, S. Dixit ve T.-P. Dao, *International Journal on Interactive Design and Manufacturing* (2022)
- [13] A. Saini, G. Singh, S. Mehta, H. Singh ve S. Dixit, *International Journal on Interactive Design and Manufacturing* (2022)
- [14] S. Dixit ve A. Stefańska, *Ain Shams Mühendislik Dergisi* (2022)
- [15] S. Dixit, A. Stefańska ve A. Musiuk, *Ain Shams Mühendislik Dergisi* 12, 2321 (2021)
- [16] H. Bindu Katikala, T. Pavan Kumar, B. Manideep Reddy, B. V.V.Pavan Kumar, G. Ramana Murthy, ve S. Dixit, *Mater Today Proc* (2022) içinde, s. 576-581
- [17] B. Suthar, Y. Choi ve S. Jung, 2021 30. IEEE Uluslararası Robot ve İnsan Etkileşimli İletişim Konferansı (RO-MAN) (2021), s. 899-904

- [18] L. Heisnam ve B. Suthar, IEEE Robotics and Automation for Humanitarian Applications (RAHA), 2016 International Conference On (IEEE, 2016) içinde, s. 1-5
- [19] O. A. Shvetsova ve B. Suthar, in 2018 IEEE International Conference" Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS) (IEEE, 2018), pp. 873-876
- [20] R. K. Rai, A. K. Gosain, P. Singh ve S. Dixit, Swat ve Apex Modelini Kullanan Çiftçiler için Çiftlik Danışmanlık Hizmetleri (2021)
- [21] S. Singh, A. Bala, S. Dixit ve D. Varshney, Uluslararası İnşaat Mühendisliği ve Teknolojisi Dergisi 9, 330 (2018)
- [22] S. I. Khan, Z. Qadir, H. S. Munawar, S. R. Nayak, A. K. Budati, K. D. Verma ve D. Prakash, Physical Communication 47, (2021)
- [23] M. V. S. Rao, V. S. Reddy ve C. Sasikala, Journal of The Institution of Engineers (India): Seri A 98, 501 (2017)