

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LOJİSTİKTE ELEKTRİK MOTORLU
ARAÇLARIN SEÇİMİ ÜZERİNE BİR
UYGULAMA



Mehmet GÜNAY

Ekim, 2019
İZMİR

LOJİSTİKTE ELEKTRİK MOTORLU ARAÇLARIN SEÇİMİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Lojistik Mühendisliği Anabilim Dalı

Mehmet GÜNAY

Ekim, 2019

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MEHMET GÜNAY, tarafından DOÇ.DR. GÜL DENKTAŞ ŞAKAR yönetiminde hazırlanan “LOJİSTİKTE ELEKTRİK MOTORLU ARAÇLARIN SEÇİMİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



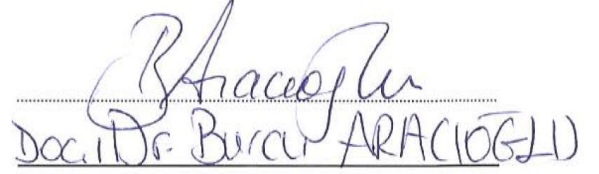
Doç.Dr. Gül DENKTAŞ ŞAKAR

Yönetici



Prof.Dr. Dener ESMEN

Jüri Üyesi



Jüri Üyesi



Prof.Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, bugüne kadar benden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım ve benden desteklerini esirgemeyen, sayın Prof. Dr. Soner ESMER' e ve tez danışmanım Doç.Dr. Gül DENKTAŞ ŞAKAR' a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım esnasında beni anlayışla karşılayan, araştırmalarımda ve işlerimde bana destek olan tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Mehmet GÜNAY

LOJİSTİKTE ELEKTRİK MOTORLU ARAÇLARIN SEÇİMİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

ÖZ

Lojistik, gündelik hayatımızın her noktasında kullandığımız ürünlerin, ilk üreticiden son tüketiciye kadar olan tüm süreci ifade eden bir kavramdır. Son yıllarda artan ticaret hacmiyle birlikte hem üreticiler hem de tüketiciler yaşam alanı olarak kent merkezlerini seçmektedir. Bunun sonucunda da kentsel lojistik kavramı önem kazanmaya başlamıştır.

Kent merkezlerindeki nüfus artışı, lojistikte kullanılan araç sayısının da artmasına sebep olmuştur. Lojistikte, büyük oranda geleneksel araçlar kullanılmaktadır. Fakat fosil yakıtlı araçların enerji tüketim durumları ve çevreye olan olumsuz etkileri göz önüne alındığında alternatif yakıt ve alternatif araç teknolojilerin kullanımının düşünülmesi gereklidir.

Bu tez çalışmasında, ilk olarak kent lojistiğinin tanımı yapılmış ve gelişim süreci anlatılmıştır. Alternatif yakıtlar ve alternatif araç teknolojileri incelenmiş, alternatif araç teknolojilerinden biri olan elektrikli araç çeşitleri ve kullanım şekilleri tanımlanmıştır. Kent lojistiğinde elektrikli araçların kullanılması üzerine durulmuş, lojistik ve taşımacılık firmalarının elektrikli araç kullanımı hakkında görüşleri ve deneyimleri sorgulanmış, elektrikli araçların lojistikte kullanılmasının güçlü ve zayıf tarafları ortaya konulmuş ve son olarak elektrikli araçların lojistikte kullanımının yaygınlaşması hususunda alınması gereken tedbirler açıklanmış ve öneriler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Alternatif araç, alternatif yakıt, elektrikli araç, kent lojistiği, lojistik

AN APPLICATION ON THE SELECTION OF ELECTRIC MOTOR VEHICLES IN LOGISTICS

ABSTRACT

Logistics is a concept that expresses the entire process from the first producer to the final consumer. With the increasing trade volume in recent years, both producers and consumers choose urban centers as living spaces. As a result, the concept of urban logistics has gained importance.

The population growth in urban centers has also increased the number of vehicles used in logistics. Vehicles used in logistics are generally fossil fuel vehicles. However, considering the energy consumption of fossil fuel vehicles and their negative effects on the environment, the use of alternative fuel and alternative vehicle technologies should be considered.

In this thesis, firstly the definition of urban logistics and development process is explained. Alternative fuels and alternative vehicle technologies have been examined and electric vehicles, which are one of the alternative vehicle technologies, are defined. In urban logistics, the use of electric vehicles is emphasized, the opinions and experiences of the logistic and transportation companies on the use of electric vehicles have been questioned, the strengths and weaknesses of the use of electric vehicles in logistics have been put forward and finally, the measures to be taken for the widespread use of electric vehicles in logistics are explained and suggestions are presented.

Keywords: Alternative vehicle alternative fuel, electric vehicle, urban logistics, logistics

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix

BÖLÜM BİR – KENT LOJİSTİĞİ..... 1

1.1 Kent Lojistiği Kavramı.....	1
1.2 Kent Lojistiğinin Önemi.....	6
1.2.1 Ekonomik.....	7
1.2.2 Sosyal.....	7
1.2.3 Çevresel	7
1.2.4 Yol Güvenliği	7
1.3 Kent Lojistiğinde Sürdürülebilirlik	8
1.4 Kent Lojistiğinde Taşımacılığın Önemi	12

BÖLÜM İKİ - ALTERNATİF ARAÇ TEKNOLOJİLERİ..... 21

2.1 Lojistikte Kullanılan Araçlar.....	21
2.2 Alternatif Araç Teknolojileri Ve Alternatif	27
2.2.1 İçten Yanmalı Motorlu Araçlar	28
2.2.2 Hibrit Araçlar.....	28
2.2.3 Doğalgaz	29
2.2.4 LPG Teknolojisi	30
2.2.5 Biyoyakıtlar	31
2.2.6 Yakıt Hücreleri	32

2.2.7 Hidrojen Enerjisi.....	32
2.2.8 Elektrikli Araçlar	33
2.2.8.1 Batarya Elektrikli Araçlar	35
2.2.8.2 Hibrit Elektrikli Araçlar	37
2.2.8.3 Fişli Hibrit Araçlar	38
2.3 Elektrikli Araçların Kent Lojistiğinde Kullanılması	39
 BÖLÜM ÜÇ - LOJİSTİKTE ELEKTRİK MOTORLU ARAÇLARIN SEÇİMİ	
ÜZERİNE BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI.....	43
 3.1 Araştırmanın Amacı	43
3.2 Araştırmanın Kapsamı.....	43
3.3 Veri Toplama Yöntemleri	44
3.4 Verilerin Analizi.....	45
3.5 Bulgular	46
 BÖLÜM DÖRT – SONUÇLAR.....	56
 KAYNAKLAR	61

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Kentsel lojistiğin vizyon hedefleri.	4
Şekil 1.2 Kentsel lojistiğin özellikleri ve negatif etkileri arasındaki ilişki.	8
Şekil 1.3 Kent lojistiğinde sürdürülebilirlik ilişkisi.	12
Şekil 1.4 1995 - 2016 yılları arasındaki yolcu - taşımacılık - GSYH değişim oranları grafiği.	15
Şekil 1.5 Sürdürülebilir kentsel taşımacılık için üç çözüm yolunun birleşimi	16
Şekil 2.1 Araç aks ve tekerlek konfigürasyonları	23
Şekil 2.2 Aks ve teker sayılarına göre sınıflandırılan araç şekilleri.	24



TABLÖLER LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 ABD’ de araçların toplam ağırlık seviyesine göre sınıflandırılması	21
Tablo 2.2 Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye’de araçların sınıflandırılması	22
Tablo 2.3 Avrupa’da kullanılan hafif ticari araçlar.	25
Tablo 2.4 Avrupa’da kullanılan orta ve ağır ticari araçlar.....	25



BÖLÜM BİR

KENT LOJİSTİĞİ

1.1 Kent Lojistiği Kavramı

Kent lojistiğini kavram olarak, lojistik ve ulaştırma faaliyetlerinde çevresel faktörler, trafik sıkışıklığı, trafik güvenliği ve enerji tüketiminin bilgi sistemleri desteği ile optimize edildiği bir süreç olarak ifade edebiliriz (Taniguchi, 2015).

Kent lojistiğinin birçok tanımı vardır, ancak hepsinin ortak noktası, kent lojistiğinin, yaşam alanlardaki ürünlerin taşınması sırasında, yoğunluk, güvenlik ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri hesaba katarak, etkili ve verimli yollar bulmasıdır. Kent lojistiğinin, şehir merkezlerinde yaşayan insanlar için olumlu ve olumsuz birçok etkisi vardır. Günümüzde teknolojiye ve sosyal alanlarda gerçekleşen yenilikler bu etkileri direkt veya dolaylı olarak etkilemektedir (Savelsbergh ve Woensel, 2016).

Şehirler, küreselleşmenin yol açtığı ekonomik ve teknolojik değişiklikleri göz önünde bulundurarak rekabet gücünü ve sürdürülebilir kentsel gelişmeyi bir araya getirme zorluğuyla karşı karşıyadır. Ulaşım, sosyal, ekonomik ve çevresel koşullar gibi kentsel durumlar üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Tüm bu etkilere rağmen şehirler giderek büyümeye ve genişlemeye devam etmektedir. İnsanların yaşamak için şehir merkezlerini tercih etmesi, barınma ve çalışma olanaklarını doğrudan etkilemektedir (Foltyński, 2016).

Kent lojistiğinin verimli ve sürdürülebilir olmasını sağlamasına yardımcı olmak için elde edilecek veriler çok önemlidir. Çevresel, teknolojik ve sosyal alanda edinilen tecrübeler neticesinde bazı sonuçlara varılmalı ve geribildirimler elde edilmelidir. Burada amaç, ulaşım sistemlerinin toplumun çevresel, ekonomik ve sosyal ihtiyaçlarını karşılarken aynı zamanda sebep olduğu olumsuz etkilerini de en aza indirmektir (Küçük, 2011).

Ekonomik büyümede katalizör görevi görev şehirler, ülkeler için çok önemli olduğundan ekonomik kalkınmayla birlikte büyümeye devam edecektir. Kent lojistiği, bir şehrin büyüme ve gelişiminin önemli bir parçası haline gelmiştir. Gelişmiş bir kentsel lojistik sistemi, ekonomik büyüme oranını hızlandırabilir, maliyetleri azaltabilir, ekonomik verimliliği artırabilir, yatırım ortamını iyileştirebilir, doğrudan yabancı yatırımları artırabilir, kentsel işsizliği çözebilir ve bölgesel ekonominin gelişimini destekleyebilir. Bununla birlikte, yapılan çalışmalar kent lojistiğinin aynı zamanda tedarik zincirinin en pahalı ve enerji tüketimi en yüksek kısmı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, kentsel lojistiği geliştirmek kaçınılmazdır. Bu sayede insanlar uygun bir ortamda yaşayabilir ve çalışabilir (Rao, Goh, Zhao ve Zheng, 2015).

Şehir merkezlerinde yaşayan nüfusun artması ve ticaret hacminin büyümesiyle birlikte kent lojistiğinde meydana gelen olumlu ve olumsuz tüm gelişmeler kısa vadeli değil uzun dönemde etkileri görülecek çözümlere ulaştırılmalıdır. Kent lojistiğinin artmasıyla meydana gelen problem sahalarının uygun lojistik planlamalarla en aza indirgenmesi amaçlanmaktadır. Kent lojistiğinde yaşanacak gelişmelerin nihai beklentisi, yetişmiş personel istihdamı, düşük maliyet, uygun sosyal yaşam alanları, verimliliği artırma ve sürdürülebilirliktir (Özbiltekin, Gözaçan, Sürgeç, ve Öztürkoğlu, 2018).

Birleşmiş Milletler 'in 2010 yılında yaptığı bir araştırmaya göre dünya genelinde yaşayan 7 milyar insanın yaklaşık yarısının kentsel alanlarda yaşadığı ve bunun 2030 yılına kadar %60' ın üzerine çıkacağı tahmin edilmektedir. Kent merkezlerinde yaşayan insanlar arasında, 65 yaşın üzerindeki kişilerin oranı 2010 yılında % 7,6 iken 2060 yılında bu oranın %18,3 olacağı öngörülmektedir. Bu demografik koşullar altında, kentsel lojistik, insanlar için daha iyi bir yaşamı desteklemek adına önemli hale gelmiştir (Taniguchi, 2014).

Kent lojistiğinin olumlu tarafları olsa da genelde olumsuz tarafları ön plana çıkmaktadır. Modern şehirler, etkili kent lojistik sistemlerine ihtiyaç duyuyor. Fakat halen ürün ve hizmet taleplerini yerine getirmekten çok atıkları ve kent lojistiğinin

sebeap olduğu olumsuz etkileri ortadan kaldırmaya çalışılmaktadır. Bu olumsuz etkiler birçok alanı etkilemektedir (Nesterova, Quak, Balm, Roche-Cerasi, ve Tretvik, 2013). Örneğin:

- İnsan (kazalar, gürültü kirliliği ve emisyon kaynaklı sağlık problemleri)
- Kazanç (lojistik verimsizlik)
- Doğa (CO₂ emisyonu)

Şehir lojistiği toplam optimizasyonu hedeflediğinden, dahil olan tüm unsurların amaçlarını ve davranışlarını dikkate alması gerekmektedir. Geleneksel yaklaşımdan farklı olarak kent lojistiğinde maliyet ve hizmet sunmanın yanında ekonomik, sosyal ve çevresel etkiler göz önünde bulundurulmalıdır. Kentsel lojistikte taşımacılık incelenirken, sistem mühendisliği, bilgi teknolojileri, ulaşım planlaması, arazi kullanımı, ekonomi, coğrafya ve sosyal bilimler gibi farklı disiplinlerin katkılarıyla entegre bir yapı oluşturulmalıdır. Şehir lojistiğini etkileyen ana unsurlar:

- Üreticiler
- Taşıyıcılar
- Yöneticiler
- Tüketiciler

Üretici, yüksek kar hedefleriyle daha düşük maliyetle güvenilir lojistik hizmetlere sahip olmak ister. Yük taşıyıcıların hedefi, üreticilerin isteklerine uygun ve düşük maliyetle faaliyetleri sürdürmektir. Yöneticiler, bu akışın kontrolünü sağlamaktan sorumludur ve aynı zamanda tüketicinin de çıkarlarını düşünmek zorundadır. Tüketici ise düşük maliyetle hizmet ve ürün almayı hedeflerlerken aynı zamanda çevresel faktörlerin de göz önüne alınarak sürdürebilir yaşamın bozulmamasını istemektedir (Taniguchi ve Thompson, 2015).

Kent lojistiğinin uygulanması sürecinde, verimli, güvenli ve çevre dostu kentsel lojistik sistemleri kurmak için uygun bir vizyon geliştirmek gerekir. Bu amaçla, kentsel lojistiği kullanarak gerçekleşecek faaliyetler için öncelikli hedefler

belirlenmelidir (Taniguchi, Thompson ve Yamada, 2014). Kentsel lojistiğin başarısının sağlanmasında belirlenecek olan ana hedefler:

- a. Mobilite
- b. Sürdürülebilirlik
- c. Yaşanılabilirlik
- d. Esneklik

Şekil 1.1’de kentsel lojistiğin dört ana hedefi ve kentsel lojistiğin vizyonunun belirlenmesinde göz önünde bulundurulacak faktörler sıralanmıştır. Her bir sütun kentsel lojistiğin uygulama hedefini gösterir. Her hedef için ortak olan faktörler sıralı olarak görülmektedir.



Şekil 1.1 Kentsel lojistiğin vizyon hedefleri (Taniguchi, Thompson ve Yamada, 2014)

Mobilite, kentsel alanlarda ve kentsel alan dışına yapılan taşıma için basit bir gerekliliktir. Güvenilir karayolu, demiryolu ve diğer taşıma çeşitleri bağlantı ve seyahat süreleri açısından önemlidir. Yeterli karayolu trafik ağının oluşturulması ve trafik sıkışıklığının azaltılması kentsel lojistiğin yönetiminde her zaman gereklidir.

Aynı zamanda kent içi yük taşımacılığı için hayati öneme sahiptir. Çünkü birçok taşımacılık işletmesi “tam zamanında” prensibini uygular ve ürünleri belirlenen süre ve zamanlarda teslim etmek ister.

Sürdürülebilirlik, insanların hava ve gürültü kirliliği, titreşim ve görsel yıkım gibi çevresel konularda daha fazla endişe duymaları nedeniyle önem kazanmıştır. Genellikle büyük araçlar bu olumsuz çevresel etkilerin kaynağıdır. Bu nedenle, kamyonların sebep olduğu çevre üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirilmesi, kentsel yük taşımacılığı sistemlerinin yönetiminde ele alınması gereken önemli bir konudur. Ayrıca, sürdürülebilir bir şehir sağlamak için enerji tüketimini de en aza indirmek gerekmektedir.

Kentsel lojistiğin planlanmasında **yaşanabilirlik** faktörünün dikkate alınması gereklidir. Şehirlerde yaşayan insanlar, kentsel dağıtım sistemine dayanan çok çeşitli ürünlerin perakende mağazalara ve hatta doğrudan evlere ulaşımına dayanan lojistik sistemi kullanırlar. Fakat aynı zamanda şehir içindeki ağır araçların sebep olabilecekleri tehlike, trafik güvenliği ve çevresel konulara da ilgilidirler.

Son zamanlarda doğal ve insan kaynaklı tehlikelerin artması sebebiyle **esneklik** çok daha önemli bir duruma gelmiştir. Çünkü doğanın dengesi giderek bozulmakta ve insanların sebep olduğu çevresel değişimler giderek artmaktadır. Şehirlerin bu değişimlere en az zararla cevap verebilmesi ve önlem alması elzemdir. Bu da ancak önceden belirlenen planlama ve çözümlerin uygulanmasıyla gerçekleştirilebilir. Doğal ve insan kaynaklı tehlikelerin neden olabileceği hasarları azaltmak için bu tür olaylardan sonra hızlı bir iyileşme sağlamak amacıyla kentsel alanlarda altyapılar geliştirilmelidir.

Daha hareketli, sürdürülebilir ve yaşanabilir şehirler için hedefler ve vizyon verileri kentsel lojistiğin planlanmasında dikkate alınmalıdır. Kentsel lojistik problemleri, ekonomik, finansal, çevresel ve sosyal etkileri nedeniyle oldukça çeşitli ve karmaşık yapıdadır. Bu yapının planlamasının ve işletilmesinin başarısı,

belirlenen faktörlerin uygulanmasına bağlı olarak değişkenlik gösterir (Taniguchi, Thompson ve Yamada, 2014).

1.2 Kent Lojistiğinin Önemi

Karayolu taşımacılığı, diğer taşımacılık türleri ile karşılaştırıldığında planlaması ve takibi daha kolay olmasına rağmen daha az kontrol edilen bir taşıma türüdür. Fakat kent lojistiğinin en önemli ayaklarından biridir. Avrupa Birliği ülkelerinde yapılan bir araştırmaya göre karayolunda taşınan toplam yük miktarının %34' ü şehir merkezlerinde taşınmaktadır. Buna ek olarak 3,5 ton ve üzeri brüt ağırlığı olan taşıma araçları tüm araç sayısının %10' unu oluşturmakta ve bu araçların toplam trafiğine katılım oranı %10 - %20 (araç-km) arasındadır. Lojistik sistemler kentsel alanların %3-%5 kadarını kaplarken toplam işgücünün de %2 - %5' i kentsel lojistik hizmetlerin gerçekleşmesi için kullanılmaktadır. Daha düşük kapasiteli, kamyonet tarzı araçların şehir merkezlerinde gerçekleşen lojistik operasyonlarda kullanımının giderek artması kentsel lojistiğin önemini biraz daha arttırmaktadır (European Commission, 2007).

Şehirler, sadece ürünlerin ulaştırıldığı yerler değildir. Üretim, depolama, elleçleme, konsolidasyon gibi diğer lojistik faaliyetlerin de bir kısmı şehir merkezlerinde gerçekleşmektedir. Büyük resme bakıldığında, şehir merkezlerinde işlem gören yüklerin %20 - 25' i şehir dışına gönderilen, %40 - %50' si şehir merkezlerine ulaşan ve kalan kısım da şehir içinde dağıtılan yüklerdir (Dablane, 2009).

Şehir merkezleri, artan yük hareketi ve trafik sıkışıklığı nedeniyle ekonomik, sosyal, çevre ve yol güvenliği açısından hissedilir şekilde etkilenmektedir. Küreselleşmenin ve uluslararası ticaretin artmasıyla birlikte tüketicilerin talep ettikleri ürünlere daha kısa sürelerde ulaşabilmeleri pozitif bir durum olarak düşünülse de bu durumun yarattığı negatif etkilerden de yine tüketiciler etkilenmektedir. Şekil 1.2'de kentsel lojistiğin özellikleri ve negatif etkileri arasındaki ilişki gösterilmiştir (Browne, Allen, Nemoto ve Patier, 2012).

1.2.1 Ekonomik

Kentsel lojistiğin gelişmesiyle trafik sıkışıklıklarından kaynaklanan gecikmeler, artan ulaşım süreleri, yüksek stok tutma maliyetlerine, ürünlerin varma noktalarına geç ulaşmalarına ve dolayısıyla artan taşıma maliyetlerine neden olmaktadır. Çünkü lojistikte zaman ve ücretler arasında direkt bir bağlantı vardır. Bu durum, taşımacıların risk alarak uzun fakat daha hızlı farklı lojistik yollar kullanmalarına, güvenlik ihlallerine ve yine farklı rota kullanımından kaynaklı yüksek taşıma maliyetlerine neden olabilir.

1.2.2 Sosyal

Şehir nüfusu aynı zamanda tüketicilerden oluştuğu için ürünlerle ilgili talep oluştururlar ve bu talepler kentsel ürünlerle ilgili bir pazar oluşumuna neden olur. Tüketiciler, ürünlere ihtiyaçları olduğu zaman ulaşabilmeyi ister ve aksaklıkları da memnuniyetle karşılamaz. Kentsel lojistikte büyük araçların trafikte olması, sebep oldukları sıkışıklık ve kaza riskleri şehirlerde yaşayan insanları olumsuz olarak etkiler.

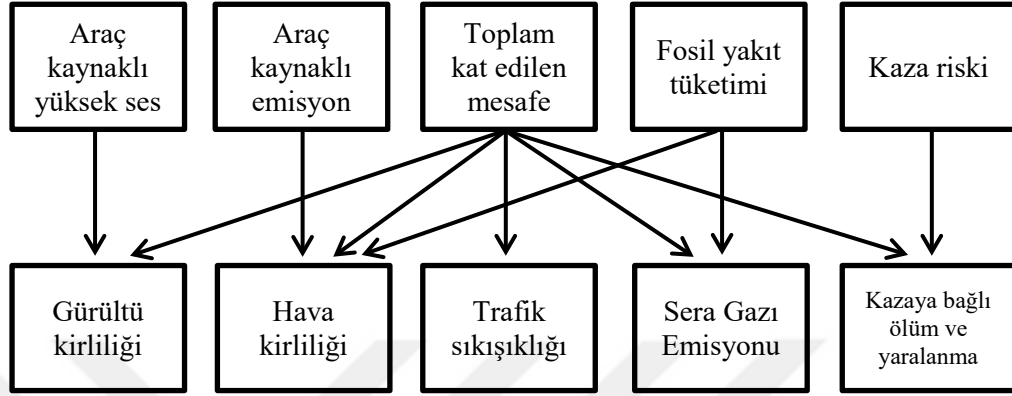
1.2.3 Çevresel

Kent lojistiğinin çevresel etkisi, artan trafik hacminin sonucu olarak yakıt tüketimin artması, tüketimden kaynaklı doğal kaynakların azalması ve çevreye zarar veren gazların yayılması gibi durumlara neden olur. Bunların yanında araç yoğunluğu, araçlardan kaynaklanan ses ve hava gibi kirlilikleri ve kaza riskleri diğer çevresel etmenlerdendir.

1.2.4 Yol Güvenliği

Şehir merkezlerinde yük hareketinin artması, trafikteki araç sayısını, araçların cins ve büyüklüklerini, yolları, sürücüleri, yol altyapı ve üstyapı planlamaları gibi temel ulaşım faktörlerini doğrudan etkilemektedir. Sürücülerin bilgi yetersizliklerinin

olması durumunda da ölümle sonuçlanacak durumların yaşanması mümkün hale gelmektedir. Şehir merkezlerinde artan lojistik hizmetler ve taşımacılık operasyonları kentsel lojistiğin problem sahalarından biridir.



Şekil 1.2 Kentsel lojistiğin özellikleri ve negatif etkileri arasındaki ilişki (Browne ve diğer., 2012)

Kent lojistiğinin hedefi, talep ve üretim arasında bir denge kurarak şehirdeki lojistik akışın optimizasyonunu sağlamaktır. Şehirler, demografik, coğrafi, sosyal, tarihsel ve diğer karakteristik özellikleri itibari ile birbirlerinden farklıdır. Kent lojistiğinin hedefleri uygulanırken tüm şehirlerde aynı etki görülmeyebilir. Bu nedenle kentsel lojistiğin uygulanması esnasında karşılaşılan problemler iyi anlaşılmalı ve problemle ilgili tüm veriler toplanarak bilgi teknolojileri, yerel yönetimler, finans ve insan kaynakları da konuya dahil edilerek uzun vadeli çözümler üretilmeye çalışılmalıdır. Burada amaç yalnızca problemleri ortadan kaldırmak değil, kentsel lojistiğin sürdürülebilirliğini de sağlamaktır (Tadić, Zečević ve Krstić, 2015).

1.3 Kent Lojistiğinde Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik, ilk kez Brundtland Raporu olarak da bilinen Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayınlanan, Ortak Geleceğimiz adlı raporda “**sürdürülebilir kalkınma**” tanımıyla büyük bir anlam kazanmıştır. Bu rapora göre sürdürülebilir kalkınma:

Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme kabiliyetinden ödün vermeden, bugünün ihtiyaçlarını karşılayabildikleri bir gelişmedir. Bu tanım içerisinde iki temel kavram içerir: dünya nüfusunun fakir bölgelerine gerekli olan zorunlu ihtiyaçlarının sağlanması hedefleyen “ ihtiyaçlar konsepti” ve teknolojik ve sosyal yapıların çevresel yeterliliklere göre bugünkü ve gelecekteki ihtiyaçlarının sınırlanması konsepti... (Brundtland, 1987, s. 36).

Bu tanımlamanın üç temel bileşeni vardır:

1. Ekonomik büyüme
2. Günümüz ihtiyaçlarının karşılanmasında sosyal eşitlik
3. Bugünün ve geleceğin ihtiyaçlarının karşılanmasında çevrenin korunması

Sürdürülebilir kalkınmadan farklı olarak, kentsel lojistiğin sürdürülebilirliğini tanımlamak güçtür. Temel olarak her iki yaklaşımın da örtüşmesi stratejik açıdan önemlidir. Kentsel lojistiğin sürdürülebilirliği sağlandığında kalkınmanın da sürdürülebilirliğine girdi sağlanmış olacaktır. Bu çerçeveden bakarak, kentsel lojistiğin sürdürülebilirlik prensiplerini sıralayabiliriz (May ve diğer., 2001).

- Verimli ekonomi
- Yaşanılabilir sokak ve mahalleler
- Çevrenin korunması
- Eşitlik ve sosyal birliktelik
- Güvenlik
- Ekonomik büyümeye katkı

Şehirler, insan nüfusunun, çevresel kaynakların, insanların neden olduğu çevresel değişikliklerin (yapılar, binalar, atıklar vb.), sosyal hayatın, ekonomik faktörlerin bir araya gelmesiyle oluşmuş konsantre bir yapıdır. Kentsel lojistik, bir araya gelen yapının elemanlarının birbiriyle olan ilişkilerini düzenler ve bütün bir yapı oluşturabilmek için sistem çözümlemeleri sunar. Sistem çözümlemeleri, sistemin

dışındaki diğer çevresel ve sosyal yapıdan etkilenebilir. Sürdürülebilirliği sağlamak için etkin sistemler geliştirmek ve uygulamak gerekir (Pawlak ve Stajniak, 2011).

Şehirlerin etkili ve uygun bir şekilde yönetilebilmesinde, kentsel lojistiğin özelliklerinin ve etkilerinin iyi anlaşılmış olması gerekmektedir. Kentlerde, zaman kaybına neden olan işlevsiz yolların değiştirilmesi, trafikteki tıkanıklığı azaltacak alternatif yolların belirlenmesi, kaynakların düzgün kullanılması, ürün ve hizmet akışı arasındaki ilişkinin etkin bir şekilde sağlanması kent içi lojistik faaliyetlerin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında önemli bir rol teşkil etmektedir. Kentlerde kurulan etkili lojistik sistemlerin ürün ve bilgi akışının sürdürülebilir kalkınmanın ilkelerine ve şehir sakinlerinin beklentilerine cevap verecek şekilde kurulması esastır (Pawlak, 2007).

Kent lojistiğinin daha verimli hale getirilmesi için dağıtım merkezleri veya kent konsolidasyon merkezlerinde yükün birleştirilmesi düşünülebilir. Yükün birleşmesi verimliliği artırırken, lojistik süreci de daha karmaşık hale getirebilir. Bu merkezlerin şehrin özellikli bir bölgesinde toplanması düşünülmelidir. Konsolide edilen yükün yakın bölgelere dağıtımı, yine bu merkezden sağlanır. Bu sayede, kent merkezlerinde hareket eden araçların kat ettikleri mesafenin %30 azalacağı öngörülmektedir. Başka bir düşünce ise konsolidasyon merkezlerinin şehirlerin uzak bölgelerine konumlandırılması ve daha küçük merkezlerin ise şehrin farklı bölgelerinde faaliyet göstermeleridir. Büyük araçlarla gelen yük, dış konsolidasyon merkezlerinde ayrıştırma ve birleştirme işlemlerine tabi tutulmalarını müteakip şehir merkezindeki daha küçük dağıtım merkezlerine gönderilir. Buradan da daha küçük araçlarla kentin ilgili yerlerine taşıma sağlanır. Yine burada sistemli bir çalışma ve bilgi alışverişi sağlanmalıdır. Son kilometre lojistiği ve üçüncü parti lojistik firmalarının kullanılması yöntemleri bu yaklaşımla birlikte düşünülebilir. Kent lojistiği aşağıda belirtilen maddelerin bir ya da daha fazlasını kapsar (Ehmke, 2012).

- 1- Gelişmiş bilgi sistemi
- 2- Konsolide yük taşıma sistemi
- 3- Lojistik terminaller

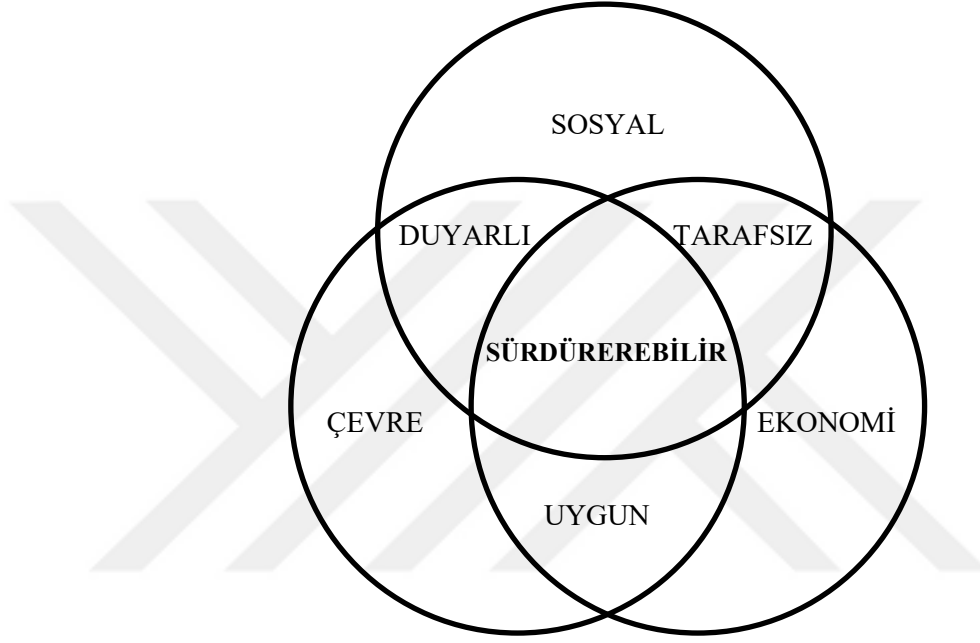
- 4- Yük faktörü kontrolü (ortalama yük/ toplam yük)
- 5- Yeraltı yük taşıma sistemleri

Bu faktörler kentsel lojistikte taşımacılığın istenilen şekilde yerine getirilebilmesi için belirlenmiş ana aktörlerdir. İyi bir bilgi sistemi oluşturulursa, yükün ilk noktadan hareketinden itibaren son noktaya gidinceye kadar her türlü bilgi akışı sağlanabilir. Yükün taşınmasının konsolide edilmesi, araç hareketini azaltacağı gibi maliyetleri de hissedilir oranda düşürebilir. Lojistik merkezler, yükün birleştirilmesi ve özellikle kent içi araç hareketinin azaltılmasını kapsar. Yük faktörü kontrolü, hem yükün miktarını hesaplar aynı zamanda da araç limitlerine uygun yükün taşınabilirliğini denetleme mekanizması görevi yapar. Tüm bunların dışında özellikle taşımacılığın olumsuz etkilerini azaltmak maksadıyla yeraltı yük taşıma sistemlerinin oluşturulması düşünülmelidir (Taniguchi, Russell, Yamada ve Duin, 2001).

Kent lojistiği şehir planlamacılığının önemli bir bileşeni haline gelmiştir. Kentsel lojistiğin sürdürülebilirliği, ekonomik büyümenin gerçek manada sağlanması için şarttır. Fakat bunun gerçekleşebilmesi için, trafik sıklıklığı, evre ve enerji tasarrufu gibi üstesinden gelinmesi gereken birçok problem mevcuttur. Kent lojistiğinde de düşük maliyet ve yüksek verimlilik beklenmektedir (Taniguchi ve Heijden, 2000).

Kent lojistiğinde, taşımacılık, sürdürülebilirlik ve yaşanılabilirlik şehir merkezleri için son derece önemli bir konulardır. Son zamanlarda kentsel lojistiğe daha fazla önem verilmeye başlanmıştır, çünkü, hava ve gürültü kirliliğinin yanı sıra güvenlik konuları da dahil olmak üzere evre sorunları hakkında giderek artan endişeler mevcuttur. Ekonomik gelişmeyi çevresel koruma ve güvenlik ile dengelemek, şehirlerde daha iyi yaşam koşulları elde etmek için hayati önem taşımaktadır. Kent lojistiğinde, çoğunlukla kamyonlar kullanılmaktadır. Kamyonların sebep olduğu çevresel faktörler göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle ürünlerin tketiciiye ulaştırılması sürecinde verimli ve evre dostu sistemlere ihtiyaç vardır (Taniguchi, 2015).

Kent lojistiğinde sürdürülebilirlik, taşımacılık faaliyetlerinin ekonomik, sosyal, çevresel etkilerini ve enerji gereksinimlerini dikkate almaktadır. Şekil 1.3, kent lojistiğinde taşımacılığa uygulanabilecek sürdürülebilirliğin ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları arasındaki kesişimi göstermektedir (Zeimpekis, Aktas, Bourlakis ve Minis, 2018).



Şekil 1.2 Kent lojistiğinde sürdürülebilirlik ilişkisi (Zeimpekis ve diğ., 2018)

1.4 Kent Lojistiğinde Taşımacılığın Önemi

Şehir merkezleri bir bakıma, tüketim ürünlerinin üretildiği veya yetiştirildiği alandan uzak olan başka bir alanda, insanların bir araya gelip yaşadıkları alanlar olarak ifade edilebilir. Şehir merkezlerinde yaşayan nüfusun artması ve lojistiğin gelişmesi neticesinde, kentsel lojistikte taşımacılık sistemin oluşturulması ve geliştirilmesi gerekliliği tartışılmaz.

Kentsel ürün hareketi, güçlü bir ekonomi, canlı bir endüstri ve ticaret için ve aynı zamanda ülkenin zenginleşmesi için çok önemlidir. Hızlı ve güvenilir kentsel taşımacılık şehirlerde yaşam kalitesini artırır. Verimli taşımacılık sistemleri,

şehirlerde rekabet edilebilirliği arttırması ve kendi başına şehirlerin ekonomisinin vazgeçilmez unsurlarından olması nedeniyle kentsel lojistik için önemli bir faktördür. Bu sebeple, kentsel lojistikte taşımacılığın maliyetleri şehir ve ülke ekonomisi için önemlidir (Allen ve diğer., 2003).

Üretimin zenginleşmesi ve küreselleşme, çalışan gelirlerinin artması gibi ekonomik durumlar sonucunda insanlar daha fazla özel araç ve şirket aracı satın almaya başladılar. Şehirlerde artan araç sayıları ve sıkışıklık nedeniyle şehirlerin dışında yeni yaşam alanları seçilmeye başlandı. Dolayısıyla iş ve yaşam alanları birbirlerinden uzaklaştı. Fakat gelişmelerin artarak devam etmesi, merkezlerden uzak olan yaşam alanlarıyla, iş alanları arasında kalan bölgeyi de doldurarak büyük şehir merkezleri oluşmasıyla sonuçlandı. Artan araç sayısı, sıkışıklık ve şehir içi ulaşımın güçleşmesi kentsel yük taşımacılığın verimliliğini etkiledi. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için yapılan yeni yollar da çözüm olmadı. Azalan yol kapasitelerine rağmen şehirlerde taşımacılık faaliyetleri yapılmaya çalışılsa da kapasite sürekli azaldı ve sıkışıklık ortadan kalkmadı (Banister, 2000).

Şehirlerde yaşayan nüfusun oluşturduğu talep neticesinde kentsel lojistikte taşımacılık faaliyetleri artış göstermektedir. Taşımacılıktaki artış ekonomide meydana gelen büyümeyle açıklanabilir. Ekonominin büyümesiyle birlikte tedarik zincirinin uzaması ve ürünün üretildiği yer ile tüketildiği nokta arasındaki mesafenin artması yük taşımacılığına olan talebi de arttırmaktadır. Örnek vermek istersek, kent merkezlerinde yaşayan insanların sipariş ettikleri kargoların ulaşması için yapılan lojistik taşımacılık faaliyetleri ve kullanılan araç sayıları talebe göre değişiklik gösterir. Talep büyüdükçe artış devam eder. Bunun sonucunda da sıkışıklık, azalan yol kapasiteleri, artan araç sayıları gibi kentsel lojistiğin olumsuz etkileri de artış gösterir (Vleguel ve Janic, 2004).

Kent lojistiğinde taşımacılık, tüm lojistik faaliyetlerin ve tedarik zincirinin yalnızca bir kısmını ifade etmektedir. Şehirlere gelen ürünlerin çoğunluğu şehir dışında üretilir. Bu ürünler, yakın çevreden olabileceği gibi, aynı ülkeden veya dünyanın herhangi bir yerinden sevk edilmiş, birbirine benzeyen veya tamamen

bağımsız farklı bileşenlerden oluşmuş olabilir. Şehirlerde gerçekleşen lojistik operasyonlara yalnızca ürün bazında bakmamak gerekir. Tüketime konu olan ürünlerin kent merkezlerinde oldukça fazla hareket etmesi bilinen bir gerçektir. Fakat bu hareket, şehir içiyle sınırlı değildir. Şehirleri lojistik merkezler olarak düşündüğümüzde, şehir dışına giden ürünlerin konsolide edilmesi de bu şehir içindeki taşıma hareketliliği içinde değerlendirilmelidir. Bu faaliyetleri yalnızca ürün bazında değerlendirmemek gerekir. Atıklar, kuru yükler, insan taşımacılığı da kent lojistiğinde taşımacılık yaklaşımı içine alınmalıdır (Behrends, Lindholm ve Woxenius, 2008).

Lojistik ve taşımacılık faaliyetleri dünya ekonomisi için önemli bir sektördür ve modern toplumlarda sosyal ve ekonomik ilerlemelere önemli katkılarda bulunmaktadır. Lojistik ve taşımacılığın önemli olmasının nedeni, gayri safi yurtiçi hasılaya (GSYH) olan etkisi ve sebep olduğu büyümedir. Küreselleşme ve buna bağlı olarak değişen ticaret hacmi ülkeler arası taşımacılığı da etkilemiştir. Bu etki sonucunda kent lojistiği, kontrol altına alınması gereken bir alan olarak şekillenmeye başlamıştır (Juan, Mendez, Faulin, Armas ve Grasman, 2016).

Sanayileşmiş ülkelerde taşımacılık, ekonomik ve sosyal kalkınma giderek daha önemli hale gelmiştir. GSYH büyüdükçe taşımacılığın da büyümeye devam edeceği görülmüyor. Taşımacılığın ana işlevi, tüketicileri ve üreticileri birleştirmek ve tüketicilerin artan ürün çeşitliliğiyle birlikte daha fazla ürün çeşidine erişimini sağlamaktır. Dünya ekonomisinde yük taşımacılığının önemi başlıca beş faktörle açıklanmaktadır (Faulin, Grasman, Juan ve Hirsch, 2018).

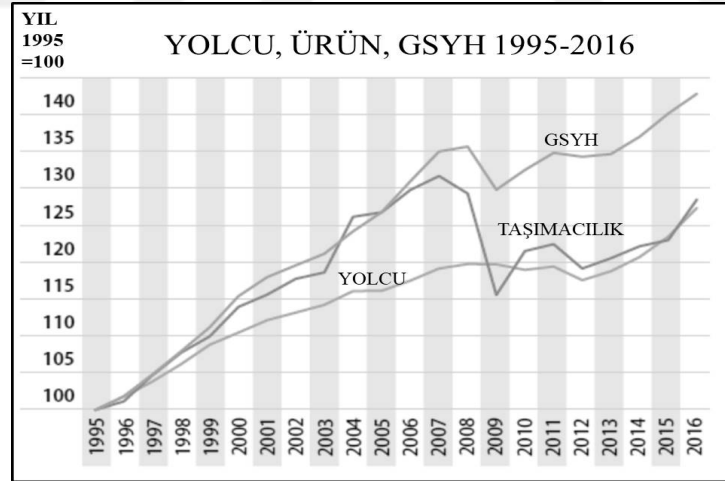
1. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi, bilgi paylaşımının hızlı ve güvenli bir şekilde yapılmasını sağlamıştır. Yani, müşteriler ulusal sınırlarının dışında satılan ürünlere de ulaşabilmektedirler.
2. Taşımacılıkta gerçekleşen yenilik ve gelişmeler, altyapının da geliştirilmesiyle birlikte taşınan ürün fiyatlarını düşürmeye başlamıştır. Daha gelişmiş araçlar ve daha iyi yollar nakliye masraflarını azaltır ve taşınan ürün rekabetini arttırabilir.

3. Küreselleşmenin uluslararası ticaret ve ürün tercihleri üzerinde büyük etkisi vardır. Tercihlerin homojenleştirilmesi süreci, şirketlerin dünya çapında bir noktada büyük ölçekte üretmelerini sağlar. Daha sonra, yaygın uluslararası ticaret düzenlemeleri sayesinde üretim dünya çapına kolayca taşınabilir.

4. Tüketim ekonomisi, giderek daha hızlı bir ürün yaşam döngüsüne dönüşmektedir. Hızlı planlanmış veya planlanmamış kullanım dışı kalmalar, herhangi bir ürünün kısa ömürlü olmasına sebep olarak, yeni malların üretilmesi ve taşınması için sürekli bir döngüye yol açabilir.

5. Daha yüksek tüketim ve daha çok ulaşım bağlı yüksek yaşam standartlarına erişebilme dünya genelinde artış göstermektedir.

Avrupa Birliği'nin taşımacılık raporuna göre yolcu, ürün ve GSYH arasındaki ilişki Şekil 1.3' te görülmektedir. Her üç veri de benzer şekilde değişiklik göstermiştir, taşımacılıkta yaşanan düşüş GSYH'ye de yansımıştır.



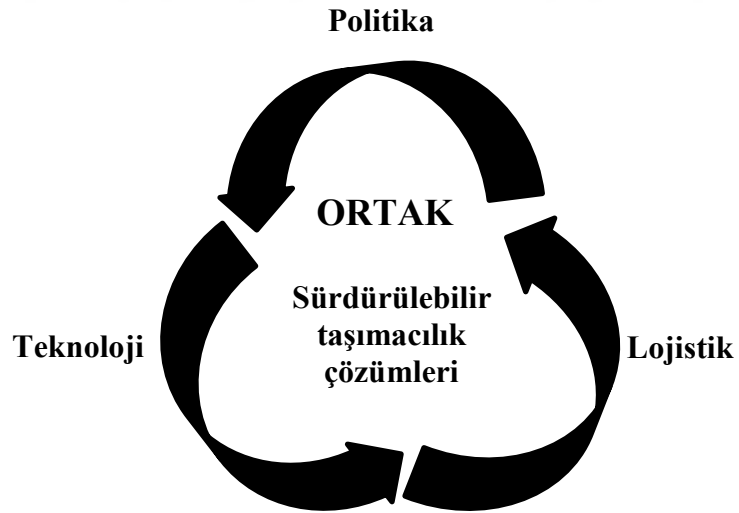
Şekil 1.3 1995 - 2016 yılları arasındaki yolcu - taşımacılık - GSYH değişim oranları grafiği (European Union, 2017)

Kentsel lojistik planlamasıyla ilgili yapılan çalışmalar neticesinde, farklı türde araçların şehir merkezlerinde çok sayıda hareket oluşturduğu ve ortalama taşıt yükünün araçlara oranla az olduğu sonucuna varılmıştır. Uygun planlamalarla şehir

merkezlerinde taşınan araç başına düşen ortalama yük miktarı artabilir ve boş hareket eden araç sayısı azaltılabilir. Fakat yine de taşımacılıktan kaynaklanan tüm problemlerin çözümüne çok az katkı sağlar. Farklı göndericilerin yüklerinin birleştirilmesi ve aynı araç içindeki farklı yüklerin yüklenmesinin koordine edilmesi, lojistik operasyonları gerçekleştirmenin en önemli araçları arasındadır. Kent merkezlerinde elektrikli araçların kullanımı ve toplu taşıma altyapısının entegrasyonu bu sistemleri geliştirebilir, araç hareketlerini ve emisyon oranlarını daha da azaltabilir (Crainic, 2008).

Kent lojistiğinde taşımacılığın sürdürülebilirliğini ve etkinliğini geliştirmek için üç ana çözüm yolunu düşünebiliriz. Bu çözüm yolları sırasıyla Şekil 1.4 ' te gösterilmiştir.

- Teknoloji (araç teknolojisi, bilgi ve iletişim teknolojisi)
- Politika
- Lojistik



Şekil 1.4 Sürdürülebilir kentsel taşımacılık için üç çözüm yolunun birleşimi (Crainic, 2008)

Belirlenen her çözüm ayrı olarak uygulanabilmektedir. Etkili bir kent lojistiği için ortak ve tek bir birleşik çözüm gerekir. Böylelikle şehirler, her üç yönden ortak bir sonuçla standart ve şehrin kendisine uygun çözümlere ulaşabilir. Bu sebeple her şehir

için farklı girişimler gerekebilir. Örneğin Hollanda’da yapılan bir pilot uygulamada dağıtım ve teslimatın, insanların yoğunluğunun uyuduğu sabahın erken vakitlerinde yapılması ile ilgili bir karar alındı. Alınan bu kararla taşımacılık firmaları daha teknolojik ve daha az gürültülü ekipman satın almaya yöneldiler. Eğer bu karar alınmamış olsaydı, taşıyıcılar eski kullandıkları ekipmanlarla operasyonları yürütmeye devam edeceklerdi. Çünkü yeni ekipmanlara yatırım yapmak için herhangi bir sebep olmayacaktı. Sonuç olarak taşıma faaliyetleri sabah gerçekleşeceği için firmaların faaliyet zamanlarını yeniden düzenlemeleri gerekti. Her üç çözüm yolunun da birleştiği bir kararla, özellikle büyük marketlerin lojistik faaliyetleri daha sürdürülebilir hale geldi. Tam yüklü kamyonlar, insanların daha az hareket ettikleri zamanlarda yükleme ve boşaltma faaliyetlerini gerçekleştirdiler. Bu durum, araç hareketinin azalmasına, daha az trafik sıkışıklığına ve araçların çalışma sürelerinin kısalması sebebiyle daha az sera gazı emisyonuna olanak sağladı. Aynı zamanda da tüm bu yaklaşımların daha planlı şekilde uygulanması ve takip edilmesi lojistik maliyetleri de hissedilir şekilde düşürdü (Macharis ve Melo, 2011).

Çoğu zaman bu çözüm yolları farklı aktörler tarafından çeşitli şekillerde uygulanmaya çalışılsa da başarılı bir çözüme ulaşılamaz. Kent lojistiğinde taşımacılığın olumsuz etkilerini azaltmak için elektrikli araçların kullanımı düşünülebilir. Fakat teknolojik çözümlerin yanında diğer alanlarda da neler yapabileceğimizi görmemiz gerekir. (Nesterova ve diğer., 2013) Verimli, sürdürülebilir ve etkili taşıma sistemi çözüm yollarında yapılacak faaliyetlerin kombinasyonu için çaba gösterilmesi şarttır. Kent lojistiğinde taşımacılık karmaşık bir yapıdır. Bu yapı, ulaşım talepleri, araç değişiklikleri, araçlarda kullanılan enerji çeşitlerine göre emisyon değerlerinin karşılaştırılması, trafik yönetimi ve verimli lojistik merkezlerin kullanımını gibi farklı etkenleri ele alan ve kapsayan bütünsel bir yapı olmalıdır. Aksi takdirde kent lojistiğinde taşımacılığın olumlu etkilerinin sürdürülebilirliğini sağlamak oldukça zordur (Yedla, 2015).

Mevcut lojistik taşımacılık sistemi ve sürdürülebilirliğin sağlanmasında belirlenen çözüm yolları dışında, sistemi değiştirmeden yakıt, araç ve yönetim değişikliği alternatifleri de bir başka çözüm yolu olarak düşünülebilir. Bu alternatifler:

1. LPG içeren doğalgazlı araçlar
2. Elektrik motorlu araçlar
3. Hibrit araçlar
4. Yakıt pili kullanımı
5. Hidrojen enerjisi kullanımı
6. Biyoyakıt kullanımı
7. Denetleme, bakım ve sertifikasyon sistemleri
8. Emisyon kontrol cihazlarının geliştirilmesi ve güçlendirilmesi
9. Etkili trafik yönetimi
10. Metro, tramvay ve hızlı otobüs yollarının yapılması

Sıralanan alternatiflerin kent merkezli lojistik taşımacılıkta uygulanmasının olumlu ya da olumsuz sonuçlarını kısa vadede görmek zordur. Doğru veriler kullanarak oluşturulacak model ve simülasyonlarla karar verilmesi gerekir (Yedla, 2015).

Taşımacılık faaliyetleri yenileşmeyle devamlı bir uyum içerisinde. Bu nedenle, yeni taşımacılık sistemlerinin ortaya çıkışı taşımacılığın sürdürülebilir olması açısından bir kuşku yaratabilir. Bu noktada, yük taşımacılığı ve taşımacılık faaliyetlerinin kontrol edilmesi için dronların kullanımı, araç veya yolculuk paylaşım sistemleri, otonom araçlar, toplu taşımacılık ve bagaj teslimatı yöntemleri gelecekte kentsel lojistikte taşımacılığın önemli elemanları olabilir (Faulin, Grasman, Juan ve Hirsch, 2018).

Dronla Taşıma: Dronla taşımacılık fikri, içinde lojistik firmalarında bulunduğu birçok grup tarafından ilgiyle takip edilmektedir. Dronlar, küçük paket ürünleri taşıyabilen ve ilk noktadan itibaren tüm lojistik hareketleri takip edilebilen insansız hava araçlarıdır. Dronlar, trafik sıkışıklığı, gerçek zamanlı teslimat, teslimat sürecinin kontrolü, kaza riskleri gibi taşımacılığı etkileyen olumsuz durumlardan etkilenmeme potansiyeli açısından, geleneksel taşımacılık yöntemlerine göre avantajlar sağlar. Örneğin, dronla kan taşımacılığı denemeleri yapılmış ve trafiğin en sıkışık olduğu alanlarda bu taşımacılığın uygunluğu ve başarısı test edilmiştir

(Amukele, Ness, Tobian ve Boyd, 2017). Aynı zamanda motorlu araçlarla kıyaslandığında dron kullanımı karbondioksit emisyonunu da azaltmaktadır. Fakat boyut kapasite ve teknolojik durum göz önüne alındığında dronla taşımacılık halen geleneksel taşımacılık yöntemlerine tam bir alternatif olamaz. Birçok ülkede güvenlik sebebiyle şehir merkezlerinde dron kullanımı yasak ya da sınırlı seviyededir bu durum da dron kullanımını olumsuz etkiler (Faulin ve diğer., 2018).

Araç Paylaşımı: Araç paylaşım sistemi çoğunlukla yolcu taşımacılığını içeren bir işbirliği taşımacılık sistemidir. Bu sistem dünyanın birçok şehrinde kullanılan, şehirdeki potansiyel yolculara hizmet vermek için şehir içinde dağınık olarak bulunan araçların oluşturduğu sistemdir. Araç paylaşım sistemi, belli bir rotada seyahat etmek isteyen potansiyel yolcuların genellikle mobil uygulamalar aracılığıyla bir araya gelip düşük maliyetle seyahat etmelerine olanak veren bir yapıdır Bu sistem uygulandığında birçok yolcunun tek araç kullanması nedeniyle yolcu taşımacılığında kullanılan araçların sebep olduğu karbondioksit emisyonunun %18 azalacağı öngörülmektedir. Sistemin uygulanabilmesi halinde kişisel araç edinim oranlarındaki azalma ile birlikte kentsel lojistikte yolcu taşımacılığının olumsuz etkilerinin azalacağı söylenebilir (Hamari, Sjökind ve Ukkonen, 2016).

Otonom Araçlar: Otonom araçların ortaya çıkışı geleneksel araçların kullanımı ile kıyaslandığında devrim niteliğindedir. Otonom araçların kullanımıyla ilgili veriler çok fazla olmasa da geleneksel araçlarla kıyaslandığında avantaj ve dezavantajları değerlendirilebilir. Birçok firma otonom araçları geliştirmeye ve uygulanabilirliği üzerinde çalışmalar yapmaya devam etmektedir. Bu araçların kullanımının sağlayacağı faydaları görmek için çok fazla beklenmeyeceği ve hatta 2025'e kadar tüm dünyada kullanılmaya başlanacağı tahmin edilmektedir (Savelsbergh ve Woensel, 2016). Otonom araçlar insanların yaşamını büyük ölçüde etkileyecektir. İnsanların sebep olduğu trafik kazası, çevre kirliliği ve trafik sıkışıklığı gibi problemlerin azalması beklenmektedir. Diğer yandan, bu araçların kullanımıyla birlikte taşımacılık çok daha detaylı bir şekilde takip edilebilecek ve şehirlerin bazı bölgelerine belirlenen araç tipleri dışında araçların girmeleri engellenecektir. Otonom araçlar elektrikli, doğalgazlı veya hidrojen motorlu gibi çevre dostu yapıda

kullanıldıklarında taşımacılığın sebep olduğu olumsuz çevresel etkilerde azalmaya neden olacaktır. Bu nedenle kentsel lojistikte otonom araçların kullanımı sürdürülebilir taşımacılık için önemlidir (The Economist, 2018).

Toplu Kargo Taşımacılığı: Toplu kargo taşımacılığında, farklı her bir taşımacının üstlendiği sorumlulukların birleşmesi ve tek bir taşıma sistemine indirgenmesi hedeflenmektedir. Bu yöntemle toplu taşımanın ve kargo taşımacılığının olumsuz etkilerinin ve maliyetin düşürülmesi istenir. Tren, otobüs ve metro gibi sabit hatlarda çalışan taşımacılık araçlarının boş kapasitelerinden faydalanarak yükün taşınması söz konusu olabilmektedir. Bu noktada taksiler bile yük taşımacılığı için düşünülebilir. Bu yöntem çok iyi bir şehircilik yönetimi ve koordinasyon gerektirir. Uygulanabildiğinde yük ve yolcu için çeşitli avantajlar sağlar. Yolcu ve yük aynı anda taşınabildiği gibi farklı veya ayrı ayrı tek başına da taşınabilir (Savelsbergh ve Woensel, 2016).

Bagaj Taşımacılığı: Bu yöntem taşımacılıkta sürdürülebilirliği sağlamak için ürünlerin fiziksel bir adrese değil belirlenen bir rotada bulunan araç bagajına yapılması yöntemidir. Belli bir rota üzerinde hareket eden araçların boş bagajlarının kullanımı esas alınır. Gönderilmek istenen ürünler belirlenen bir noktadan araç bagajına alınarak yine aynı şekilde daha önceden belirlenmiş varış noktasına ulaşması şeklinde faaliyet gösterir. Mobil uygulamalarla araç sahiplerinin birbirlerine ulaşabileceği ve koordinasyonu sağlayabileceği şekilde planlanmaktadır. (Savelsbergh ve Woensel, 2016) Burada bahsedilen yalnızca ürün değil aynı zamanda mümkün olduğunda yolcu taşımacılığı da hedeflenmektedir. Diğerlerinde olduğu gibi bu yöntemde de araç hareketi ve kat edilen mesafe azaldığından zaman ve taşımacılık maliyetinde azalma beklenmektedir. Aynı zamanda taşımacılığın neden olduğu dolaylı olumsuz etkilerinin azalması hedeflenir (Faulin ve diğer., 2018).

BÖLÜM İKİ

ALTERNATİF ARAÇ TEKNOLOJİLERİ

2.1 Lojistikte Kullanılan Araçlar

Karayollarında kullanılan araçlar, tiplerine, ağırlıklarına, teker sayılarına, dingil sayılarına ve kullanım yerlerine göre sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırmaların ardından da kendi içlerinde motor hacimlerine ve taşıma kapasitelerine göre yeniden farklı bir sınıflandırılmaya tabi tutulurlar. Ülkeler bu sınıflandırmaları ve araç kullanma yetkilerini kendi trafik kanunlarına göre uygularlar. Avrupa Komisyonu, araçları emisyon standartlarının ve diğer araç düzenlemelerinin bir parçası olarak sınıflandırır. Binek otomobilleri “M” sınıflandırması alırken, ticari araçlar “N” sınıflandırması alır. Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD) de “Sınıf 1-8” şeklinde araçların toplam taşıma kapasitesine göre sınıflandırılmaları sağlanmıştır (Wikipedia, 2019).

Tablo 2.1 ABD’ de araçların toplam ağırlık seviyesine göre sınıflandırılması (Wikipedia, 2019)

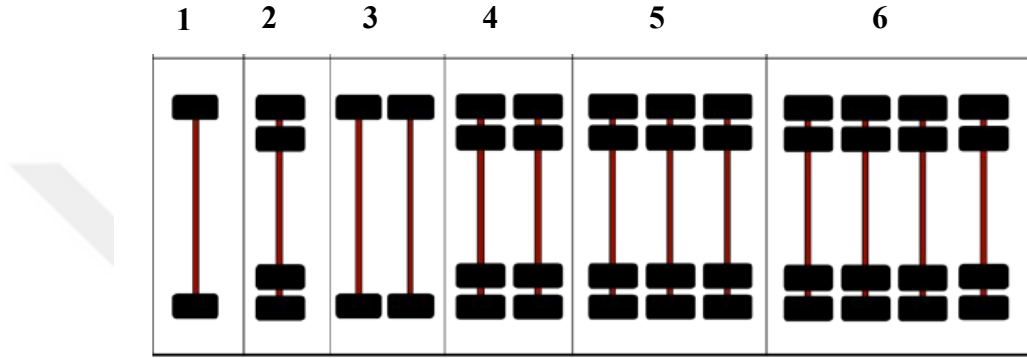
Sınıf 1	Hafif Taşıma Aracı	0–2,722 kg
Sınıf 2a		2,722–3,856 kg
Sınıf 2b		3,856–4,536 kg
Sınıf 3	Orta Taşıma Aracı	4,536–6,350 kg
Sınıf 4		6,351–7,257 kg
Sınıf 5		7,258–8,845 kg
Sınıf 6		8,846–11,793 kg
Sınıf 7	Ağır Taşıma Aracı	11,794–14,969 kg
Sınıf 8		14,969+ kg

Tablo 2.2 Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye’de araçların sınıflandırılması (Wikipedia, 2019)

M Sınıfı – En az dört tekerlekli ve yolcu taşımasında kullanılan motorlu araçlardır.	
M1	Yolcu taşımasında kullanılan ve sürücü dahil en fazla 9 oturma yeri olan motorlu araçtır.
M2	Yolcu taşımasında kullanılan, sürücü dahil 9’dan fazla oturma yeri olan ve azami ağırlığı 5 tonu aşmayan motorlu araçtır.
M3	Yolcu taşımasında kullanılan, sürücü dahil 9’dan fazla oturma yeri olan ve azami ağırlığı 5 tonu aşan motorlu araçtır.
N Sınıfı – En az dört tekerlekli ve yük taşımasında kullanılan motorlu araçlardır.	
N1	Yük taşımasında kullanılan ve azami ağırlığı 3,5 tonu aşmayan motorlu araçtır.
N2	Yük taşımasında kullanılan ve azami ağırlığı 3,5 tonu aşan, ancak 12 tonu aşmayan motorlu araçtır.
N3	Yük taşımasında kullanılan ve azami ağırlığı 12 tonu aşan motorlu araçtır.
O Sınıfı – Bir motorlu araç tarafından çekilen römork veya yarı römork motorsuz yük taşıma araçlarıdır.	
O1	Azami ağırlığı 0,75 tonu aşmayan motorsuz yük taşıma aracıdır.
O2	Azami ağırlığı 0,75 tonu aşan, ancak 3,5 tonu aşmayan motorsuz yük taşıma aracıdır.
O3	Azami ağırlığı 3,5 tonu aşan, ancak 10 tonu aşmayan motorsuz yük taşıma aracıdır.
O4	Azami ağırlığı 10 tonu aşan motorsuz yük taşıma aracıdır.

Tablo 2.1 ve Tablo 2.2’ de araçların azami taşıma ağırlıklarına göre taşıdıkları yüke göre sınıflandırmaları gösterilmiştir. Bir diğer yöntem ise araçları şekil, aks sayısı ve lastik sayısına göre sınıflandırmadır. Akslar araçların tekerlekleri arasında bağlantı sağlayan, herhangi bir güç iletmeyen destekleme elemanlarıdır. Araçlar, özellikle kamyon gibi yük taşıma faaliyetlerinde kullanılan araçlar için aks ve tekerlek sayıları önemlidir. Aracın hacmine ve taşıma kapasitesine göre, yükün sebep olduğu ağırlığın dağıtılması gerekir. Bu noktada araçlar ve römorklar tasarlanırken gerekli hesaplamalar yapılarak uygun aks ve tekerlek sayısı belirlenir. Şekil 2.1’ de örnek aks ve teker sayıları gösterilmiştir.

- 1- Tek aks tek teker
- 2- Tek aks iki teker
- 3- İki aks tek teker
- 4- İki aks iki teker
- 5- Üç aks iki teker
- 6- Dört aks iki teker



Şekil 2.1 Araç aks ve tekerlek konfigürasyonları (Federal Highway Administration, 2018)

Karayollarında ve yük taşımacılığında kullanılan araçların aks ve teker sayılarına göre sınıflandırılması aşağıda sunulmuş ve Şekil 2.2’ de gösterilmiştir.

Sınıf 1 – Motosikletler:

Sınıf 2 – Otomobiller:

Sınıf 3: Diğer, iki akslı ve dört lastikli araçlar:

Sınıf 4: Otobüsler

Sınıf 5: İki akslı kamyonlar

Sınıf 6: Üç akslı kamyonlar

Sınıf 7: Dört veya daha fazla akslı kamyonlar

Sınıf 8: En az iki akslı kamyon ve iki veya daha az akslı römorklar

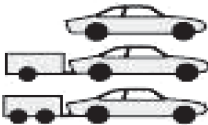
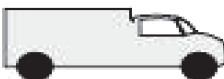
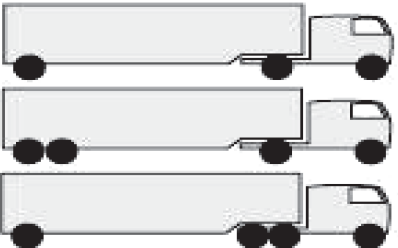
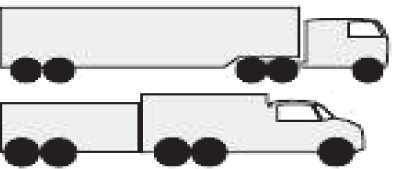
Sınıf 9: Üç akslı çekici veya kamyon, iki akslı römorklar

Sınıf 10: Altı veya yedi akslı taşıyıcı kamyon ve römork

Sınıf 11: Beş akslı çoklu römork taşıyıcı kamyon

Sınıf 12: Altı akslı çoklu römork taşıyıcı kamyon

Sınıf 13: Yedi ve daha fazla akslı römork taşıyıcı kamyon

1		2
2		2 3 4
3		2, 3, & 4
4		2 & 3
5		2
6		3
7		4
8		3 4 4
9		5 5
10		6 & 7
11		5
12		6

Şekil 2.2 Aks ve teker sayılarına göre araç şekilleri (Federal Highway Administration, 2018)

Lojistikte ve taşımacılıkta kullanılan araç sınıfları, hafif ve orta ve ağır ticari araçlardır. Tablo 2.3 ve Tablo 2.4’ te Avrupa Otomobil Üreticileri Birliği’nin 2018 yılı verilerine göre Avrupa’da kullanılan hafif, orta ve ağır ticari araç sayıları büyük Avrupa ülkeleri, Türkiye ve Rusya örnek alınarak gösterilmiştir (The European Automobile Manufacturers' Association, 2018).

Tablolar karşılaştırıldığında ülkelere göre hafif ticari araç sayılarının orta ve ağır ticari araçlara oranla birkaç kat daha fazla olduğu görülmektedir. Yıllar baz alınarak tablolar kendi içlerinde kıyaslandığında ise yine aynı şekilde hafif ticari araçlarda meydana gelen artış orta ve ağır ticari araçlara kıyasla daha fazladır. Bu oranın fazla olmasının birden çok nedeni vardır. Öne çıkan en büyük neden, insanların yaşam alanı olarak kent merkezlerini seçmeleri ve artan ticaretle birlikte taşımacılığın da büyük oranda kent merkezlerinde yoğunlaşmasıdır.

Tablo 2.3 Avrupa'da kullanılan hafif ticari araçlar. (The European Automobile Manufacturers' Association, 2018)

Ülkeler	2013	2014	2015	2016
Belçika	640,253	656,691	678,801	709,653
Çekya	504,388	509,378	515,263	547,038
Fransa	5,915,000	5,965,000	5,995,177	6,014,000
Almanya	2,196,265	2,274,261	2,374,822	2,485,288
Portekiz	1,137,000	1,118,000	1,110,000	1,090,000 -
İspanya	4,550,076	4,508,276	4,520,616	4,547,256
Birleşik Krallık	3,706,351	3,842,017	4,007,331	4,178,733
Avrupa Birliği	29,995,986	30,347,667	30,927,538	31,592,679
Rusya	3,773,892	3,804,968	3,903,006	3,955,788
Türkiye	3,354,898	3,489,743	3,704,512	3,906,416
AVRUPA	39,328,484	39,876,827	40,793,596	41,749,458

Tablo 2.4 Avrupa'da kullanılan orta ve ağır ticari araçlar. (The European Automobile Manufacturers' Association, 2018)

Ülkeler	2013	2014	2015	2016
Belçika	145,694	144,370	143,697	142,744
Çekya	189,939	192,165	196,816	183,556
Fransa	547,000	554,000	567,000	548,000
Polonya	908,069	941,293	980,201	1,025,585
Portekiz	121,400	119,000	119,000	119,700
İspanya	520,098	517,268	526,559	541,352
Birleşik Krallık	568,993	569,921	581,645	595,542
Avrupa Birliği	6,097,600	6,088,485	6,210,145	6,311,864
Rusya	3,816,621	3,888,970	3,743,380	3,741,393
Türkiye	792,098	814,459	850,051	876,152
AVRUPA	12,502,489	12,518,872	12,527,022	12,631,943

Ülkelerin lojistikte kullandıkları araç sayılarının fazla olması ve bu sayının giderek artması sebebiyle, yerel ve genel otoritelerce araçların yük taşımacılığında kullanılmasına etki eden bazı faktörler belirlenmiştir (Quak, 2008).

- Araç kısıtlamaları (ağırlık, boyut)
- Araç yük tipi faktörleri
- Düşük emisyon alanları
- Zaman kısıtlamaları
- Altyapı faktörleri

Tüm bu faktörler taşımacılık yapacak araçlar için birer kısıtlama gibi görünse de sürdürülebilir taşımacılığın sağlanması ve özellikler kent merkezlerinde yaşanılabilirliğin sağlanması için yapılan düzenlemelerdir. Bu faktörler yönetimlerin belirlemiş oldukları kurallarla birlikte uygulanır. Taşıma kapasitesinden fazla yük taşıyan ve izin verilen boyutlarda olmayan araç dışına taşan yüklerin taşınmasına izin verilmez. Yük araçları sadece taşımalarına müsaade eden yükleri taşıyabilirler. Örneğin, tehlikeli maddeleri taşımak için kanunlarda belirlenen hususlara uygun araçlar seçilir ve emniyet tedbirleri ona göre alınır. Büyük şehirlerde, özellikle kent merkezlerinde düşük emisyon alanları oluşturulmuştur. Bu alanlar ya trafiğe kapatılmış ya da emisyon değeri düşük olan hibrit ve elektrikli araçlar gibi alternatif araçların kullanımına müsaade edilmiştir. Ağır yük araçları için zaman kısıtlamaları vardır. Bu araçların gündüz saatlerinde izin verilen alanlar dışında hareket etmeleri engellenmiştir. Bir diğer husus altyapının uygunluğudur. Altyapı ve üstyapı özellikle kentlerde önem kazanır ve uygun olmayan araçlar bu bölgelere alınmaz (Dablanç, 2007).

Ülkeler, üreticiler ve lojistik şirketler bu faktörlerle birlikte geleneksel araç kullanımının çevreye olan olumsuz etkilerini de göz önüne alarak giderek alternatif yakıt ve alternatif teknolojileri kullanımına yönelmektedir.

2.2 Alternatif Araç Teknolojileri Ve Alternatif Yakıtlar

Gündelik insan hayatından kaynaklanan atmosferik emisyonlar büyük nüfuslu şehirlerde yaşanan yaygın bir problemdir ve şehir içi araç hareketi bu problemin en büyük kaynağıdır. Karbondioksit emisyonunun dışında, araç sayılarındaki artış azot oksit emisyonunu arttırırken diğer yandan araç fren balataları ve yollardaki sürtünme sebebiyle araç lastik tozlarının sebep olduğu hava kirliliği giderek artmaktadır. Buna ek olarak araçlarda yenilenebilir kaynakların kullanılmaması, karbon monoksit, azot oksit, sülfür dioksit, hidrokarbonlar, dioksin ve benzenler, nikel, kadmiyum, krom karbon, çinko ve platin gibi parçacık halindeki maddeler direkt olarak hava kirliliğine sebep olmaktadır (Cullinane ve Edwards, 2010).

1970'lerden itibaren, arabalarda alternatif yakıtların kullanılması fikri şekillenmeye başlamıştır. 80'li ve 90'lı yıllarda dünyada yaşanan petrol krizleri nedeniyle de bu fikir giderek önem kazanmış ve yapılan çalışmalar güçlenerek devam etmiştir. Alternatif yakıt araştırmalarında en önemli ölçüt düşük emisyon fikridir. Geleneksel araçlarda kullanılan petrol bazlı yakıtların çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılması ana amaç olmakla birlikte aynı zamanda enerji kaynaklarının da korunması hedeflenmektedir (Watróbski ve diğer., 2017).

Düşük emisyonlu ve sürdürülebilir araçların üretimi ve kullanımı konusunda mevcut teknolojileri sıralamak istersek. Bunlar:

- İçten yanmalı motorlar
- Hibrit araç sistemleri
- Doğalgaz
- LPG teknolojisi
- Biyoyakıtlar
- Yakıt hücresi sistemi
- Hidrojen enerjisi
- Elektrikli araçlar

2.2.1 İçten Yanmalı Motorlu Araçlar

Tarihi, Nicholas Otto, Rudolph Diesel ve Jean Lenoir'in içten yanmalı sistemi kullanarak ısı motorları konseptini ilk kez geliştirip kanıtladığı 1800'lerin ortalarına dayanıyor. Motor zellikleri ve teknolojileri bu zamana kadar önemli ölçüde değişmiş olsa da, verimlilik ve emisyon iyileştirmeleri de dahil olmak üzere içten yanmalı motorların temel çalışma prensipleri önemli ölçüde değişmedi. Alternatif yakıtlar düşünülmediği için, ulaşım çeşitliliği, büyüklüğü ve bunun yanında geleneksel araçların petrol kaynaklı yakıt kullanılması neticesinde üreticiler devamlı olarak motor iyileştirmeleri gayreti içindedirler. Çünkü alternatif yakıta geçiş, mevcut motorlarla entegrasyon ve altyapı çözümleri hem zaman alıcı hem de maliyetli bir durum olarak değerlendirilir (Manley, Mcilroy, ve Taatjes, 2008).

Basit anlamda içten yanmalı motorlar, petrol bazlı yakıtın hava ile birlikte yanmasıyla meydana gelen kimyasal enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürerek bir doğrusal g oluşturan sistemlerdir. Oluşan bu doğrusal güç aktarma organlarıyla birlikte motor aksamlarına iletilir ve araç hareket eder (Folkson, 2014).

İçten yanmalı motorların, kıvılcım ateşlemeli benzinli motorlar ve sıkıştırma ateşlemeli dizel motorlar olmak üzere iki ana motor teknolojisi vardır. 2018 yılı verilerine göre Avrupa Birliği lkelerinde kullanılan araçların %54' benzin motorlu araçlar, %42'si dizel motorlu araçlar ve %4' alternatif yakıtlı ve diğer araçlar oluşturmaktadır. Bu verilere göre dizel motorlu araçların yaklaşık %96'sı da taşımacılıkta kullanılan orta ve ağır ticari araçlardır (The European Automobile Manufacturers' Association , 2018).

2.2.2 Hibrit Araçlar

Petrol bazlı yakıtla çalışan içten yanmalı motorlar, yüksek enerji yoğunluğu avantajı sağlayarak iyi bir performans ve uzun çalışma aralığı imknı verir. Bununla birlikte düşük yakıt ekonomisi ve evre kirliliğine sebep olma gibi dezavantajları vardır. Bataryalı elektrikli araçlar, geleneksel araçlarla karşılaştırıldığında yüksek

yakıt verimliliği ve çevre dostu yapısı nedeniyle avantajlı görünse de, batarya ömrü ve maliyeti, şarj istasyonlarının konumu ve şarj süresi gibi etkenler nedeniyle tam bir alternatif olarak düşünülemez (Ehsani, Gao, Longo ve Ebrahimi, 2018).

Basit anlamıyla, iki farklı güç aktarma sistemi olan araçlara hibrit araçlar adı verilir. Elektrikli güç aktarma sistemine sahip hibrit araçlara “hibrit elektrikli araçlar” adı verilir. Hibrit elektrikli araçlar hem geleneksel motorlu araçların hem de elektrikli araçların sağladığı avantajları bünyesinde barındırır fakat dezavantajları da tam anlamıyla yok edemez.

Hibrit elektrikli araçlarda, elektrikli araçlarda olduğu gibi büyük kapasiteli bataryalar olmasa da elektrik motorunun sağladığı gücü karşılamak maksadıyla küçük bataryalar kullanılır. Bu bataryalar, elektrik motorunu harekete geçirmek için kullanılır. Elektrikli hibrit araçlarda içten yanmalı motorun veya elektrik motorunun kullanımı, araç performansına göre otomatik araç komuta sistemi veya manuel olarak kullanılabilir. Araç, kısa süreli ve yüksek performans göstermeyen durumlarda elektrik motorunu kullanırken, yüksek hız ve yüksek performans gerektiren durumlarda ise içten yanmalı motoru devreye sokar. Çünkü aracın sahip olduğu elektrikli motor tahrik sistemi yüksek performans gerektiren araç hareketine yanıt veremez. Hibrit elektrikli araçların tasarımları esnasında yapılacak doğru konfigürasyonlar araçtan beklenen verimi ve performansı olumlu olarak etkileyebilir ve sürdürülebilirliği arttırabilir. Günümüzde, seri hibrit sistem, paralel hibrit sistem ve split hibrit sistem olmak üzere üç farklı hibrit elektrikli araç çeşidi kullanılmaktadır (Ehsani ve diğer., 2018).

2.2.3 Doğalgaz

Dünya genelinde doğalgazlı araçların ticari olarak kullanılması ve üretilmesi 1930’ların ortalarında şekillenmeye başlamıştır. Ulaştırma faaliyetlerinde sıkıştırılmış doğalgazın araçlarda kullanılması ilk kez İtalya tarafından gerçekleştirilmiştir. ABD’ de 1969 yılında ilk kez doğalgazlı araçların kullanılması neticesinde bugün Los Angeles’ta kullanılan belediye otobüslerinin yaklaşık % 30’u

doğalgazlı araçlardan oluşmaktadır. Doğalgaz, tüm motorlu araç tiplerinde kullanılabilir de dünya genelinde baskın olarak otobüslerde kullanılmaktadır. Enerji kullanımı bakımından, doğalgaz, sıvılaştırılmış petrol gazından sonra en çok kullanılan ikinci alternatif yakıt türüdür. (Yedla, 2015) 2016 yılı verilerine göre dünya genelinde kullanılan doğalgazlı araç sayısı yaklaşık 24 milyon civarındadır. Başta Çin, İran ve Hindistan olmak üzere birçok ülke doğalgazlı araçları kullanmaktadır (Wikipedia, 2019).

Yapılan çalışmalarda doğalgazlı araçların, geleneksel araçlara göre kullanım maliyetlerinin % 10 oranında daha ekonomik olduğu tespit edilmiştir. Araba ömrünün 15 yıl olduğu varsayıldığında, doğalgazlı araçların üretim ve kullanım maliyetleri düşünüldüğünde ise % 15 daha az maliyetli olduğu belirlenmiştir (Yedla, 2004).

Teknolojik gelişmelerle birlikte günümüzde kullanılan doğalgazlı ağır araçların dizel motorlu araçlara kıyasla benzer performanslar gösterdiği görülmektedir. Doğalgaz fiyatlarının düşük olması doğalgazlı araç üretimine olan talebi ve altyapıya olan ihtiyacı arttırmaktadır. Oluşan talep, dizel motorlu araçların doğalgazlı araca döndürülmesi için kullanılan ekipman üreticileri tarafından yeni pazarlar oluşmasına imkan sağlamaktadır (Mintz, Han ve Burnham, 2014).

2.2.4 LPG Teknolojisi

LPG (Liquid Petroleum Gas) yani sıvılaştırılmış petrol gazı dünyada en çok kullanılan alternatif motor yakıtıdır. Amerika dışında otomobillerde kullanılan LPG genel olarak otogaz olarak adlandırılır. 2018 verilerine göre tüm dünyada kullanılan LPG motorlu araç sayısının 25 milyon civarında olduğu tahmin ediliyor. Bahsedilen bu rakamın 6 milyona yakınının Asya Pasifik olarak adlandırılan bölgede kullanıldığı biliniyor. LPG fosil yakıtlara oranla çevreye ve insan sağlığına daha az olumsuz etkide bulunması sebebiyle tercih ediliyor. Bugün Çin, fosil yakıtların olumsuz etkileriyle başa çıkmak için otogazlı araç fiyatlarında indirim yapılması, otogaz

istasyonları yapılması için bedelsiz arazi tahsisi gibi yönlendirici önlemler almaktadır (World LPG association, 2019).

LPG motor sistemi, otomobiller, otobüsler, hafif veya ağır araçlarda kullanılabilir. Mevcut benzinli veya dizel yakıtlı araçların motor yapılarında yapılan değişiklik ile LPG kullanımı mümkün kılınabilir. Araç üreticileri, LPG kullanan araçların performanslarını kaybetmeden aynı tork ve beygir gücü ile hareket etmelerine olanak sağlayacak şekilde motorlar tasarlamaya devam ediyorlar. LPG halen birçok ülkede benzin ya da mazot gibi fosil yakıtlardan daha ucuz olarak elde edilebilmektedir. Bu nedenle taşıyıcılar ve firmalar uzun süreli kullanımda, düşük maliyetleri sebebiyle özellikle kentsel lojistikte bu yakıt türünü kullanmayı tercih ediyorlar (Yedla, 2015).

2.2.5 Biyoyakıtlar

Biyoyakıt, bir biyokütle kaynağından üretilen herhangi bir sıvı yakıtı ifade eden genel bir tanımlamadır. Biyoyakıt, petrol yakıtlarına alternatif olarak verimli, çevre dostu ve doğal bir alternatif yakıt çeşididir. Farklı tarımsal kaynaklardan üretilme potansiyeli ve düşük emisyon özelliklerinden dolayı, biyoyakıtlar fosil yakıtların yerine tercih edilmektedir. Farklı iki biyoyakıt çeşidi olan etanol ve biyodizel genellikle karayolu taşımacılığında potansiyel bir alternatif yakıt olarak düşünülebilir (National Research Council, 2013).

Kimya endüstrisinde hammadde olarak yer alan, aynı zamanda ilaç ve içecek üretiminde de kullanılan etanolün, motorlu araçlarda kullanılması söz konusu yaygın olarak düşünülmektedir. Etanol, şeker endüstrisinde, şeker tortusu olan melasın fermente edilmesi ve damıtılması sonucunda elde edilir. Etanolün üretilmesinde potansiyel olan bitkisel kaynaklar manyok, mısır, pirinç ve patatestir. Biyodizel ise bitkisel yağların saf etil yapılarını ifade eder. Kolza tohumu, soya fasulyesi, ayçiçeği gibi bitkilerin tamamen saf ya da arıtılmış yağları, mevcut motor tasarımında önemli bir değişiklik yapılmadan dizel yakıt olarak kullanılır. Biyoyakıt doğal ve temiz bir yakıt türü olduğundan geleneksel dizel yakıtlarla karşılaştırıldığında %78 oranında

daha az karbondioksit emisyonuna neden olur. Etanol ve biyodizel ayrı olarak bulundurulur ve yakıtı karıştırılarak kullanılır. Etanol benzin ile karıştırılabilir fakat bu oran toplam yakıtın 2/3'ünden daha fazla olmamalıdır (Farrell ve diğer., 2006).

2.2.6 Yakıt Hücreleri

Yakıt hücreleri elektrokimyasal bir işlemle, hidrojen ve oksijen arasındaki reaksiyonu kullanarak elektrik üretir. Yakıt hücreleri, verimli, çevre kirliliğine neden olmayan, kompakt, modüler ve enerji üretimi için güvenilir bir teknolojidir. Yakıt hücre teknolojileriyle ilgili teknolojik çalışmalar devam etmektedir. Bu sistemlerden bazıları; proton değişim kaynaklı yakıt hücreleri, fosforik asit yakıt hücreleri, erimiş karbonat yakıt hücreleri, katı oksit yakıt hücreleri, doğrudan metanol yakıt hücreleri ve alkalin yakıt hücreleridir (Folkson, 2014).

Yakıt hücreleri, havadaki hidrojen ve oksijeni kullanarak çalışır. Yakıt hücre sistemlerinin verimlilik oranı yaklaşık olarak %45-%60 seviyeleri arasındadır. Bu sistem yüksek verimlilik ve düşük emisyon sunar. Yakıt pilleri, sabit / taşınabilir enerji üretimi ve otomotiv uygulamaları için kullanılabilir. Yüksek dönüştürme verimliliği, emisyonu neden olmaz veya çok az neden olur, gürültüsüz çalışması, yüksek akım yoğunluğu ve kompaktlık, yakıt hücrelerini, otomobil uygulamaları için ideal bir güç seçeneği haline getiren avantajlardan bazılarıdır (Yedla, 2015).

2.2.7 Hidrojen Enerjisi

Geleceğin yakıtı olarak adlandırılan hidrojen (H_2) karbon içermeyen, sıfır emisyonlu ve araçlarda kullanıldığında yalnızca su açığa çıkaran alternatif yakıt türüdür. Hidrojen, her ne kadar araçlarda kullanıldığında karbon veya başka bir emisyonu neden olmasa da hidrojen üretimi esnasında çeşitli miktarlarda sera gazı emisyonu meydana gelmektedir. Dünyadaki hidrojenin çoğu, su veya kömür, yağ, doğalgaz ve biyokütle gibi hidrokarbonlarda bulunur. Elde edilen hidrojen miktarı, kullanılan kaynağa ve teknolojiye göre farklılık gösterir. Bu durum üretim maliyetlerini de farklı etkiler, üreticiler için farklı kaynak ve farklı teknoloji

kullanabilme serbestisi sağlar. Son yıllarda özellikle Amerika, Avrupa ve Japonya gibi büyük ülkeler, hidrojen yakıt hücresi elektrikli araç üretim çalışmalarına ve teknolojik araştırmalara ağırlık vermiştir. Yapılan çalışmaların temel amacı, düşük maliyetli üretim sağlanırken aynı zamanda artan araç sayısı ile birlikte hidrojenin depolanması, taşınması ve son kullanıcıya en kolay şekilde ulaştırılmasıdır (Mintz, Han, ve Burnham, 2014).

İçten yanmalı motorlarda kullanılabiliyor olmasına rağmen, ürettiği gücün yoğunluğu ve yakılan hidrojen miktarına göre kat edilen menzile karşılaştırıldığında verimi istenilen seviyede sağlayamadığından geleneksel motorlu araçlarda kullanımı tercih edilmemektedir. Hidrojenden beklenen verimin alınabilmesi için, hidrojen yakıt hücresi elektrikli araçlarda kullanılması gerekir. Yakıt hücresi elektrikli araçlar, elektriği depolamak için pil kullanmak yerine depolanmış hidrojenle elektrik üreten elektrokimyasal aygıtlar kullanır. Çeşitli yakıt hücresi teknolojileri arasında, proton değişim kaynaklı yakıt hücreleri, hızlı başlatma tepkisi ve yüksek güç yoğunluğu nedeniyle araç uygulamaları için en uygun teknoloji olarak kabul edilir. Bu yöntemle kullanılan hidrojenin faydası, yüksek yakıt ekonomisi (benzinli içten yanmalı araçların potansiyelinden üç kat daha fazla) ve sıfır egzoz emisyonudur (National Research Council, 2013).

2.2.8 Elektrikli Araçlar

Elektrikli araçlar 1900'lerin başında üretilmeye başlanmıştır. Bu araçlar, üzerine eklenmiş pillerle güç sağlayan bir elektrik motorunun, araç üzerindeki mekanik donanım aracılığıyla tekerlekleri hareket ettirmesiyle ilerleyen araçlardır. Pillerin enerjisi tükendiğinde şehir şebekelerinden şarj edilmesi gerekir. 1990'ların başında iki kişilik elektrikli araç üretimine başlandı. Bu yıllarda beklenenin çok üzerinde araç üretimi ve satışı gerçekleşti. Fakat araç bakım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle kullanım oranı giderek azaldı. 2010 yılında Nissan 4 kişilik ve 128 km menzilli olan Leaf modelini üretti ve Mart 2015'e kadar 77.000 adet satış yaptı. Diğer elektrikli araç üreticilerinin toplam satış rakamı ise 140.000 rakamına ulaştı (Thomas, 2015).

Daha yaygın olarak kullanılabilmesi için, elektrikli araçların performans, güvenilirlik, dayanıklılık ve maliyet açısından benzinli veya dizel motorlu araçlarla karşılaştırıldığında benzer kolaylıklar sağlaması gerekir. Bu düşünceye göre araçlarda kullanılan bataryaların uzun ömürlü olması gerekir. Uzun ömürlü bir bataryadan ifade edilmek istenen husus 5 yıl süreyle ve kapasitesi %80'in altına düşmeden en az 1000 kez tam boşalıp doldurulabilen kaynaklardır. Elektrikli araçlarda diğer bataryalara nazaran daha kullanışlı olmaları nedeniyle asit bataryaları kullanılır (Yedla, 2015).

Elektrikli araçların kullanım alanı beklentisi toplu taşıma sistemleri, kent lojistiğinde kullanılan araçlar, hizmet sektöründe kullanılan araçlar ve kamu hizmet araçları olacaktır. Çünkü bu sayılan alanlar faaliyetlerini genel olarak kent merkezlerinde yerine getirirler. Ülkelerin sıfır emisyon hedeflerine en uygun alternatif araç çeşidi olarak elektrikli araçlar ifade edilebilir (Kra, 2001).

Çevreye duyarlı lojistik sistemler, ulaşım planını değiştirmeyi ve çevre üzerinde daha az olumsuz etkiye sahip olan sürdürülebilir bir dağıtım ağı hedefler. Çevresel ve sosyal farkındalığın artmasıyla birlikte yeni nesil elektrikli araçların üretimi, kullanımı ve yaygınlaşması arttı. Lojistikte, elektrikli araçlar artık geleneksel motorlu içten yanmalı araçlara ciddi bir alternatif olarak kabul edilmektedir (Villamizar, Torres ve Faulin, 2017).

Çevre dostu özelliği ile alternatif bir teknoloji olarak kabul edilen elektrikli araçlar, elde etme ve kullanım bakımından değerlendirildiğinde birçok konuda geleneksel araçlara göre yüksek maliyetli olduğu görülmektedir (Quak, Nesterova, Rooijen ve Dong, 2016). Bunlar:

- Yüksek tedarik maliyet
- Yüksek tamir maliyeti
- Araç değiştirme maliyeti
- İstenildiğinde ısıtma veya soğutma sistemlerinin eklenmesi
- Ek tedarik maliyeti

- Düşük işletme maliyeti
- Düşük bakım maliyeti

Her ne kadar elektrikli araçlar yüksek maliyetli gibi görünse de, kullanım alanı yaygınlaştıkça ve üretim teknolojileri geliştikçe kullanımı çok daha yaygın hale gelecektir. Yerel ve ulusal yönetimlerin, vergi indirimi ve ücretsiz park alanları sağlama gibi aldığı olumlu kararlar da bu yaklaşıma destek olacaktır (Quak ve diğer., 2016).

Elektrikli araçlar, üretim teknolojisi, motor tipi ve kullanım şekli açısından incelendiğinde farklı araç tipleri karşımıza çıkar. Bu araçlar, tamamen ihtiyaçlar doğrultusunda ve mevcut geleneksel araçların sağladığı avantajlardan da yararlanacak şekilde tasarlanmıştır. Çünkü alternatif araçlar için mevcut şartlar, altyapı ve işletim gereklilikleri henüz yeterli seviyede değildir. Elektrikli araçlar üç farklı araç tipi olarak incelenecektir (Thomas, 2015).

- Batarya elektrikli araçlar
- Hibrit elektrikli araçlar
- Fişli hibrit elektrikli araçlar

2.2.8.1 Batarya Elektrikli Araçlar

Batarya elektrikli araç sistemleri tamamen elektrik enerjisi ile çalışan bir araç sistemi olarak ifade edilebilir. Araç üzerinde bulunan elektrik motoru gücünü araç üzerinde bulunan bataryalardan alır ve enerji bitinceye kadar hareket edebilir. Bataryalardaki enerji bittiğinde dışarıdaki bir kaynaktan şarj edilmesi gerekir. Aracın menzili ve çalışma süresi üzerinde bulunan bataryanın kapasitesi ile doğru orantılı olarak değişir. Bataryaların, içeriğinde bulunan element ve bileşikler nedeniyle üretim maliyeti yüksektir. Fakat çoğunlukla kapasiteleri ve kullanım kolaylıkları nedeniyle elektrikli araçlarda asit bataryaları kullanılır. Bataryaların kullanımını etkileyen bazı faktörler vardır (Dimino ve Nally, 2014). Bunlar:

- Batarya kapasitesi
- Batarya ömrü
- Bataryaların geri dönüşümü
- Sıcak ve soğuk havanın bataryanın çalışmasına olan etkisi
- Dayanıklılık
- Enerji ve güç yoğunluğu
- Şarj süresi
- Maliyet

Bu faktörler direkt olarak elektrikli araçların kullanımına etki eder. Eğer yüksek kapasiteli bir batarya kullanılırsa bu daha uzun mesafe veya daha uzun çalışma süresi anlamına gelir. Başka bir örnek vermek gerekirse, kısa şarj süresi aracın çalışarak geçireceği sürenin artmasına yardımcı olur. Şehir içi ulaşım maksadıyla kullanılan bir elektrikli halk otobüsünün uzun süre şarj için bekliyor olması hem ekonomik açıdan hem de şehrin yaşanılabilirliği açısından olumsuz bir durumdur. Elektrikli araç kullanıcıları için bir başka önemli husus batarya maliyetleridir. Kısa sürede kapasitesi düşen veya kalitesiz batarya kullanımı neticesinde kullanılamaz duruma gelen bataryalar istenilmez. Bu durum da doğrudan geleneksel araçların sağladığı avantajların tercih sebebi olması anlamına gelir.

Birçok büyük şehirde özellikle kent merkezlerinde, geleneksel fosil yakıtlı araçlar, zararlı hava kirliliğinin % 50 'sinden sorumludur. Her ne kadar içten yanmalı motorlu araçlardan yayılan kirleticileri azaltmak için sürekli olarak teknolojik iyileştirmeler yapılsa da araç sayısındaki artış, bu zararlı emisyonların azaltılmasından çok daha hızlıdır. Dolayısıyla hava kirliliğinin azaltılması büyük oranda fosil yakıtlı araçların sayıca azalmasıyla mümkün olabilecektir. Bu maksatla elektrikli araçların kullanımı doğru bir tercih olacaktır. Elektrikli araçlar sıfır emisyon sunar. Geleneksel araçların kendi emisyonları dışında, rafinerilerde yakıt üretim maksadıyla yayılan emisyonla elektrikli araç üretmek için kullanılan üretim tesisleri kıyaslansa bile elektrikli araçlar yine de en az havayı kirleten alternatif araçtır (Chan ve Chau, 2001).

2.2.8.2 Hibrit Elektrikli Araçlar

İçten yanmalı motorlu geleneksel araçlar yakıtlarının yüksek enerji yoğunluğu avantajlarını kullanarak iyi performans ve uzun bir çalışma aralığı sağlar. Bununla birlikte, düşük yakıt ekonomisi ve çevre kirliliği gibi dezavantajlar sunar. Batarya elektrikli araçlar ise yüksek enerji verimliliği ve sıfır çevre kirliliği gibi avantajlar sağlar. Bunun yanında performans, özellikle uzun batarya şarj süreleri gibi hususlar da fosil yakıtlı araçlarla rekabet edemez. İki güç kaynağını aynı araç üzerinde kullanan hibrit elektrikli araçlar hem içten yanmalı motorlu araçların hem de elektrikli araçların sağladığı avantajları kullanır.

Hibrit elektrikli araçlar üzerinde bulunan tahrik sistemi gücünü iki farklı kaynaktan alır. Birincisi geleneksel içten yanmalı motor ikincisi ise elektrikli motordur. Her iki motor ayrı ayrı kullanılabilirdiği gibi birlikte de kullanılabilir. Performansın önemli olduğu durumlarda geleneksel motor tercih edilir. Fakat hızın önemli olmadığı veya emisyonun yasak olduğu şehir merkezleri gibi bölgelerde elektrik motoru kullanılabilir. Dik tırmanış veya yokuş gibi yerlerde ise aracın çalışma kolaylığını sağlamak için her iki motor da birlikte kullanılabilir (Ehsani, Gao, Longo ve Ebrahimi, 2018).

Hibrit elektrikli araçlarda batarya elektrikli araçlarda olduğu gibi yüksek kapasiteli ve büyük enerji kaynağı yoktur. Bunun birinci sebebi aracın tasarım ve kullanım amacıdır. Hibrit araçlarda geleneksel motor da bulunduğu için aracın kullanım alanı içinde büyük bataryalara yer kalmaz. Hibrit elektrikli araç üzerinde de aracın daha kısa süreli kullanımına imkan veren bataryalar mevcuttur. Batarya elektrikli araçlardan farkı, bu bataryaları şarj etmek için dışarıdan bir enerji kaynağına ihtiyaç duyulmaz. Hibrit araç üzerinde tıpkı geleneksel araç akü şarj sistemine benzer bir sistem vardır ve bu bataryalar motor çalıştığı sürece şarj edilir konumda bulunur veya içten yanmalı motor çalıştırılarak bataryaların şarj edilmesi sağlanabilir. Hibrit araçlar kent merkezlerinde kullanıldığı gibi uzun yollarda da altyapı veya şarj noktası gibi elektrikli araç gereksinimlerine ihtiyaç duymadan hareket edebilir (National Research Council, 2013).

2.2.8.3 Fişli Hibrit Araçlar

Fişli hibrit araçlar genel olarak hibrit elektrikli araçlara benzer. Araç sistemi birbirinden bağımsız iki veya daha fazla motor sisteminden oluşur. Fakat genel olarak iki sistemlidir, üç ve üzeri sistemler karmaşık yapıya sahip olduğundan tercih edilmez. Hibrit araçlara göre daha büyük bataryalara sahiptir. Aracın sağladığı avantaj ve dezavantajlar da hibrit elektrikli araçlarla hemen hemen aynıdır. Hibrit elektrikli araçlar, üzerinde bulunan bataryayı kendi bütünleşik sistemi aracılığıyla farklı herhangi bir kaynağa ihtiyaç duymadan şarj ederken fişli hibrit araçların dış elektrik kaynağına ihtiyacı vardır. Batarya tükendiğinde aracın çalışmasına gerek kalmadan bir şarj noktasında şarj edebilme imkanı sunar. Fakat performans olarak hibrit elektrikli araçlardan üstünlükleri yoktur. Yüksek kapasiteli bataryaları sayesinde uzun süre elektrikli motoruyla çalışabilseler de performans gerektiğinde içten yanmalı geleneksel motorlar devreye girer. Fişli hibrit araçların motor tasarımları iki farklı sistem halinde çalışabildiği için alternatif yakıt olarak biyoyakıt ve hidrojeni de kullanabilir (Simpson, 2006).

Bataryalı elektrikli araçlar gibi fişli hibrit araçlar için de en büyük zorluk altyapı ve şarj noktası problemidir. Elektrikli araç kullanımı geleneksel araçlara oranla çok daha az olduğundan büyük şehirler dışında bu zorluk açıkça hissedilmektedir. Araç şarj istasyonları giderek yaygınlaşsa da yeterli değildir. Şarj istasyonlarının yaygınlaşamamasının asıl sebebi ise altyapı yetersizlikleridir. Elektrikli araç kullanımı arttıkça, tüketilen elektrik miktarı da artmaktadır. Buna bağlı olarak şarj ihtiyacını karşılamak üzere şarj ünite ve istasyonları ihtiyacı belirir. Fakat mevcut elektrik üretim kapasiteleri ve elektrik hat altyapıları halen yetersizdir (National Research Council, 2013).

Fişli hibrit araçlar tıpkı diğer elektrikli araçlar gibi düşük emisyon değerlerine sahip olduğundan araçların sebep olduğu çevre kirliliğindeki oranı düşüktür. İçten yanmalı geleneksel motorlarla birlikte kullanıldığından çevre kirliliğinin azaltılması yönünde faydalar sağlar.

2.3 Elektrikli Araçların Kent Lojistiğinde Kullanılması

Taşımacılık faaliyetlerinin dünyada tüketilen enerjinin % 25' inden daha fazlasını oluşturduğu ve enerji üretim sürecinin de hava kirliliğini arttırdığı göz önüne alındığında, taşımacılıkta sürdürülebilir büyümeyi sağlamak için bu etkilerin göz önünde bulundurulması gerekir. Taşımacılığın ve lojistik faaliyetlerin katkıda bulunmasıyla artan hava kirliliği, gürültü kirliliği, karbon salımı ve trafik sıkışıklığı gibi olumsuz çevresel faktörlerin azaltılmasında elektrikli araç kullanımının ve elektrikli araç filolarının sayısının artırılması birincil olarak etkili olacağı değerlendirilebilir. Basit bir örnekle açıklamak gerekirse; dizel yakıt kullanan geleneksel motorlu bir aracın şehir içi şartlarında karbondioksit salımı 0.644 kg/km iken elektrikli araç için bu rakam 0,011 kg/km (elektrik santrallerinin üretimdeki emisyon değerleri kullanılarak) hesap edilir. Bu da yaklaşık olarak 58 kat daha fazla emisyon demektir (Figliozi, 2010).

Kentsel taşımacılıkta kullanılan kamyonların hızları genel olarak düşüktür ve elektrikli motorlar düşük hızlarda daha yüksek verimlilik sağlar. Ayrıca şehir içi trafikte durma ve hızlanma için oldukça uygundur. Kamyonlar neredeyse her gün aynı yolda hareket ederler ve başlangıç noktalarına geri dönerler. Akışa bakıldığında kamyonlarda da elektrikli motorların kullanılmasının uygun olacağı değerlendirilebilir. Her ne kadar çok düşük emisyon değerine sahip olsa da satın alma, işletme, yakıt ekonomisi gibi yüksek maliyet içeren özellikleri bakımından geleneksel motorlu araçlarla rekabet etmesi güçtür. Bu oran otomobillerde biraz daha az olsa da taşımacılıkta kullanılan ticari araçların kapasite ve yük taşıma sıklığı ve taşıma oranı ile kıyaslandığında oldukça yüksektir. Elektrikli araçların kentsel alanlardaki taşımacılık faaliyetlerinde kullanımında etkili olan bazı bileşenler vardır (Foltyński, 2014). Bunlar:

- Menzil (100-150 km)
- Şarj süresi (6-8 saat)
- Yetersiz şarj altyapı kaynağı
- Yüksek yatırım maliyeti

- Eksik veya yetersiz teşvik
- Bilgi eksikliği
- Dezenformasyon ve yanlış bilgilendirme

Sıralanan bu bileşenler elektrikli araç kullanımını genel olarak etkilediği gibi kentsel lojistikte taşımacılık faaliyetlerini doğrudan etkiler. Elektrikli kamyonların menzilleri günümüzde ortalama 200-300 kilometrelere kadar yükselse de (Wikipedia, 2019) halen alternatif araçların menzillerine ulaşamamıştır. Örneğin 2017 yılında tanıtımı yapılan Tesla Semi elektrikli ağır kamyonun menzili 480 km iken, aynı sınıfta yer alan Iveco Stralis NP modeli doğalgazla çalışan kamyonun menzili 1600 km olarak ifade edilmektedir (Iveco Turkey, 2019). Bu kıyas uzun yol taşımacılık için olumsuz bir etki olarak açıklanabilir. Fakat kent içi taşımacılıkta aracın gün içinde kat ettiği mesafe göz önüne alınarak iyi bir planlama yapıldığında elektrikli araçların kullanılma süreleri arttırılabilir.

Elektrikli araçların kullanımını etkileyen bir diğer faktör araçların satın alma maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Bu durum büyük ölçüde araç üzerindeki bataryalardan kaynaklanmaktadır. Batarya maliyetlerinin elektrikli araç kullanımını etkilemesinde üç ana sebep vardır. Birincisi bataryaların üretim maliyetleri yüksektir bu da araç maliyetini yükseltir. Dayanıklı ve uzun ömürlü bataryalar satış fiyatlarını arttırır. İkincisi, bataryaların değişim maliyetleri yüksektir batarya kapasitesi düştüğünde veya kullanılamaz duruma geldiğinde değiştirilmesi gerekir. Son olarak da elektrikli araçların geleceği konusunda endişeler mevcuttur. Çünkü yeni gelişmeler veya yeni eklentiler neticesinde mevcut elektrikli araçların kullanımının sonra ermesi veya değişmesi olasılığı firmalar ve taşıyıcılar tarafından risk olarak görülür (Lebeau, Macharis ve Mierlo, 2016).

Kentsel lojistikte elektrikli araçların kullanımının geleneksel araçlara kıyasla sağladığı birçok avantaj vardır. Aracın yüksek üretim maliyeti ve yüksek satış fiyatları her ne kadar bu avantajların önüne geçse de genel çerçeveden bakıldığında hem günümüz şartlarının iyileştirilmesi için hem de gelecekte daha temiz bir çevrede yaşayabilmek için taşımacılıkta elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması tüm

şehirlerin lehine tercih olabilir. Elektrikli araçların kullanımının sağladığı avantajlar kısaca aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Iwan, Kijewska ve Kijewski, 2014).

- Herhangi bir kaynaktan enerji üretme imkanı
- Atmosfere ve çevreye karşı sıfır emisyon
- Gürültü kirliliğine sebep olmayışı
- Geleneksel araçlara kıyasla daha yüksek enerji verimliliği
- Daha ucuz bakım ve işletme imkanı
- Kilometre başına düşen düşük operasyon maliyetleri

Elektrikli araç kullanımının olumsuz etkilerini, kullanımdan kaynaklanan endişe ve belirsizlikleri ve sağladığı avantajları bir arada değerlendirmek daha yerinde olacaktır. Elektrik araçlar sağladığı avantajlarla sebebiyle iyi bir alternatif teknoloji olarak karşımıza çıkar. Bunun yanında kentlerin henüz altyapı olarak yeterli seviyeye ulaşamaması ise aracın sağladığı avantajların tam olarak anlaşılmasına neden olmaktadır. Altyapı düzenlemeleri ve araç şarj istasyonlarının yaygınlaşması hem bireysel elektrikli araçların kullanımını hem de lojistikte ve taşımacılıkta kullanılan araç sayısının artışı olumlu etkileyebilir. Bir diğer husus uzun şarj süresinin sebep olduğu olumsuzluktur. Elektrikli araçların tam şarj ile sağladıkları menzilin kısa olması aracın her gün şarj edilmesi anlamına gelir. Az sayıda araç için direkt olumsuz bir durum olarak gözükmese de taşımacılık firmalarının çok sayıda araçtan oluşan filoları göz önüne alındığında baş edilmesi gereken bir durumdur. Altyapı yetersizlikleri nedeniyle tüm araçlar aynı anda şarj edilemediği gibi 6-8 saatlik şarj süreleri aracın bu süre zarfında hareket edememesi anlamına gelir ki bu ticarete istenilen bir durum değildir. Bu sebeple altyapı iyileştirmeleri yapılarak hızlı şarj istasyonlarının kullanımının artırılması önemli bir adım olacaktır. Elektrikli araçların kilometre başına düşen operasyon maliyetleri geleneksel fosil yakıtlı araçlara oranla yarı yarıya daha düşük olarak ifade edilebilir fakat satın alma maliyetleri de aynı oranda yüksektir. Bu durum da elektrikli araçların kullanımının artmasını olumsuz etkiler. Altyapı eksikliklerinin giderilmesi, batarya şarj kapasitelerinin artması, neticesinde araç menzillerinin artması, araç satın alma maliyetlerinin düşmesi ve otoritelerin çevresel etkileri de göze alarak vergi indirimi

ve teŖvik gibi ayrıcalık tanıyan kararlar almasıyla elektrikli araçların kullanımının artışı sağlanabilir (Juan ve diğ., 2016; Liimatainena ve diğ., 2019).



BÖLÜM ÜÇ

LOJİSTİKTE ELEKTRİK MOTORLU ARAÇLARIN SEÇİMİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI

Önceki bölümlerde kent lojistiği, alternatif araç ve yakıt teknolojileri ve elektrikli araçlar incelenmiştir. Kent lojistiğinin, lojistik ve taşımacılık alanındaki önemi ortaya konularak, sürdürülebilirliğin sağlanması için neler yapılabileceği ortaya konulmuştur. Lojistikte kullanılan araçlar tanımlanarak, kent lojistiğinde kullanılan araçlar ve alternatif araç teknolojileri incelenerek kentsel lojistikte alternatif araç teknolojilerinden biri olan elektrikli araçlarının kullanımı incelenmiştir.

Bu bölümde ise, elektrik motorlu araçların seçimi üzerine, lojistik ve taşımacılık firmalarının mevcut uygulamaları, elektrikli araçların kullanımının yarattığı avantaj ve dezavantajlar, problem alanları da dikkate alınarak bir değerlendirme yapılması hedeflenmektedir.

3.1 Araştırmanın Amacı

Elektrik motorlu araçların kullanımı giderek artmaktadır. Teknolojik gelişmelerle birlikte öncelikle kişisel kullanım için otomobillerde gerçekleşen bu artış, ihtiyaçlar doğrultusunda hafif ticari araçlarda ve sonrasında kamyon, tır gibi ağır hizmet araçlarında da görülmektedir. Fakat tedarik zincirinin önemli elemanları olan lojistik ve taşımacılık firmalarında elektrikli araç kullanımında çekinceler ve yetersizlikler mevcuttur. Bu çalışmanın temel amacı, lojistikte elektrik motorlu araçların kullanımında karşılaşılan problem sahalarını belirlemek ve çözümüne yönelik öneriler sunmaktır.

3.2 Araştırmanın Kapsamı

Araştırmanın kapsamını, yurtiçinde hizmet veren lojistik ve taşımacılık firmaları oluşturmaktadır. Yapılan görüşmelerde firmaların, hafif, orta veya ağır ticari araçlara sahip oldukları ve aktif olarak bu araçları operasyon faaliyetlerinde kullanıp

kullanmadıkları sorulmuştur. Araç sayısı ve operasyon sıklığı diğerlerine göre daha fazla olan firmalar araştırma kapsamına alınmıştır.

3.3 Veri Toplama Yöntemleri

Bu çalışmanın verileri, nitel veri toplama tekniklerinden yarı yapılandırılmış görüşme tekniği yöntemiyle toplanmıştır. Yapılan görüşmelerde, elektrikli araçların kullanımı etkileyen faktörler esas alınarak problem sahaları belirlenmiş ve buna uygun olarak önceden hazırlanmış mülakat formu kullanılmıştır. Görüşme formu açık uçlu toplam 12 sorudan oluşturulmuştur. Hazırlanan form, yüz yüze, telefonla ve elektronik posta aracılığıyla 08 Nisan -22 Nisan 2019 tarihleri arasında, yurtiçinde faaliyet gösteren lojistik ve taşımacılık firmalarına ve çalışanlarına iletilmiştir. Bazı firmalar görüşme yapmayı kabul etmemiş ve görüşme yapmayı kabul eden firmalar arasından 12 firma ile mülakat yapılmıştır. Görüşmelerde tamamen gönüllük esasına göre rahat bir ortamda ve yönlendirme olmadan objektif ve sağlıklı cevap alınmasına gayret edilmiştir. Firmalara, yapılan çalışmanın amacı açıklanmış, mülakat verilerinin tezde kullanılmasıyla ilgili bilgilendirme yapılmıştır. Çalışmada firma isimleri kullanılmamıştır.

Görüşme Soruları

1- Elektrikli araçları, yatırım maliyetlerini açısından geleneksel araçlarla karşılaştırınız (satış fiyatı, bakım, onarım, batarya ömrü, sigorta vs.).

2- Uzun şarj olma süresi elektrikli araçların lojistikte kullanılmasını nasıl etkiler?

3- Elektrikli araçların menzilleri, lojistikte kullanılması bakımından yeterli midir, değilse sebebini belirtiniz.

4- Elektrikli araç şarj istasyonlarının belirlenen yerleri uygun olarak seçilmiş midir, sayıca yeterli midir?

5- Elektrikli araçları, çevre kirliliği konusunda geleneksel araçlarla kıyaslayarak değerlendiriniz.

6- Elektrikli araçların, yük taşıma kapasiteleri ve araç çeşitleri geleneksel araçlarla kıyaslandığında yeterli midir?

7- Elektrikli araçları, şehir içi ve uzun mesafe kullanım performansı açısından değerlendiriniz.

8- Elektrikli araçların enerji tüketim maliyetlerini geleneksel araçlarla kıyaslayınız.

9- Çevrenizdeki altyapı elektrikli araçlar için uygun mudur?

10- Elektrikli araç kullanımını teşvik etmek için lojistik firmalarına ne gibi kolaylıklar sağlanmalıdır?

11- Elektrikli araçların, lojistikte kullanılmasında güçlü tarafları nelerdir?

12- Elektrikli araçların, lojistikte kullanılmasındaki zayıf tarafları nelerdir?

3.4 Verilerin Analizi

Toplanan veriler, içerik analizi yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve yorumlanmıştır. Verilerin analiz edilmesinde her bir görüşmeci için bir kod tanımlanmıştır ve firmalar bu kod ile ifade edilmiştir. Bu kod “G” harfiyle başlayıp sırasıyla 1-12 firma için ayrı ayrı belirtilmiştir. Örneğin: G1, görüşme yapılan birinci firmayı işaret etmektedir.

3.5 Bulgular

Elektrikli araçları, yatırım maliyetlerini açısından geleneksel araçlarla karşılaştırınız (satış fiyatı, bakım, onarım, batarya ömrü, sigorta vs.).

Elektrikli araçlar satın alma maliyetleri yüksek olsa da kullanım süresi ve sıklığı göz önüne alınırsa daha ekonomiktir (G1, G3). Görüşülen diğer firmaların tamamı, elektrikli araçların satış fiyatının yüksek olduğunu söylemiştir. Araçlar yaygın olarak kullanılmadığından, yedek parça ve bakım maliyetleri yüksektir (G5, G9). Parça sürtünmesi ve araç bakım gereksinimleri geleneksel araçlara göre az olduğundan, araçların arıza yapma oranları da düşüktür. Bu nedenle bakım ve onarım maliyetleri mevcut araçlara göre daha ekonomiktir (G2, G3). Araçlar henüz yaygın olarak kullanılmadığı için yeterince servis noktası bulunmamaktadır. Bu nedenle de bakım ve onarım maliyetleri yüksektir. Fakat araç kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte servis noktaları da artacaktır, bu sayede bakım onarım maliyetleri şimdiki fiyatlara göre daha uygun olacaktır (G3, G6). Araçların batarya ömürleri kullanım süresine ve sıklığına bağlı olarak değişebilmektedir. Araçların batarya ömürleri kısadır ve batarya değiştirme maliyetleri yüksektir (G6, G7, G9, G12). Elektrikli araçların satış fiyatları geleneksel araçlarla kıyaslandığında neredeyse iki kat daha fazladır. Sigorta ve kasko teminatları da yüksek olduğundan maliyeti de yüksek olmaktadır (G6).

Uzun şarj olma süresi elektrikli araçların lojistikte kullanılmasını nasıl etkiler?

Geleneksel araçların yakıt alma süresinin makul bir bekleme süresi olması alışık olunan bir konudur. Fakat uzun şarj süreleri lojistiği olumsuz yönde etkiler. Çünkü araçların şarj süreleri yükün durumuna göre değiştiğinden, ne zaman şarja ihtiyaç duyulacağı da değişir. Bu istenmeyen bir durumdur ve dolayısıyla lojistiği olumsuz olarak etkiler (G1, G2, G3, G7, G9). Uzun şarj süreleri olumsuz etkiler fakat hızlı şarj üniteleri kurulursa bu sorun lojistik için sorun teşkil etmeyebilir (G4, G8). Lojistikte önemli olan zamanında hareket edip, ürünleri yine zamanında yerine ulaştırmaktır. Hemen tepki verilmesi gereken durumlarda aracın şarjının olmaması bir dezavantajdır. Bu sebeple de başka bir aracı kullanmak gerekir bu durum da

mevcut planlamayı değiştirmek anlamına gelir. Uzun şarj süresi lojistiği olumsuz etkiler (G5). şehir içlerinde kullanılan araçların şarj süresi gün içinde yeterli olduğu sürece, gün sonunda şarja takılan aracın sabah görev başlangıcına kadar şarj olması olumsuz bir durum olarak düşünölmeyebilir. Düzgün bir planlamayla uygun bir kullanım sağlanır (G6). Araçlar kısa mesafe kullanıldığında sorun teşkil etmese de genel olarak yüklü ve uzun yolda kullanıldığında sık sık şarj edilme ihtiyacı doğar. Sık sık şark demek, sevkiyatın zamanında yerine ulaşmaması demektir, olumsuz etkiler (G11). Lojistikte zaman çok önemlidir, aracın uzun süre şarj olmasını beklememek için araç sayısının fazla tutulması gerekir. Araç sayısının fazla olması, yüksek maliyet anlamına gelir bu da istenmez. şarj süresi kısalmadığı sürece lojistiği olumsuz etkiler (G12).

Elektrikli araçların menzilleri, lojistikte kullanılması bakımından yeterli midir, değilse sebebini belirtiniz.

(G5, G6, G10) dışındaki tüm firmalar, lojistik faaliyetlerin sadece kent merkezlerinde olmadığını araçları uzun menzilli planlamalara da dahil ettiklerini ifade etmiş ve elektrikli araç menzillerinin yeterli olmadığını ifade etmiştir.

şarj noktalarının sayısı, akaryakıt istasyonlarının sayısı kadar olduğunda ve batarya şarj kapasiteleri arttırıldığında menzil problem olmaktan çıkar. Bunun yanında, araç sürücülerinin şarj esnasında dinlenmeleri sürüş emniyetini de arttıracğından olumlu bir durum olarak düşünülebilir (G1, G8). Araç menzilleri, bataryalar tam şarj olduktan sonra en az bir gün boyunca hareket edebilecek durumda olmalıdır. Bu durum da batarya kapasitesiyle ilgili bir durumdur. Batarya kapasitesi arttırılmak istendiğinde de ekstra maliyetler ortaya çıkmaktadır. Mevcut durumda yeterli değildir (G2, G4). Araçlar tam şarj ile 1000 km mesafeyi kat edecek duruma gelmeli veya tam yük 12 saat boyunca çalışabilecek duruma gelmelidir. Fakat şu an böyle bir araç mevcut değildir (G3, G12). Son düzenlemelerle geleneksel araçların da yolda kalma süreleri sınırlandırılmıştır. Bu nedenle doğru bir planlamayla kısa menzillerde yeterlidir. Uzun menzil planlamalarında yeterli değil (G5). Mevcut araçlar arasında ihtiyacımızı karşılayabilecek araçlar yükün durumuna göre 300-400

km gidebildiği göz önüne alındığında sık sık şarj edilmek için yaşanan duraksamalar düşünüldüğünde oldukça yetersizdir (G11).

Elektrikli araç şarj istasyonlarının belirlenen yerleri uygun olarak seçilmiş midir, sayıca yeterli midir?

Yapılan görüşmelerde araç şarj istasyonları tüm firmalar tarafından yetersiz olarak ifade edilmiştir. Mevcut şarj istasyonlarının yerlerinin uygun planlanmadığı, özellikle ticaretin fazla olduğu yerlerde bu istasyonların sayısının fazla olması gerektiği söylenmiştir.

Şarj süresi uzun olduğu için, istasyonlarda geçirilen süre de uzun olmaktadır. Mevcut istasyonlar tüm araç tiplerine hizmet vermektedir. Fakat otobüs, kamyon ve tır gibi büyük araçlar için farklı istasyonlar kurulmalıdır. Aynı zamanda birçok aracın şarj imkanı olmalıdır (G1). Lojistik sektöründe kullanılan elektrikli araç sayısı az olduğu için şarj istasyonları da binek araçlar için planlanıyor ve yine binek araç kullanıcılarına göre konumlandırılıyor. Elektrikli ağır araçlarının kullanımının artmasıyla şarj noktalarının yerlerinin düzenlenmesine ihtiyaç duyulacaktır. Bu nedenle yeni şarj istasyonlarının yerleri lojistik firmaların yoğunlaştığı bölgeler hesaba katılarak planlanmalıdır (G6). Şarj istasyonları genelde şehir merkezlerinde sınırlı kalmış durumdadır. Elektrikli araçların lojistikte yaygın olarak kullanılabilmesi için bu şarj istasyonlarının kırsal bölgelere kadar yayılması gereklidir (G7).

Elektrikli araçları, çevre kirliliği konusunda geleneksel araçlarla kıyaslayarak değerlendiriniz.

Görüşme yapılan tüm firmalar elektrikli araçların geleneksel araçlarla kıyaslandığında çevre kirliliği konusunda avantajlı olduğunu söylemiştir. Bazı firmalar dolaylı olarak çevreye olan olumsuz etkilerini de ayrıca belirtmiştir.

Elektrikli araç kullanımı, çevre kirliliği için olumlu etki yapabilir Fakat elektrikli araçları ve bataryaları üretmek için fabrika ve tesislerin neden olduğu çevre kirliliği göz ardı edilmemelidir (G3). Avrupa’da geleneksel araçların motorlarının euro 5 veya euro 6 olma zorunluluğu vardır. Bu durum egzoz emisyon değerleri hesap edilerek zorunlu hale getirilmiştir. Elektrikli araçların sıfır emisyon değeri göz önüne alınırsa tamamen çevre dostudur (G7). Elektrikli araçların direkt olarak çevreye zararlı gaz salımı olmasa da elektrik üretimden kaynaklı karbon ayak izi kıyaslaması yapıldığında geleneksel araçların neden olduğu karbondioksit emisyonuna yakın değerler elde edilir. Elektrikli araçlar çevre dostu olmakla birlikte mevcut elektrik üretim tesisleri çevre dostu değildir (G12).

Elektrikli araçların, yük taşıma kapasiteleri ve araç çeşitleri geleneksel araçlarla kıyaslandığında yeterli midir?

Elektrikli araçların kapasiteleri geleneksel araçlarla kıyaslandığında, lojistik için yeterli değildir (G8, G9, G10, G11). Bu karşılaştırmada önemli olan kapasiteden çok motor ve motorun tork gücü olmalıdır. Elektrikli araçların tork gücü geleneksel araçlara göre daha yüksektir. Araçlar hacim olarak geniş bir yükleme alanına sahip olmasa da yükün niteliğine göre bu durum farklılık gösterebilir. Özel yüklerin taşınmasında yeterlidir denilebilir. (G1). Hafif ticari araçlarda kapasite sorunu yaşanmasa da aracın tonajı arttıkça kapasite de azalmaktadır. Bu açıdan bakılırsa yetersizdir (G2). Elektrikli araçların motorlarının kapladığı alan geleneksel araçlarla kıyaslandığında daha azdır. Bunun yanında elektrikli araçlarda batarya boyutları büyüktür. Uzun menzil talep edildikçe batarya boyutu büyüdüğünden araç kapasitesi düşmektedir. Bu nedenle kullanım maksadına göre kısa mesafelerde yeterli iken uzun mesafe için yeterli değildir (G4). Lojistikte taşınan yük türüne göre farklı boyut ve özellikte araçlara ihtiyaç vardır. Elektrikli araçlar henüz ihtiyaçlarımıza cevap verecek şekilde ekipmanlara sahip değil. Araç çeşitliliği yeterli olmadığı gibi mevcut araçların tam yüklü taşıma kapasiteleri de yeterli değil (G5). Elektrikli araçlara bakıldığında, binek veya hafif ticari model üretiminin sayıca daha fazla olduğu görülüyor. Lojistikte hafif araçların kullanımı sınırlıdır. Taşınan yük miktarlarına bakıldığında mevcut araç çeşitliliğinin lojistiğin ihtiyaçlarını karşılayamayacağı

ortadadır (G6). Araç çeşitliliği gün geçtikçe artıyor aynı şekilde de yüksek tonajlı elektrikli araçlar da üretiliyor. Fakat maliyetleri yüksek olduğu için yaygın olarak kullanılamıyor. Araç tonajları yeterlidir, araç tip ve üretim sayıları arttırılmalıdır (G12).

Elektrikli araçları, şehir içi ve uzun mesafe kullanım performansı açısından değerlendiriniz.

Elektrikli araçlar, kullanılan teknoloji ve batarya kapasiteleri açısından değerlendirildiğinde her iki durum içinde yeterli değildir (G1, G5, G10). Yük taşıma çeşitliliğine göre farklılık gösterir. Şehir içi kargo taşımacılığı operasyonlarını yöneten firmalar için elektrikli araçların kısa mesafe performansları yeterli iken uzun yol taşımacılığı yapan firmalar için yeterli değildir (G2). Büyük market zincirleri gibi günlük dağıtım yapan firmaları düşünürsek ürünün depodan alınıp rafa yerleştirilinceye kadar olan süreçte elektrikli araç kullanımı avantajlıdır. Çünkü bu araçlar büyük ölçüde şehir merkezlerinde hareket eder ve araç batarya kapasiteleri bu mesafeler için daha kabul edilebilir. Fakat trafik sıkışıklığı gibi diğer nedenler işin içine girdiğinde bu avantaj da ortadan kalkar. Altyapı düzenlemeleri tamamlanmadığı sürece hem kısa hem de uzun yol performansları yeterli değildir (G3). Geleneksel araçlarla kıyaslandığında uzun yol performansları istenilen seviyede değildir. Batarya kapasitesi, şarj süresi gibi etkenler performansı etkiler. Fakat genel bir kanıya ulaşmak için elektrikli araç çeşitlerine bakmak gerekir. Çeşit arttığı zaman kıyaslama yapmak daha kolay olur (G4). Batarya kapasiteleri artıp lojistikte istenilen menzillere ulaşıldığında ancak sağlıklı bir yorum yapılabilir (G6). Elektrikli araç performansı, aracın kullanıldığı yere ve yük durumuna bağlı olarak farklılık göstermektedir. Mevcut bataryalarla şehir içi performansı iyi olabilir fakat uzun yolda yeterli değildir (G7). Lojistik ve taşımacılık firmaları için kısa mesafe performansı ayırt edici bir durum değildir. Bu firmaların büyük araçlara ve uzun mesafe alabilecek menzillere ihtiyacı vardır. O yüzden uzun mesafe performansları açısından elektrikli araçlar ihtiyaçları karşılamaz (G8). Elektrikli araçların yük taşıma kapasiteleri arttırıldığında veya ihtiyacımız olan kapasitelere sahip araçlar üretilmeye ve kullanılmaya başlandığında iyi bir performans sağlar, yakıt konusunda

da avantajlı olur. Mevcut araçlar şehir içi taşımacılıkta verimli olarak kullanılabilir fakat uzun yolda performansı yeterli değil (G9, G11). Elektrikli araçların performansını değerlendirebilmemiz için araçlar tam şarjlı ve yüklü olarak minimum 400 km yol alabilmelidir (G12).

Elektrikli araçların enerji tüketim maliyetlerini geleneksel araçlarla kıyaslayınız.

Görüşme yapılan tüm firmalar elektrikli araçların, geleneksel araçlarla kıyaslandığında enerji tüketim maliyeti konusunda daha avantajlı olduğunu söylemiştir. Bazı firmalar dezavantajlarını da ayrıca belirtmiştir.

Elektrikli araçların genel olarak geleneksel araçlara olan üstünlüğü biliniyor fakat kullanılan araç sayıları ve araç maliyetleri göz önüne alındığında çok anlamlı olmuyor. Çünkü mevcut koşullarda satın alma maliyetine eş değer bir avantaj elde etmek için, aracı sürekli ve uzun vadeli kullanmak gerekiyor. Geleneksel araçların da uzun ömürlü olduğunu düşünürsek kıyas yaptığımızda az sayıda araçla maliyet üstünlüğü var demek doğru olmaz (G1). Elektrikli araçların operasyon maliyetleri geleneksel araçlara göre düşüktür. Araçların batarya ömürlerinin beş yıl kadar olduğu düşünülürse, batarya değişimi veya araç değişimi söz konusu olduğunda yüksek maliyetler bu avantajı ortadan kaldırır (G4). Kısa ve uzun vadede elektrikli araç enerji tüketim maliyeti geleneksel araçlara oranla oldukça düşüktür. Araçların kullanım ömrü uzun olduğu takdirde satın alma maliyeti yüksek olsa bile düşük enerji tüketim maliyetinin düşüklüğü toplam maliyeti düşürür (G7). Elektrikli araçların satın maliyetleri düşerse ve kullanılan araç sayıları artarsa o zaman geleneksel araçlarla kıyaslandığında büyük bir avantaj sağlar. Fakat az sayıda araçla bunu söylemek zor (G8). Mesafesi belirlenmiş bir rota üzerinde basit bir karşılaştırma hesabı yapılırsa elektrikli araçların avantajlı olduğu kesinlikle söylenebilir. Fakat bu durum mevcut durumda bir tercih sebebi değildir çünkü maliyetler eşit değil (G9). Yenilenebilir kaynaklarla elde edilen bir enerjiyi, tükenmekte olan rezervlere karşı kıyasladığımızda elektrikli araçlar maliyet açısından uzun vadede daha karlı olacaktır (G11).

Çevrenizdeki altyapı elektrikli araçlar için uygun mudur?

(G10) dışında görüşme yapılan tüm firmalar çevrelerindeki altyapının elektrikli araçlar için uygun olmadığını ifade etmiştir.

Şu an kullanılan elektrikli araç sayısı az olduğu için mevcut altyapı yeterlidir ama araç sayısı arttığı takdirde altyapı düzenlemelerine ihtiyaç duyulur (G10). Mevcut altyapıların geleneksel araçlar için bile yetersiz olduğunu düşünürsek elektrikli araçlar için de uygun bir ortamın olmadığı söylenebilir. Elektrikli araca sahip firmalara baktığımızda kendi önlemlerini almaya çalışıyor. Yeterli sayıda araç şarj istasyonu yok. Araç sevkiyat için hareket ettiğinde şarjı bitmeden ilk noktaya dönmesi gerekebilir (G2). Elektrikli araçlara bakım onarım yapacak servis sayısı yeterli değil. Büyük şehirlerde bu durum sorun teşkil etmeyebilir, müdahale etmesi daha kolaydır. Fakat uzun mesafe taşımacılık yapacağınız durumlarda bu risk göze alınamaz (G4). Altyapı denince aklımıza yalnızca yollar, park yeri, şarj noktası geliyor. Fakat elektrikli araç servis noktalarının yetersizlik durumları da başka bir altyapı sorunudur. Aracınız arıza yaptığında müdahale edecek servis sayısı yok denecek kadar az. Diğer taraftan sürücü eğitimleri göz ardı edilmemelidir. Elektrikli araçların sayısı az olduğu için elektrikli aracı kullanacak sürücü sayısı da yeterli değil. Geleneksel araç sürücüleri, arızalanma durumunda öncelikle kendisi aracı onarıyor, elektrikli araç arızasında sürücünün arızayı tespit edebilmesi veya ne yapacağını biliyor olması gerekir (G5). Altyapılar yetersizdir, araç şarj istasyonlarının sayısı artırılmalıdır. (G8). Şehir merkezlerindeki altyapı kötü durumdadır. Lojistikte araçların kırsala kadar gittiği düşünülürse altyapı düzenlemelerine ihtiyaç var (G9). Elektrikli araçlar arıza yaptığı zaman onarım süresi çok uzun. Servisler ellerinde parça bulundurmuyorlar ve bu parçalar yurtdışından getiriliyor. Aracınız arıza yaptığında uzun süreler kullanamadığınız için planlamalarınız da o süre kadar aksıyor. Araç bakım onarım servis sayılarının artırılması gerekir (G11). Özellikle şehir merkezleri altyapı konusunda kötü ve düzelmesi zor gibi görünüyor. Elektrikli araçları kullanabilmek için elektrik üretim kapasitesinin artırılması gerekir. Elektrik kapasiteleri arttığında elektrik hatlarının ve altyapının iyileştirilmesi ihtiyacı ortaya çıkar. Altyapı yenilenmesinin kısa vadede

gerçekleşmesi güç, dolayısıyla elektrikli araçların kullanımının artması da kısa vadede güçtür (G12).

Elektrikli araç kullanımını teşvik etmek için lojistik firmalarına ne gibi kolaylıklar sağlanmalıdır?

Lojistikte kullanılan araç sayısını arttırmak isteniyorsa fosil yakıtlı araç tanıtımlarının kısıtlanması ve elektrikli araç tanıtım faaliyetlerinin arttırılması gerekir. Diğer türlü alışkanlıkları azaltmak pek mümkün değil. İlk elektrikli otomobillerin yaklaşık yüz yıl önce üretildiğini düşünürsek, bu araçların kullanımında geç kaldığımızı söyleyebiliriz (G1). Kolaylık sağlamak yerine sera gazı emisyon değerleriyle ilgili uzun vadeli kontratlar imzalamak yerinde bir karar olacaktır. Firmalar şartları sağlamak için değişiklik yoluna gidecektir. Bu hem çevre hem de değişim için uygun bir hareket olarak ifade edilebilir. Bunun gerçekleşmesi hızlı bir şekilde altyapı düzenlemelerinin yapılmasına bağlıdır (G2). Kısa dönemde pek mümkün görünmese de uzun dönemde özel tüketim vergisi indirimi veya elektrik kullanımında indirim sağlanması gibi kolaylıklar düşünülebilir (G3, G7). Elektrikli araç satış maliyetlerinin düşürülmesi için önlemler alınmalıdır (G4). Kredi ve geri ödeme şartlarında yapılacak düzenlemeler elektrikli araç kullanım oranını arttırabilir (G5, G11). Kolaylık sağlamak firmalar için uygundur fakat elektrikli araçların çevre dostu yönü düşünüldüğünde kolaylık sağlamaktan çok yeni önlemler alınması gerekir. Kolaylık sağlamak için elektrikli araç kullanıcılarının elektriği daha ucuz kullanması sağlanabilir. Bunun yanında çevre dostu olmayan araç kullanıcılarına da yeni vergi önlemleri getirilebilir (G6). Elektrikli araç kullanıcılarına vergi muafiyeti ve kredi indirimi gibi teşvikler sağlanabilir (G8). Elektrikli araç alımlarında vergi alınmamalı, ve teşvik amaçlı enerji maliyetlerini düşürmeli, egzoz emisyon kontrolüyle caydırıcı cezalar verilmelidir (G9). Lojistikte elektrikli araç kullanımını arttırmak yapılacak öncelikle altyapı eksikliklerini gidermek olacaktır. Sonrasında, alınacak vergi indirimi ve faizsiz kredi kolaylığı gibi önlemler firmaları teşvik etmek için yeterlidir. Elektrikli araçların çevre kirliliği konusundaki olumlu yönleri okullardan itibaren tüm kullanıcılara anlatılmalı ve firmaların bu konuda öncü olmaları istenmelidir (G12).

Elektrikli araçların, lojistikte kullanılmasında güçlü tarafları nelerdir?

Kabul edilmelidir ki, uygun şartlar sağlandığında elektrikli araçlar birçok konuda geleneksel araçlardan daha iyidir. Yakın zamanda olmasa da önümüzdeki süreçte geleneksel araçlardan vazgeçip elektrikli araç kullanımına yöneleceğiz. Motor gücü, enerji tüketim maliyeti ve çevre dostu oluşu elektrikli araçların en önemli güçlü taraflarıdır (G1, G8). Elektrikli araç kullanımının en önemli avantajı çevre dostu olmasıdır. Elektrikli araçlar zararlı hiçbir gaz yaymadığı için sıfır emisyonu neden olur. Geleneksel araçlarla kıyaslandığında yaşanılabilir bir çevre için çok önemli bir husustur. Mevcut araçların sebep olduğu hava ve gürültü kirliliği ile kıyaslandığında tartışmasız olarak avantajlıdır (G2). Elektrikli araçların bakım sıklığının ve bakım maliyetinin düşük olması, arıza oranlarının geleneksel araçlara göre düşük olması, operasyon maliyetlerinin düşük olması sayılabilecek güçlü yanlarıdır (G3, G4). Geleneksel araçların şehir içlerinde ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde kullanılması ve tüketilen yakıt miktarının yüksek olduğu düşünüldüğünde elektrikli araçların menzili az olsa bile tüketilen enerji miktarı açısından bakıldığında daha avantajlı olduğu açıkça görülmektedir. Ayrıca yine şehir merkezlerinde yaşanan hava kirliliğinin birincil nedeni fosil yakıtlı araçlardır. Elektrikli araçların hem ses hem de hava kirliliği konusundaki üstünlüğü tartışılmaz (G6, G11). Elektrikli araç kullanımı çevrecidir, hem kirliliğe neden olmaz hem de enerji tüketimi daha düşüktür. Kaynakların azaldığı düşünülürse yakın gelecekte fosil yakıtlı araçların kullanabileceği yakıt kalmayacaktır. Elektrikli araçlar bir elektrik motoru ve aktarma organlarından oluşan bir yapıdadır, arıza meydana getirecek çok fazla mekanik aksam olmadığından düzenli bakım yapılırsa uzun süreler sorunsuz kullanılabilir (G5). Elektrikli araç kullanımı için şartlar olgunlaştığında ve altyapılar uygun hale getirildiğinde hem maliyet, hem bakım hem de yakıt tüketimi açısından geleneksel araçlara göre daha avantajlı olacaktır. (G7, G9, G12).

Elektrikli araçların, lojistikte kullanılmasındaki zayıf tarafları nelerdir?

Elektrikli araçların mevcut satış fiyatları yüksektir, bataryaların kullanım ömrü kısadır dolayısıyla araç ömrü de o oranda kısadır (G1). Elektrikli araç teknolojileri

henüz yeterli seviyede değil. Mevcut elektrikli araçların lojistikte kullanılmasının maliyeti çok yüksektir. Maliyetleri azaltmak adına teşvikler yapılmamıştır. Altyapı eksiklikleri mevcuttur. Mevcut altyapılar düzeltilmediği takdirde lojistikte kullanımının artması zaman alır (G2, G3). Batarya kapasitesinin az olması nedeniyle sürekli şarj ihtiyacı olması (G4). Araç şarj istasyonlarının sayısının az olması, araç şarj istasyonlarında farklı araç tiplerine göre şarj noktaları olmaması, uzun süren şarj süreleri elektrikli araçların lojistikte kullanılmasının zayıf taraflarıdır (G5). Ağır yük taşıyabilen araç sayısının ve araç çeşidinin az olması, elektrikli araç kullanımına hakim sürücü sayısının az olması, araç arızalarına karşı bakım tesis ve merkezlerinin sayısının az olması, elektrikli araç kullanıcılarına kolaylık sağlanmaması başlıca zayıf taraflardır (G6, G7). Yatırım maliyetleri yüksektir, araçların menzilleri lojistik firmaların ihtiyaçlarını karşılamaz. Batarya kapasiteleri azdır ve bataryalar değiştirilmek istendiğinde değişim maliyetleri de çok yüksektir. Araçların yük taşıma kapasiteleri ihtiyaçları karşılamaz. Lojistikte kullanılan araç çeşidi kadar elektrikli araç çeşidi mevcut değildir. Araçlar çok uzun sürelerde şarj olur. Kırsal bölgelerde şarj istasyonlarının sayısı yok denecek kadar azdır. Uzun menzilli lojistik faaliyetlerde uzun süreli ve sık şarj ihtiyacı elektrikli araçların zayıf taraflarıdır. (G8, G9, G10). Elektrikli araçların kullanımın yeterince yaygın değil. Yaygın olmaması sebebiyle teknik destek verebilecek yetişmiş insan sayısı çok az. Elektrikli araçlar için yapılan yatırımların az olması nedeniyle yedek parçaları çok pahalı. Teknik destek noktaları şehir merkezlerinde konumlanmış durumda (G11, G12).

BÖLÜM DÖRT

SONUÇLAR

Bu çalışmada lojistikte elektrik motorlu araçların seçimi üzerine bir uygulama çalışması yapılmıştır. Çalışma kapsamında görüşme yapılan lojistik ve taşımacılık firmaların arasında elektrikli araç kullananların, araçları çok az ve asıl faaliyetlerinin yanında basit operasyonlarda kullandıkları görülmüştür. Firmalarla yapılan görüşmelerde elektrik motorlu araç kullanımının birçok problem sahasının olduğu sonucuna varılmıştır. Bu problem alanları şu şekilde sıralanabilir:

- Yüksek yatırım maliyetleri
- Batarya kapasitelerinin düşük olması
- Batarya kullanım ömrünün kısa olması
- Mevcut araç menzillerinin düşük olması
- Araç şarj sürelerinin uzun olması
- Araç şarj istasyonlarının sayısının az olması
- Araç şarj istasyonlarının konumunun doğru seçilmemesi
- Araç bakım onarım hizmeti verecek servis sayısının yeterli olmayışı
- Elektrikli araç sürücülerinin deneyim eksikliği ve eğitimlerinin yetersiz oluşu
- Lojistikte kullanılacak yeterli araç çeşitliliğinin olmayışı
- Araçların yük taşıma kapasitelerinin yeterli olmayışı
- Altyapı düzenlemelerinin yeterli olmayışı
- Elektrikli araç kullanımına yeterli teşvikin sağlanmaması

Yaşanan bu problemlere yönelik olarak;

- Araçların satın alma, değiştirme ve idame maliyetleri yüksek olduğu için firmalar mevcut geleneksel araçlarıyla faaliyetlerini devam ettirme gayreti içindedirler. Elektrikli araç üreticilerinin bu durumları göz önüne alarak daha düşük maliyetlerle kullanılabilecek araç üretime ağırlık vermeleri veya mevcut maliyetleri düşürecek tedbirler almaları elektrik araç kullanımını arttıracaktır.

- Elektrikli araç batarya kapasitelerinin düşük olması, çok sık şarj edilme gereksinimine ve aracın kısa süreli olarak aktif kullanılabilmesine izin vermektedir. Firmalara göre araçlar, operasyonlar esnasında faaliyetlerine ara vererek şarj gereksinimlerini gidermeye çalışmaktadır. Bu durum hem zaman kaybına hem de bu zaman kaybindan kaynaklı operasyonların aksamasına neden olmaktadır. Lojistikte faaliyetlerin daha sağlıklı şekilde yürütülebilmesi için batarya kapasitelerinin arttırılması ve araçların gün boyunca şarja ihtiyaç duymadan ve sürekli olarak faaliyetlerine devam edebilmelerinin sağlayan batarya kapasitelerinin sağlanması gereklidir.

- Mevcut elektrikli araçlarda kullanılan bataryaların ömürleri kısadır ve yeni batarya maliyetleri yüksektir. Bu durum lojistik firmaları için kullanım süresi dolan bataryalar için değişim maliyeti olarak ifade edilmektedir. Bataryaların kullanım ömürlerinin arttırılması veya batarya değişim maliyetlerinin düşürülmesi lojistikte elektrikli araç kullanımını olumlu olarak etkileyecektir.

- Elektrikli araçların kullanım menzilleri geleneksel araçlarla kıyaslandığında kısadır. Bu durum batarya kapasitelerinin yeterli olmayışından kaynaklanmaktadır. Batarya kapasitelerinin arttırılması menzilin artmasına neden olarak ve firmaların araç kullanımını arttıracaktır.

- Lojistik firmaları elektrikli araçları ancak uzun sürelerde şarj edilebildiklerini ve şarj süresince araçları aktif olarak kullanamadıklarını ve operasyonları şarj süresince ertelediklerini ifade etmektedir. Elektrikli araç şarj sürelerinin kısaltılması ve bununla birlikte hızlı şarj noktalarının sayısının arttırılması araç şarj olma süresinin kısalmasına neden olacaktır.

- Lojistik firmalar, araç şarj istasyonlarının sayısının az olduğunu ve ihtiyaçları karşılamadığını söylemektedir. Ayrıca istasyonlarda her araç tipine uygun şarj noktası olmadığını, araç şarj istasyonlarının ve şarj noktalarının sayısı az olduğu için zaman kaybı yaşadıklarını ifade etmektedirler. Araç şarj noktalarının ve her araç tipine uygun araç şarj istasyonu sayısının arttırılması ihtiyaçları karşılayacaktır.

- Elektrikli araç şarj istasyonlarının konumunu uygun ve ihtiyaca cevap verecek şekilde seçilmelidir. Firmalar, özellikle lojistikte yoğun olarak kullanılan yollara yakın konumlarda şarj noktalarına ihtiyaç duyduklarını ifade etmişlerdir. Yöneylem araştırması yapılarak, kent merkezlerinde olduğu gibi şehirlerarası yollarda, otoyollarda ve kırsal yaşam alanlarında da uygun noktalara şarj istasyonlarının yapılması elektrikli araç kullanımını olumlu etkileyecektir.
- Firmalar, elektrikli araç bakım ve onarım servislerinin sayıca az olduğu ifade etmişlerdir. Bakım ve onarım servislerinin sayısının az olması araçların serviste kalma süresini veya onarım süresinin artmasına neden olmaktadır. Bir başka durum ise, sayıca az olan servislerin hizmetleri yüksek maliyetlerle yerine getirmeleridir. Servis sayısının ihtiyaçlara cevap verecek şekilde ve yaygın olarak kullanımına izin verecek şekilde artırılması düşünülmelidir.
- Firmalar, elektrikli araç kullanabilen sürücü sayısının ve sürücünün deneyiminin az olduğunu belirtmiştir. Bu problemin çözümüne yönelik olarak, motorlu taşıt sürücü kursları gibi elektrikli araç sürücü kurslarının da oluşturulması ve uygun mevzuatlarla desteklenmesi uygun bir hareket tarzı olur. Bu kurslarda elektrikli araç sistemlerinin ve donanım özelliklerinin öğretilmesi ve uygulamalarla desteklenmesi elektrikli araç kullanabilen sürücü sayısının artmasına destek olacaktır.
- Lojistik firmaları elektrikli araç çeşitliliğinin ihtiyaçlarını karşılayacak yeterlilikte olmadığını ifade etmiştir. Araç üreticileri tarafından, firmalarca ihtiyaç duyulan ve sıklıkla kullanılan araç tip ve modelleri üzerinde yoğunlaşmaları ve üretimlerini bu yönde ilerletmeleri elektrikli araçlara olan talebin artmasına izin verecektir.
- Elektrikli araçlar lojistik firmaların ihtiyaç duyduğu çeşitlikte değildir ve firmalar mevcut araç kapasitelerinin faaliyetlerini sürdürebilmeleri için yeterli olmadığını ifade etmiştir. Elektrikli araçların taşıma kapasitelerinin en az geleneksel araçlar kadar olması gerekir. Dolayısıyla, araç çeşitliliğinin artırılmasıyla birlikte araç yük taşıma kapasitelerinin de istenilen seviyelere getirilmesi, elektrikli araçların lojistikte kullanılmasını artırır.

- Lojistik firmaları mevcut altyapılarının elektrikli araç kullanımı için uygun olmadığı ifade etmiştir. Elektrik üretim tesislerinden başlayarak öncelikle kent merkezleri olmak üzere sırasıyla lojistiğin faaliyet gösterdiği her yerde altyapı eksiklikleri hemen giderilmeli, trafo merkezlerinin ve elektrik hatlarının kapasiteleri güçlendirilmelidir. Yeni projeler ve şehir planlamaları yapılırken, elektrikli araçların alternatif bir araç teknolojisi olduğu ve gelecekte bu araçların daha çok kullanılacağı dikkate alınmalıdır.

- Lojistik firmalarının elektrikli araç kullanımı önünde duran en büyük engel maliyet engelidir. Maliyetlerin azaltılması firmaların elektrikli araçlara olan yönelimini arttırabilir. Faizsiz krediler ve geri ödemede kolaylık sağlanması veya vergi indirimleri gibi ayrıcalıklar elektrikli araç kullanımına olan yönelimi destekler. Diğer taraftan kent merkezlerinde sıfır emisyon alanlarının oluşturulması veya araç emisyon değerlerinin yasal sınırlamalarla düşürülmesi gibi yaptırımlar da elektrikli araç kullanımını arttırabilir.

Belirlenen problem alanları ve bu problemlere karşı alınabilecek tedbirler sırasıyla açıklanmıştır. Sayılan tüm problemlerin aynı anda ve kısa vadede çözülmesi pek mümkün gözükmemektedir. Bu durum lojistikte elektrikli araçların kullanımını her geçen gün olumsuz olarak etkiler. Elektrikli araçların lojistikte kullanımının arttırılabilmesi için mevcut problemlere öncelik sırası verilerek hızlı ve etkili çözümlerin hemen uygulanmaya başlaması, alınacak diğer önlemlerin de uygun projelerle desteklenerek, yenilikçi bir bakış açısıyla gerçekleştirilmesi yerinde bir yaklaşım olacaktır.

Araştırma, lojistik sektöründe elektrikli motorlu araçların kullanılmasını hedef almıştır. Çalışmanın örneklem birimi açısından kapsamı, lojistik ve taşımacılık firmalarıdır. Karayolu taşımacılığı dışında, diğer taşımacılık türlerini uygulayan lojistik ve taşımacılık firmaları kapsam dışında tutulmuştur. Çalışmada, hedeflenen sayıda firma ile mülakat yapılamamıştır. Bunun en belirgin sebebi, lojistik firmalarının çalışmada yer almak istememeleridir. 110 farklı firmaya, önceden hazırlanmış mülakat formları e-posta yoluyla ulaştırılmış, ancak %3'ünden yanıt

alınabilmektedir. Bu sebeple veriler, yüz yüze ve telefonla görüşülerek toplanmıştır. Araştırmanın evreni, İstanbul ve İzmir merkezli faaliyet gösteren lojistik ve taşımacılık firmalarından oluşmaktadır. Sonuçlar, tüm diğer şehirlerde operasyon yürüten lojistik firmalarını temsil etmediğinden genel bir yorumlama yapılmamalıdır.

Bu tez, alternatif araç teknolojilerinden biri olan elektrikli araçların kullanılmasında sadece lojistik sektörünün değil, diğer sektörlerin de karşılaşılabileceği problem sahaları hakkında firmalara fikir verebilir. Elektrikli araç kullanımının esas alındığı projeler ve gerçekleştirilecek altyapı iyileştirmeleri için farklı bakış açıları sunabilir. Bu tez yardımıyla, ileride lojistikte kullanılacak elektrikli araçların çeşitleri, yük taşıma kapasiteleri ve araç menzilleri gibi ayırt edici özelliklerin nasıl olması gerektiği konusunda yeni çalışmalar yapılabilir. Sonraki çalışmalarda, çeşitli taşımacılık yöntemleri uygulayan lojistik firmalarının, karayolu dışındaki diğer operasyon alanlarında elektrikli araç kullanımı uygulanabilir. Araştırmanın kapsamı sınırlandırılarak, tek bir şehirde faaliyet gösteren lojistik firmalarının kentsel lojistikte elektrikli araç kullanımı araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Allen, J., Tanner, G., Browne, M., Anderson, S., Chrisodoulou, G. ve Jones, P. (2003). *Modelling policy measures and company initiatives for sustainable urban distribution*. London: Transport Studies Group, University of Westminster.
- Amukele, T., Ness, P. M., Tobian, A. A. ve Boyd, J. (2017). Drone transportation of blood products. *Transfusion* 57 (3), 582-588.
- Bakkal, M. ve Oflaz, A. (2011). Lojistik kavramının tanımı. *Lojistik bilgi sistemleri* içinde (6-7). İstanbul: Hiperlink Yayınları.
- Banister, D. (2000). Sustainable urban development and transport: a vision for 2020. *Transport Reviews* 20 (1), 113-130.
- Bartholdi, J. J. ve Hackman, S. T. (2014). *Warehouse and distribution science*. Atlanta: The Supply Chain and Logistics Institute.
- Behrends, S., Lindholm, M. ve Woxenius, J. (2008). The impact of urban freight transport: a definition of sustainability from an actor's perspective. *Transportation Planning and Technology*, 31 (6), 693-713.
- Bektaş, T. (2017). *Freight transport*. Florida: Crc Press.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J. ve Cooper, M. B. (2002). *Supply chain logistics management*. New York: McGraw-Hill.
- Browne, M., Allen, J., Nemoto, T. ve Patier, D. (2012). *Reducing social and environmental impacts of urban freight transport: A review of some major cities*. Mallorca: Elsevier.
- Brundtland, G. H. (1987). *Our common future: The world commission on environment and development*. Oxford: Oxford University Press.

- Chan, C. C. ve Chau, K. T. (2001). *Modern electric vehicle technology*. New York: Oxford University Press.
- Chopra, S. ve Meindl, P. (2007). *Supply chain management strategy, planning and operation*. Harlow: Pearson.
- Christopher, M. (2011). Supply chain management is a wider concept than logistics. *Logistics and supply chain management (4th ed.)* içinde (2-4). Great Britain: Pearson.
- Council of Supply Chain Management Professionals (2019). *Definitions of scm*. 10 Nisan 2019, https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921
- Crainic, T. G. (2008). *City logistics*. Montreal: Cirrelet.
- Cullinane, S. ve Edwards, J. (2010). *Assessing the environmental impacts of freight transport*. London: Kogan Page
- Dabanc, L. (2007). Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize. *Transportation Research Part A Policy and Practice* 41 (3) , 280-285.
- Dabanc, L. (2009). *Freight transport for development toolkit – urban transport*. Washington: World Bank.
- Daneshjo, N. ve Štollmann, V. (2013). Logistics systems and supply chain management. *International Journal of Interdisciplinarity in Theory and Practice* içinde (2344-2409). Tatranské Matliare: CRC Press

- Dimino, R. ve Nally, T. (2014). *Alternative propulsion systems*. Boston: A Better City Press.
- Ehmke, J. F. (2012). Integration of information and optimization models for routing in city logistics. *International Series in Operations Research ve Management Science*, 21, 3-22.
- Ehsani, M., Gao, Y. ve Miller, J. M. (2007). Hybrid electric vehicles architecture and motor drives. *Proceedings of the IEEE*, 95 (4), 719-728.
- Ehsani, M., Gao, Y., Longo, S. ve Ebrahimi, K. (2018). *Modern, electric, hybrid electric nad fuel cell vehicles*. Boca Raton: Crc Press.
- Ehsani, M., Gao, Y., Longo, S. ve Ebrahimi, K. M. (2018). *Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles*. Florida: CRC Press.
- Eliezer, N. (1966). *Inventory systems*. New York: Wiley.
- European Commission. (2007). *Sustainable urban transport plan. preparatory document in relation to the follow-up of the thematic strategy on the urban environment, technical report*. Luxembourg: European Commission.
- European Union. (2017). Farrell, A. E., Plevin, R. J., Turner, B. T., Jones, A. D., O'Hare, M. ve Kammen, D. M. (2006). Ethanol can contribute to energy and environmental goals. *Science*, 311 (1), 506-508.
- Faulin, J., Grasman, S. E., Juan, A. A. ve Hirsch, P. (2018). *Sustainable Transportation and Smart Logistics*. Oxford: Elsevier.

- Faulin, J., Grasman, S. E., Juan, A. A. ve Hirsch, P. (2018). Sustainable transportation: concepts and current practices. *Sustainable transportation and smart logistics decision-making models and solutions* içinde (3-23). Amsterdam: Elsevier.
- Federal Highway Administration. (2018). *Conformity*. 10 Ekim 2018, https://www.fhwa.dot.gov/Environment/air_quality/conformity/research/improving_data/taqs03.cfm
- Figliozzi, M. A. (2010). The impacts of congestion on commercial vehicle tour characteristics and costs. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46 (4), 496-506.
- Folkson, R. (2014). *Alternative fuels and advanced vehicle technologies for improved environmental performance*. Cambridge: Woodhead publishing.
- Foltyński, M. (2014). Electric fleets in urban logistics. *1st International Conference Green Cities*, 48-59.
- Foltyński, M. (2016). *Management tool for streamlining city logistics*. Szczecin: Procedia.
- Gleissener, H. ve Femerling, J. C. (2013). *Logistics, basics, exercises, case studies*. London: Springer.
- Hamari, J., Sjökin, M. ve Ukkonen, A. (2016). The sharing economy why people participate in collaborative consumption. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67 (9), 2047-2059.
- Iveco Turkey. (2019). *Iveco stralis*. 6 Nisan 2019, <https://www.iveco.com/turkey/urunler/pages/yeni-stralis-kamyon.aspx>

- Iwan, S., Kijewska,, K. ve Kijewski, D. (2014). Possibilities of applying electrically powered vehicles in urban freight transport. *1st International Conference Green Cities 2014 – Green Logistics for Greener Cities*, 87-101.
- Juan, A. A., Mendez, C. A., Faulin, J., Armas, J. d. ve Grasman, S. E. (2016). Electric vehicles in logistics and transportation: A survey on emerging environmental, strategic, and operational challenges. *Energies*, 9 (86), 1-22.
- Kra, N. (2001). Side mounted starter-generator for small size passenger cars. *International Symposium; 3rd, Automotive Electronics and Alternate Energy Vehicles*, 170-178.
- Küçük, O. (2011). *Lojistik ilkeleri ve yönetimi*. Ankara: Seçkin.
- Küçük, O. (2017). *Stok yönetimi*. Ankara: Seçkin .
- Lebeau, P., Macharis, C. ve Mierlo, J. V. (2016). Exploring the choice of battery electric vehicles in city logistics: A conjoint-based choice analysis. *Transportation Research Part E*, 91 (3), 245-258.
- Liimatainen, H., Vlietb, O. V. ve Aplynb, D. (2019). The potential of electric trucks – an international commodity-level analysis. *Applied Energy*, 804-814.
- Litman, T. (2013). Planning principles and practices. *Victoria Transport Policy Institute*, 2 (1), 3-27.
- Lummus, R. R., Krumwiede, D. W. ve Vokurka, R. J. (2001). The relation of logistics to supply chain management: developing a common industry definition. *Industrial Management and Data Systems* 101 (8), 426-432.
- Luttwak, E. ve Koehl, S. L. (1971). *The dictionary of modern war*. London: Allen Lane.

- Macharis, C. ve Melo, S. (2011). *City distribution and urban freight transport: multiple perspectives*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Manley, D. K., Mcilroy, A. ve Taatjes, C. A. (2008). Research needs for future internal combustion engines. *Physics Today*, 61 (11), 47-52.
- May, T., Jarvi-Nykanen, T., Minken, H., Ramjerdi, F., Matthews , B. ve Monzón, A. (2001). *Procedures for recommending optimal sustainable planning of european city transport systems deliverable No. 1 cities' decision-making requirements*. Leeds: University of Leeds.
- Mintz, M., Han, J. ve Burnham, A. (2014). Alternative and renewable gaseous fuels to improve vehicle environmental performance. *Alternative fuels and advanced vehicle technologies for improved environmental performance* içinde (114-141). Cambridge: Woodhead Publishing.
- National Research Council. (2013). *Transistens to alternative vehicles and fuels*. Washington: The National Academy Press.
- Nesterova, N., Quak, H., Balm, S., Roche-Cerasi, I. ve Tretvik, T. (2013). *Validating freight electric vehicles in urban europe*. London: Frevue Press
- Özbiltekin, M., Gözaçan, N., Sürgeç, I. ve Öztürkoğlu, Y. (2018). *Şehir lojistiği: İzmir ili örnek uygulaması. 7. Ulusal lojistik ve tedarik zinciri kongresi bildiri kitabı*. Bursa: Uludağ Üniversitesi.
- Pawlak, Z. (2007). Factors determining the management of the traffic congestion in the urban area. *Log Forum*, 3 (4), 1-13.
- Pawlak, Z. ve Stajniak, M. (2011). Optimisation of transport processes in city logistics. *Log Forum*, 7 (1), 14-23.

- Singh, R. K., Chaudhary, N. ve Saxena, N. (2018). Selection of warehouse location for a global supply chain a case study. *IIMB Management Review*, 30 (4), 343-356.
- Quak, H. (2008). *Sustainability of urban freight transport*. Rotterdam: Erasmus University Rotterdam.
- Quak, H., Nesterova, N., Rooijen, T. V. ve Dong, Y. (2016). Zero emission city logistics: current practices in freight electromobility and feasibility in the near future. *Transportation Research Procedia*, 14 (16), 1506 – 1515.
- Rao, C., Goh, M., Zhao, Y. ve Zheng, J. (2015). Location selection of city logistics centers under sustainability. *Transportation Research Part D*, 36 (15), 29-44.
- Rushton, A., Croucher, P. ve Baker, P. (2014). *The handbook of logistics ve distribution management*. Philadelphia: Kogan Page.
- Savelsbergh, M. ve Woensel, T. V. (2016). City logistics challenges and opportunities. *Transportation Science* 50 (2), 579-590.
- Shenoy, D. ve Rosas, R. (2018). *Problems ve solutions in inventory management*. Cham: Springer.
- Shumaev, V. (2015). Development of logistics as an effective management tool. *Problems of Economic Transition*, 57 (12), 55-64.
- Simpson, A. (2006). Cost-benefit analysis of plug-in hybrid electric vehicle technology. *Presented at the 22nd International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium and Exhibition*, 22 (1), 2-12.
- Simpson, J. ve Weiner, E. (1989). *The oxford english dictionary (3rd ed.)*. Oxford: Oxford Clarendon Press.

- Tadić, S., Zečević, S. ve Krstić, M. (2015). City logistics status and trends. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 5 (3), 319-343.
- Taniguchi, E. (2014). Concepts of city logistics for sustainable and liveable cities. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 151 (2014), 310-317.
- Taniguchi, E. (2015). *Green logistics and transportation*. Switzerland: Springer.
- Taniguchi, E. ve Heijden, R. E. (2000). An evaluation methodology for city logistics. *Transport Reviews*, 20 (1), 65-90.
- Taniguchi, E. ve Thompson, R. G. (2015). *City logistics mapping the future*. Northwest: CRC Press.
- Taniguchi, E., Russell, G. T., Yamada, T. ve Duin, R. V. (2001). *City logistics network modelling and intelligeng transport systems*. Bradford: Emerald.
- Taniguchi, E., Thompson, R. G. ve Qureshi, A. G. (2018). Recent developments and prospects for modeling city logistics. *City logistics I new Opportunities and Challenges* içinde (1-27). Melbourne: Wiley.
- Taniguchi, E., Thompson, R. G. ve Yamada, T. (2014). Concepts and visions for urban transport and logistics relating to human security. *Urban transportation and logistics* içinde (14-43). New York: CRC Press.
- The Economist. (2018). *Autonomous vehicles special report*. London: The Economist.
- The European Automobile Manufacturers' Association . (2018). *Vehicles in use europe 2018*. Brüksel: ACEA.

- Thomas, S. C. (2015). Alternative vehicle and fuel options. *Sustainable transportation options for the 21st century and beyond* içinde (633-640). Alexandria: Springer.
- Villamizar, A. M., Torres, J. M. ve Faulin, J. (2017). Impact of the use of electric vehicles in collaborative urban transport networks: a case study. *Transportation Research Part D*, 50 (1), 40-54.
- Vleugel, J. M. ve Janic, M. (2004). *Logistics systems for sustainable cities*. Amsterdam: Elsevier.
- Watróbski, J., Małecki, K., Kijewska, K., Iwan, S., Karczmarczyk, A. ve Thompson, R. G. (2017). Multi-criteria analysis of electric vans for city logistics. *Sustainability*, 9 (8), 1453-1454.
- Wikipedia (2019). *Natural gas*. 30 Ocak 2019, https://en.wikipedia.org/wiki/Compressed_natural_gas
- Wikipedia (2019). *Truck classification*. 10 Mart 2019, https://en.wikipedia.org/wiki/Truck_classification#List_of_truck_types
- Wikipedia (2019). *EU classification*. 12 Mart 2019 https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle_category#EU_classification
- Wikipedia (2019). *Electric truck*. 6 Nisan 2019, https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Electric_truck&oldid=890998970
- World LPG association. (2019). *LPG*. 5 Şubat 2019, <https://www.wlpga.org/about-lpg/applications/on-the-move>

Wutthisirisart, P., Sir, M. Y. ve Noble, J. S. (2015). The two-warehouse material location selection problem. *International Journal of Production Economics*, 170, 780-789.

Yedla, S. (2004). *India development report*. New Delhi: Oxford University Press.

Yedla, S. (2015). *Urban transportation and the enviroment*. New Delhi: Springer.

Zeimpekis, V., Aktas, E., Bourlakis, M. ve Minis, I. (2018). *Sustainable freight transport: Theory, models, and case studies*. Cham: Springer.

