

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES (AIST)

Volume: 4, Issue: 1, p. 11-32, 2021

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE ŞARJ İSTASYONLARININ KONUMLANDIRILMASI

POSITIONING OF ELECTRIC VEHICLES AND CHARGING STATIONS

Merve DEMİRTAŞ¹

Emrah YILMAZ²

Ceren ÜNAL¹

Tuncay KÜÇÜKPEHLİVAN¹

Balca AĞAÇSAPAN¹

Talha AKSOY¹

(Received 03.12.2020 Published 01.03.2021) - Research Article

Özet

Günümüzde sürdürülebilir yaşamın kurulabilmesi için pek çok çalışma yapılmaktadır. İklim krizini arttıran sera gazları salınımının büyük oranda ulaşım sektöründen kaynaklandığı, dünya genelinde kabul görmüş bir gerçektir. "Bu sektörün tüketilen petrol enerjisindeki payının fazla oluşu, özel araç sahipliğinin ve kullanımının günden güne artması, hızla artan nüfus ve benzin pompa fiyatlarının yıllar itibariyle artan bir eğilim göstermesinin sorunlar doğurduğu açıktır" (Varol, Öztürk, ve Öztürk, 2018). İçten yanmalı motorların kullanmakta olduğu fosil yakıttan elde edilen enerjinin yenilenemez bir enerji olması, ekonomik olmaması sebepleri ile de elektrikli araçların gelişimi ivme kazanmıştır. Elektrikli araçların çevreye duyarlı oluşu göz önünde bulundurulduğunda sürdürülebilir yaşama katkı sağladığı görülmektedir. Elektrikli araç teknolojisinin geldiği son noktada araçların menzilleri ve mevcut şarj istasyonu konumları gibi parametreleri eklediğimizde şehirlerarası yolculuğu verimli hale getirecek şarj istasyonları yetersizdir. Bu çalışma şehirlerarası ulaşımında elektrikli araçların şarj kapasiteleri ve menzilleri göz önünde bulundurularak, şarj istasyonları için uygun konumların seçilmesi üzerine gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli araç, Elektrikli araç şarj istasyonu, Eş mesafe poligonları

¹Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, mdemirtas@eskisehir.edu.tr, cerenunal@eskisehir.edu.tr, tuncay@basarsoft.com.tr, bagacsapan@eskisehir.edu.tr, talhaaksoy@eskisehir.edu.tr

²Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş., Ankara, Türkiye, emrah@basarsoft.com.tr, tuncay@basarsoft.com.tr

*TUBİTAK 2244 programı kapsamında desteklenen Eskişehir Teknik Üniversitesi ve BAŞARSOFT tarafından yürütülen 119C200 numaralı proje dâhilinde yapılan işbirliğiyle yayına hazırlanmıştır.

Abstract

Currently, many studies are work in progress to establish a sustainable life. It is a worldwide accepted fact that the emission of greenhouse gases that increase the climate crisis is mostly caused by vehicles. "It is obvious that the enormous share of the sector in consumed petroleum energy, increasing private vehicle ownership and usage, rapidly growing population and the increasing gasoline pump prices have caused problems" (Varol, Öztürk ve Öztürk, 2018). The development of electric vehicles has gained momentum because the energy obtained from fossil fuels used by internal combustion engines is non-renewable and not economical. Considering the environmental awareness of electric vehicles, it is seen that they contribute to a sustainable life. When we add parameters such as the range of vehicles and current charging station locations at the latest point of electric vehicle technology, charging stations that will make intercity travel efficient which is insufficient currently. This study was carried out on the selection of suitable locations for charging stations, taking into account the charging capacities and car's range of electric vehicles in intercity transportation.

Keywords: Electric vehicle, Electric vehicle charging station, Isodistance polygon

1. GİRİŞ

Dünya genelinde gelişmekte olan elektrikli araç teknolojisi daha yüksek menzil değerine sahip araçların piyasada artmasına, araç sayısının artması ise şarj istasyonu geliştiren firmaları kullanıcının en büyük şikâyetlerinden biri olan şarj süresinin daha az olduğu yüksek hızlı şarj istasyonları geliştirmeye yöneltmiştir. “Halka açık şarj istasyonlarının artması araç sahiplerinin menzil kaygılarını azaltacak ve potansiyel kullanıcıların araç sahibi olmasında olumlu sonuçlar sağlayacaktır” (Chen, Kockelman ve Khan, 2013). Böylelikle elektrikli araç satın alımı ile şarj istasyonu üretimi arz talep doğrultusunda birbirlerini besleyecektir.

Bu çalışmada gelecekte elektrikli araçların Türkiye’de kullanımının yaygınlaşacağı öngörüsü ile şehirlerarası yolculukta kullanıcının yolda kalma endişesini ortadan kaldırarak, ulaşımını sağlamak amacıyla belirlenen noktalara şarj istasyonlarının yer seçimlerinin yapılması amaçlanmaktadır.

“Şarj istasyonlarının yerini seçerken, halka açık şarj noktasına kaç tane yavaş ve hızlı şarj cihazı takılması gerektiğini belirlemek gerekir. Bu sorunu yönetmek için, belirli bir şarj cihazı türü için ne kadar talebin birim alanında belirli bir zaman aralığında toplanacağını bilmek önemlidir” (Jung, Choi ve Lee).

Mevcut istasyonlara ait konumsal verilerin ve özniteliklerin işlenmesinde ve analizinde ArcGIS Pro yazılımı ve Başarsoft Rotoban uygulaması kullanılmıştır. Çalışmanın amacı coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile öncelikle en düşük araç menzili göz önünde bulundurularak çok değişkenli yer seçimi işlemlerinin hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmesidir. Çalışmada öncelikle Türkiye’nin merkezinde bulunan Kırşehir ili merkez alınarak, daha sonra en batı nokta olan Edirne’den başlanarak Türkiye’deki en kısa menzile sahip olan aracın menzili baz alınıp; karayolu ağı üzerinde alabileceği maksimum uzaklıktaki noktalar belirlenmiş ve eş mesafe poligonları oluşturulmuştur. Bu oluşan poligonlar ile mevcut ulaşım ağı karşılaştırılarak, şarj istasyonu kurulumu için uygun olan noktalar belirlenmiştir.

Çalışmanın başlangıç aşamasında elektrikli araçlar ve elektrikli şarj istasyonları hakkında geniş bir literatür araştırması yapılmış olup; bu araştırmanın akabinde elektrikli araçlar ve elektrikli araç şarj istasyonlarının güçlü ve zayıf yönleri ile dış unsurların sunduğu fırsatlar ve oluşturduğu tehditler SWOT Analizi kapsamında irdelenmiştir.

Coğrafi bilgi sistemleri aracılığıyla Türkiye’de mevcut olarak yer alan, farklı şirketlere ait şarj istasyonlarının konumları belirlenmiş ve tek bir harita üzerinde gösterilmiştir. Bu görselleştirme ile mevcut şarj istasyonlarının kent merkezlerinde yoğunlaştığı anlaşılmıştır. Yapılan literatür araştırmaları ve anket çalışmaları da dünya genelinde elektrikli araçlar ile şehirler arası seyahat edebilmenin pek çok güzergahta olanaksız olduğunu göstermektedir. Bu durum ileriki dönemlerde yapılacak olan şarj istasyonu yatırımlarının şehirlerarası yollar üzerinde konumsallaştırılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Aksi durumda elektrikli araçların yalnızca şehir içi ulaşım ihtiyacını

karşılammaktan öte gidemeyeceği, bu bağlamda da sürdürülebilir olamayacağı anlaşılmaktadır.

Tüm bu bilgiler ışığında, bu çalışma Türkiye’de elektrikli araçlarla şehirlerarası seyahatin kesintisiz sağlanabilmesi için, elektrikli şarj istasyonlarının şehirlerarası yollar üzerinde konumlanması gereken noktaların belirlenmesini amaçlamıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde Türkiye’de aktif olarak trafikte bulunan elektrikli araçların şarj kapasiteleri, şarj türleri, menzilleri kapsamında incelenen istasyon seçimi ve elektrikli araçlara ait konumlandırılacak istasyonların elektrik altyapısı üzerinde etkilerini barındıran; çalışmalarında CBS’nin de kullanıldığı örnek projeler, makaleler ve çeşitli yayınlar incelenmiş ve temel konu başlıkları üzerinden Tablo 1’de gruplandırılmıştır.

Güç kaynağı elektrik enerjisi olan elektrikli araçlar, yolculuğun hiçbir aşamasında farklı bir enerji kaynağından beslenmezler. Dolayısıyla menzillerinin sonuna geldiklerinde yeniden şarj edilmeleri gerekir. Günümüz teknolojisinde, en verimli koşullar göz önünde bulundurulduğunda, en yüksek menzile sahip araç 470 kilometreye, batarya kapasitesi ise 90 kWh’e çıkabilmektedir. “Batarya şarj zamanı elektrikli aracın batarya tipine, batarya kapasitesine ve şarj cihazının çıkış gücüne bağlı olarak değişir” (Polat vd. 2015). Ayrıca yolun fizibilitesi, trafik yoğunluğu, hava koşulları da batarya kapasitesini etkileyen faktörlerdir. Türkiye’de kullanılan elektrikli araçların özellikleri detaylı şekilde Tablo 2’de verilmiştir.

Araçların kullanım amaçları enerji ihtiyaçları ile doğrudan ilgilidir. Renault Twizy örneğinde (Renault, 2020) de görebileğimiz gibi düşük menzilli araçlar şehir içi ulaşım amacıyla tasarlanmıştır. Ayrıca trafiğin yoğun olduğu bölgelerde yapılan dur kalk eylemi enerji ihtiyacında değişiklik olmasına sebep olabilmektedir.

Tablo 1. Şarj İstasyonu Seçiminde Önceden Yapılan Çalışmalarda Dikkate Alınan Ölçütler.

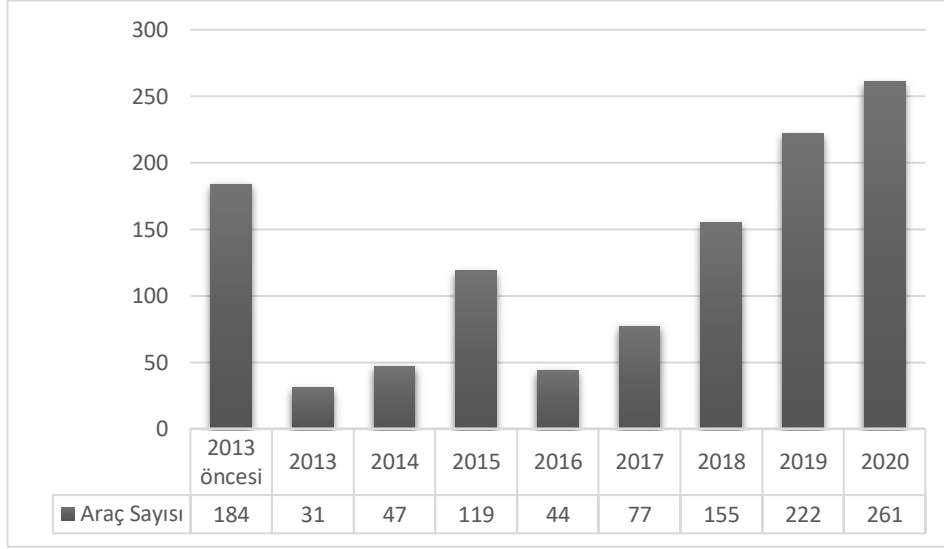
		(Varol, Öztürk, & Öztürk, 2018)	(Birleşirici, Şalçı, Dikkulak, Güler, & Yağcıtekin, Uzunoglu, & Karakaş, 2011)	(Frade, Ribeiro, Gonçaves, & Antunes, 2011)	(Chen, Kockelman, & Khan, 2013)	(Shahraki, Cai, Turkay, & Xu)	(He, Kockelman, & Perrine)	(Anwarzai & Nagasaka, 2017)	(Yomralıoğlu & Güler, 2017)	(Villacresce, Gaona, Martínez-Gómez, & Jijón)	(Polat, Yumak, Sezgin, Yumurtacı, & Gül,
	Ölçüt										
ELEKTRİKLİ OTOMOBİL TEKNOLOJİSİ	Türkiye’de Mevcut Otomobil Sayısı										✓
	Menzil										✓
	Batarya Ömrü										✓
	Batarya Kapasitesi										✓
	Ac/Dc Şarj Süresi			✓							✓
ŞARJ İSTASYONLARI	Mevcut İstasyon Konumları										
	Şartname Ve Mevzuat			✓							
	İstasyonların Teknik Detayları	✓	✓								
	Yeşil Şarj İstasyonları			✓							
	Değiştirilebilir Bataryalar			✓							
İstasyon Seçim Yöntemleri				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ÇEVRE	Kirlilik	✓									
	Enerji Tüketimi	✓									

Tablo 2: Türkiye’de Kullanılan Elektrikli Araçların Özellikleri.

Elektrikli Araçlar	Ortalama Menzil	Li-İyon Batarya Kapasitesi	Batarya Ömrü	Hızlı Şarj (Dc)	Normal Şarj (Ac)	Super-Charger
BMW i3	260 km	37.9 kWh	8 yıl/100 000 km	%80/42 dk	%80-3 sa 10 dk	
BMW i3s	260 km	37.9 kWh	8 yıl/100 000 km	%80/42 dk	%80-3 sa 10 dk	
Jaguar I-PACE	470 km	90 kWh	8 yıl/160 000 km	%80/40 dk	%80-11 sa (7 kW)	
Smart Fortwo	160 km	17.6 Kw		%80 /40 dk	%80- 6sa	
Renault Zoe	380 km	52 kWh		%80/70 dk	%80- 8 sa (7 kw)	
Tesla Model S	400 km	90 kWh	8 yıl/sınırsız km			%80/30 dk
Tesla Model X	435 km	90 kWh	8 yıl/sınırsız km			%80/30 dk
Tesla Model 3	346 km	90 kWh	8 yıl/sınırsız km			%80/30 dk
MINI COOPER SE	232 km	32.6 kWh	8 yıl/100 000 km	%80/35 dk (50 Kw)	%100-2.5 sa (11 Kw) %80- 4.5 sa (7.4 kw)	

Ulaşım sektörü, Türkiye’de içten yanmalı motorlu araçlar ile sağlandığından tüketilen enerjinin çok büyük bir bölümünü kapsamaktadır. İçten yanmalı motora sahip araçlar çevreye zarar verdiği için ve enerji kaynağı olan petrol sonlu bir kaynak olduğundan ilerleyen zamanlarda enerji krizlerine yol açacaktır. Bu duruma engel olmak için elektrikli araçların sayısı ve teknolojisi gün geçtikçe gelişmektedir. Varol vd. (2018) çalışmalarında motorlu araçların neden olduğu kirlenme, enerji tüketimi ile doğrudan ilgili parametreler, içten yanmalı motorların enerji kaynağı olan petrolün sebep olduğu CO² salınımının artmasına ve bu durumların tüm dünyayı etkileyecek çevresel sonuçlarına değinmiştir.

Yapılan uluslararası anlaşmalar ve yaşanan iklim krizi yatırımcıları ve devletleri çevresel sorunları indirgeyebilmek için elektrikli araç ve şarj istasyonu üretimine yönlendirmiştir. Türkiye’de elektrikli araç sayısı (Şekil 1) ise şu an için çok yüksek rakamlara ulaşamamış olsa da, bazı araştırmalar şarj problemi yaşanmasının ve şarj istasyonlarının yeterli aralıklarla olmamasının kullanıcının tereddütte kalmasına neden olduğu sonucunu göstermektedir (Şekil 2).



Şekil 1: Türkiye’de Elektrikli Otomobil Sayısı.

Kaynak: Grafik Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği’ne ait veriler ile haber sitelerinden elde edilen bilgiler derlenerek hazırlanmıştır.



Şekil 2: Kamuya Açık Şarj İstasyonları Yeterlilik Anketi.

Kaynak: (Çetelem Gözlemevi, 2019).

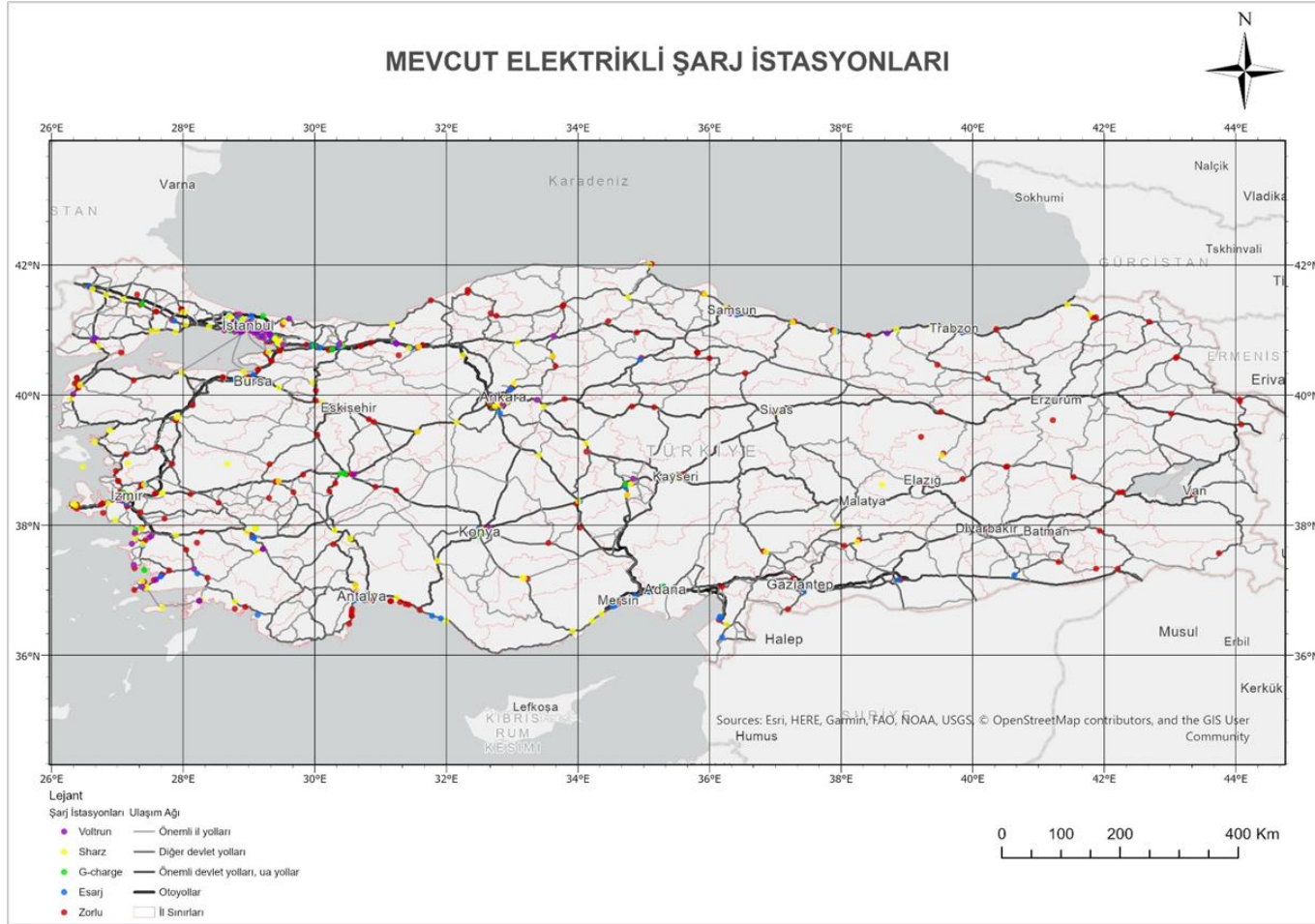
Günümüzde Türkiye’de pek çok şirketin şarj istasyonları yatırımlarına başladığı bilinmektedir. “Türkiye’de şarj altyapıları geliştiren ve sağlayan pek çok şirket bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak; Eşarj, G-Charge (Gersan), Voltrun, Yeşil Güç

(Greenway), Zorlu Energy Solutions (ZES) ve Sharz, istasyon modellerinden bir ya da daha fazlasını ülke genelinde uygulamaya koymuşlardır” (Shura Enerji Dönüşümü Merkezi, 2019).

Ülke geneli incelendiğinde yatırımların İstanbul, Ankara ve İzmir başta olmak üzere kent merkezlerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durumun şarj istasyonu kurulumu yapan şirketlerin politikalarından ya da yasal mevzuattan kaynaklı olduğunu söyleyebilmek mümkündür. Otopark yönetmeliğine göre belirlenen elektrikli şarj istasyonu zorunluluğu ya da kullanıcıların evlerinde ve iş yerlerinde yapılan şarj istasyonu kurulumları şehir içindeki istasyon sayısını arttırırken; şehirler arası yollar için herhangi bir düzenleme olmamasının şehir içi-şehirler arası yol ağları üzerindeki yoğunluk farkına sebep olduğu söylenebilmektedir.

Yukarıda açıklanan sebeplerin Türkiye karayolu ağındaki yansıması harita 1’de görülebilmektedir. Şarj istasyonu yatırımlarının kent merkezlerinde yoğunlaşması; araçların batarya kapasiteleri ve kat edebilecekleri maksimum mesafenin kısalığı gibi nedenlerle şehirler arası yolculuğa engel olmaktadır. Bu bağlamda incelendiğinde gelecekte yapılacak olan şarj istasyonu yatırımlarının, şehirler arası karayolu ağı üzerine konumlandırılması, hem elektrikli araca olan önyargının azalmasına hem de kullanıcının sorunsuz seyahatine olanak tanıyacağı bir kez daha anlaşılmaktadır.

Türkiye’de ve dünyada ulaşım yoğunluğu gün geçtikçe artmakta olup, oluşan emisyon miktarları da buna paralel yükselmektedir. Bu bağlamda içten yanmalı motor teknolojisinde iyileştirmeler yapılmakta, alternatif yakıtlar ve daha verimli alternatif araçlar geliştirilmektedir. Gün geçtikçe artan petrol türevi yakıtlarla sağlanan ulaşım yoğunluğu, emisyon yoğunluğunun artmasına ve tüm dünyayı etkileyecek ciddi sorunlara zemin hazırlamaktadır. Elektrikli araçlar; düşük seviyede emisyon salımı ve yakıt tasarrufu sağladığı için bu sorunlara çözüm getirecek avantajlar sunar. Ancak elektrikli araçlar içten yanmalı motorlara sahip araçlardan daha maliyetli olmasından dolayı yakıt tasarrufu sağlamasına rağmen kullanıcılar tarafından tercih edilmemektedir. Ayrıca uzun menzilli yolculuklar için yeterli şarj istasyonunun bulunmaması, şarj süresinin uzun oluşu gibi sebepler de elektrikli araçların tercih sebebi olmasına engel olmaktadır. Varol vd. (2018) çalışmalarında ayrıca elektrikli araçların avantajları ve dezavantajları üzerinde durmuştur.



Harita 1: Mevcut Şarj İstasyonları Haritası.

İçten yanmalı motorlu araçların yerini elektrikli araçların alması durumunda petrolden sağlanan enerji elektrik enerjisinden karşılanacak, araçların enerji ihtiyacını karşılamak için şarj istasyonlar sistemleri önemli bir ihtiyaç olacaktır. İçten yanmalı motorlu araçların yerini elektrikli araçlar alacak ve elektrikli araçların bataryaları için şarj istasyonları ihtiyacı doğacaktır. Şarj istasyonları uluslararası standartlarca desteklenen, firmalar bünyesinde değişiklik gösterebilen özelliklerde şarj ünitelerinden oluşmaktadır. Birleştirici, vd. (2015) ve Yağcıtekin vd. (2011) çalışmalarında şarj ünitelerinin teknik detaylarına yer vermişlerdir.

Günümüzde kullanılan fosil yakıtlı araçların yakıt dolum süresi yalnızca birkaç dakikada sürerken, elektrikli araçların şarj süresinin birkaç saate kadar uzaması ve ihtiyaç duyulan sıklıkta şarj istasyonu bulunmaması elektrikli araç kullanımının yaygınlaşmasının önünde engel oluşturmaktadır. Şarj süresinin uzunluğu hem aracın hem de şarj istasyonunun özneliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Sürüş konforunun ve elektrikli araç teknolojisinin çekim gücünü arttırabilmek için araçların batarya kapasiteleri ve hızlı şarj olabilme yeteneği geliştirilirken; diğer taraftan şarj istasyonlarının verebileceği hizmet ve elektrik altyapısı üzerinde şarj süresinin kısaltılması için çalışmalar yapılmaktadır.

Elektrikli araçların şarj süresinin uzunluğuna çözüm sağlamak amacıyla bazı firmalar batarya değişim uygulaması sağlayarak kullanıcılara zamandan tasarruf etme imkânı sağlamıştır. Yağcıtekin vd. (2011) çalışmalarında firmaların batarya değişimi konusundaki müşteri memnuniyetine yönelik farklı politikalarından bahsedilmektedir. Ayrıca aynı çalışmada elektrik enerjisi büyük oranda enerji santrallerinden üretilmeye devam ettiğinden 'yeşil şarj istasyonu' şeklinde tanımlanan rüzgâr, güneş, jeotermal enerji gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisinden faydalanan istasyonlarına değinilmektedir.

Elektrikli araçların, klasik araçların yerini alması ile trafikte tüketilen yakıt enerjisinin yerini de elektrik enerjisi alacaktır. Bu durum, enerji talebinde önemli bir artış anlamına gelmektedir. Bu talebin karşılanması, belli bir süreç ve basamakları içerecektir.

"Şarj istasyon sistemi, elektrik enerjisi alt yapısı ve tesisatı ile başlayan, araçlara enerji akışını ve kontrolünü gerçekleştiren üniteler ve bunların haberleşme alt yapış ile neticelenen bir yapıdır" (Birleştirici vd. 2015).

Araçların kullanım amaçlarında öncelik arz eden şehir içi ve şehirlerarası ulaşım türleri şarj istasyonlarının tiplerinin belirlenmesinde temel ölçütlerdir. Bu bağlamda kullanıcıların konutlarında bulunan ve konutlardaki elektrik şebekesini kullanan yavaş şarj istasyonları, şehir içi ulaşımında kullanabilecekleri şarj süresi ortalama 3-6 saat arasında değişkenlik gösteren işyeri otoparkı, avm, piknik yerleri gibi konumlarda bulunan normal şarj istasyonları ve şehirlerarası ulaşım ve trafik yoğunluğu sebepleriyle kullanıcının zaman kaybını minimuma indireyeen hızlı şarj istasyonları bulunmaktadır.

Araçların şarjı için kullanılan şarj ekipmanları ve bataryalar şarj istasyonlarının bağlı bulunduğu elektrik şebekelerinden beslenmektedir. Elektrik altyapısı şarj

istasyonlarını besleyecek elektriği karşılamakla birlikte şebekede bulunan diğer kaynaklar için sorun teşkil etmeyecek biçimde planlanmalıdır. Farklı araç modellerinin çeşitli şarj istasyonları kullanılarak şarj edilmesi sonucunda elektrik altyapısında oluşacak değişikliklere ve elektrik altyapısı entegrasyonu ile konulara Birleştirici vd. (2015) , Yağcıtekin vd. (2011) ve Cuma vd. (2016) çalışmalarında değinmişlerdir. Özcan (2019) çalışmasında elektrikli araçlara (batarya kapasitesi, şarj süresi, menzil) ve şarj istasyonlarına ait teknik detaylara değinmiş, araçların şebekeye olan etkilerini de göz önünde bulundurarak şarj istasyonları için elektrik şebekesi model örneği sunmuştur.

Şarj istasyonlarının konumlarının belirlenmesine yönelik farklı yöntemler içeren çalışmalar incelenmiştir. Chen vd. (2013) kullanıcının park yerleri konusunda taleplerini inceleyerek ve mesafeleri, ulaşım masraflarını göz ardı ederek şarj istasyonlarının konumlarını belirlemişlerdir. Shahraki vd. büyük ölçekli araç güzergâh verilerini kullanarak istasyona ait konumları ulaşmak istenen konumlarla ilişkilendirerek minimize etmişlerdir. Frade (2011) çalışmalarında mahalle bazlı olarak gece ve gündüz elektrikli araç şarj taleplerine dair tahminde bulunarak beklenen taleple bağlantılı olarak şarj istasyonları için uygun konumları tespit etmişlerdir.

He, Kockelman, ve Perrine şehirler arası ulaşımında istasyonların konumlarını modellemek için bir çalışma yapmışlardır. Daha önce yapılan tüm çalışmaları kapsayan ülke genelinin dahil olduğu bu çalışmada önerilen konumlar belirlenmiştir. Arayıcı, K.C., Poyrazoğlu, G. ,2018 Çalışmalarında Andrews tarafından önerilen metodu kullanmış ve geliştirmişlerdir. Bu metodda sabah, öğle ve akşam vakitlerinde belirledikleri bir lokasyonda araç yoğunluğunu gözlemleyerek en doğru noktalarda şarj istasyonlarını konumlandırmayı hedeflemişlerdir. Kaya, (2019) Elektrikli Araç Şarj İstasyon Konumlarının Karar Verme Teknikleri İle Değerlendirilmesi çalışmasında ÇKKV yöntemi olan AHP'den faydalanmıştır. Şarj istasyonlarının konumlarını etkileyen kriterleri önem derecelerine göre sınıflandırarak CBS uygulamaları ile analiz etmiştir.

“Kompleks problemlerin çözümünde kriter ağırlıklarının belirlenmesi için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bunun yanı sıra birçok yer seçimi araştırmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı ÇKKV metodolojisi kullanıldığı görülmektedir” (Yomralıoğlu & Güler, 2017).

3. YASAL ÇERÇEVE

Dünya'nın içerisinde bulunduğu küresel iklim krizi gerek Birleşmiş Milletleri gerekse pek çok ülkeyi geleceğe yönelik önlemler almaya mecbur kılmıştır. İklim krizine yol açan sera etkisinin oluşmasına neden olan en büyük etmenin CO₂ salınımı olduğu ve salınımı arttırmakta da karayolu taşımacılığının önemli etkisi olduğu bilinmektedir. 1987'de yayınlanan Brundtland Raporu'ndan bu yana, iklim değişikliği konusunda uluslararası çalışmalar yapılmaya başlanmıştır; daha sonraki yıllarda pek çok ülkeyle birlikte Türkiye'nin de imzaladığı Paris İklim Antlaşması ve Kyoto Protokolü kapsamında enerji kaynaklarının kullanımı ve karbon salınımını azaltma üzerine çalışmalara ağırlık verilmeye başlanmıştır.

2016 yılında AB-28'deki toplam sera gazı emisyonlarının %20'si ulaşımdan kaynaklanırken; Türkiye'de aynı yıl içinde ulaşımdan kaynaklanan CO₂ emisyonunun %92,4'ünün karayolu ulaşımından kaynaklandığı tespit edilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, t.y). Aynı zamanda Türkiye'de yurt içi yolcu ve yük taşımacılığının %88-89 oranındaki kısmının karayolu ulaşımı ile sağlandığı bilinmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, t.y). Bu bağlamda karbon salınımını en aza indirmek için yapılacak çalışmaların hem dünya genelinde hem de Türkiye'de kara taşıtları üzerinde önceliklendirilmesi gerekliliği anlaşılmıştır.

Karayolu ulaşımında fosil yakıt kullanan araçların yerine hibrit ve elektrikli araç kullanımının yaygınlaştırılması için Türkiye'de mevzuat düzenlemeleri yapılmakta olup ve her geçen gün geliştirilmeye devam etmektedir. Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul Ve Esaslar Hakkında Yönetmelik ile belediyelere alternatif enerji sistemlerinin teşvik edilmesi için gerekli altyapıların oluşturulması görevi verilmekte olup, otoparklarda elektrikli araç şarj istasyonu kurulmasının gerekliliği belirtilmektedir.

Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nde otoparklar, akaryakıt istasyonları veya diğer uygun yerlerde elektrikli araç şarj yeri yapılabileceği, Otopark Yönetmeliği'nde ise bölge ve genel otoparklar ile AVM'lere ait otoparklarda, her 50 park yerinden en az birinin elektrikli araçlara uygun olarak (şarj ünitesi dâhil) düzenlenmesi gerektiği belirtilmektedir.

2013 yılında T.C. Kalkınma Bakanlığı tarafından hazırlanan 10. Kalkınma Planı'nda "Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı" kapsamında Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılması hedeflenmiş ve bu hedefi gerçekleştirebilmek için elektrikli ve hibrit araç kullanımının yaygınlaştırılması eylemi belirlenmiştir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2013). 2019 yılında T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından hazırlanan 11. Kalkınma Planında ise otomotiv sektöründe belirlenen politikalar içerisinde "Yeni nesil araçlar için uygun altyapı oluşturulacaktır." (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019) İbaresini bulunmaktadır.

Gerek yönetmeliklerde gerekse kalkınma planlarında elektrikli araçlara yönelik kararların alınması, devletin elektrikli araçlara ve altyapısına yatırım ve teşvik uygulamaları geliştireceğini/geliştirdiğini göstermektedir.

4. YÖNTEM

Çalışmaya başlarken öncelikle elektrikli araçların ve şarj istasyonlarının öznitelikleri üzerinden literatür araştırması yapılmış; mevcut şarj istasyonu yatırımı yapan şirketlerin vizyon ve misyonları irdelenmiştir. Türkiye kullanılan elektrikli araç yoğunluğunun anlaşılabilmesi için trafikte aktif olan elektrikli araç sayısına erişilmeye çalışılmış; ancak net bir bilgiye erişilememiştir.

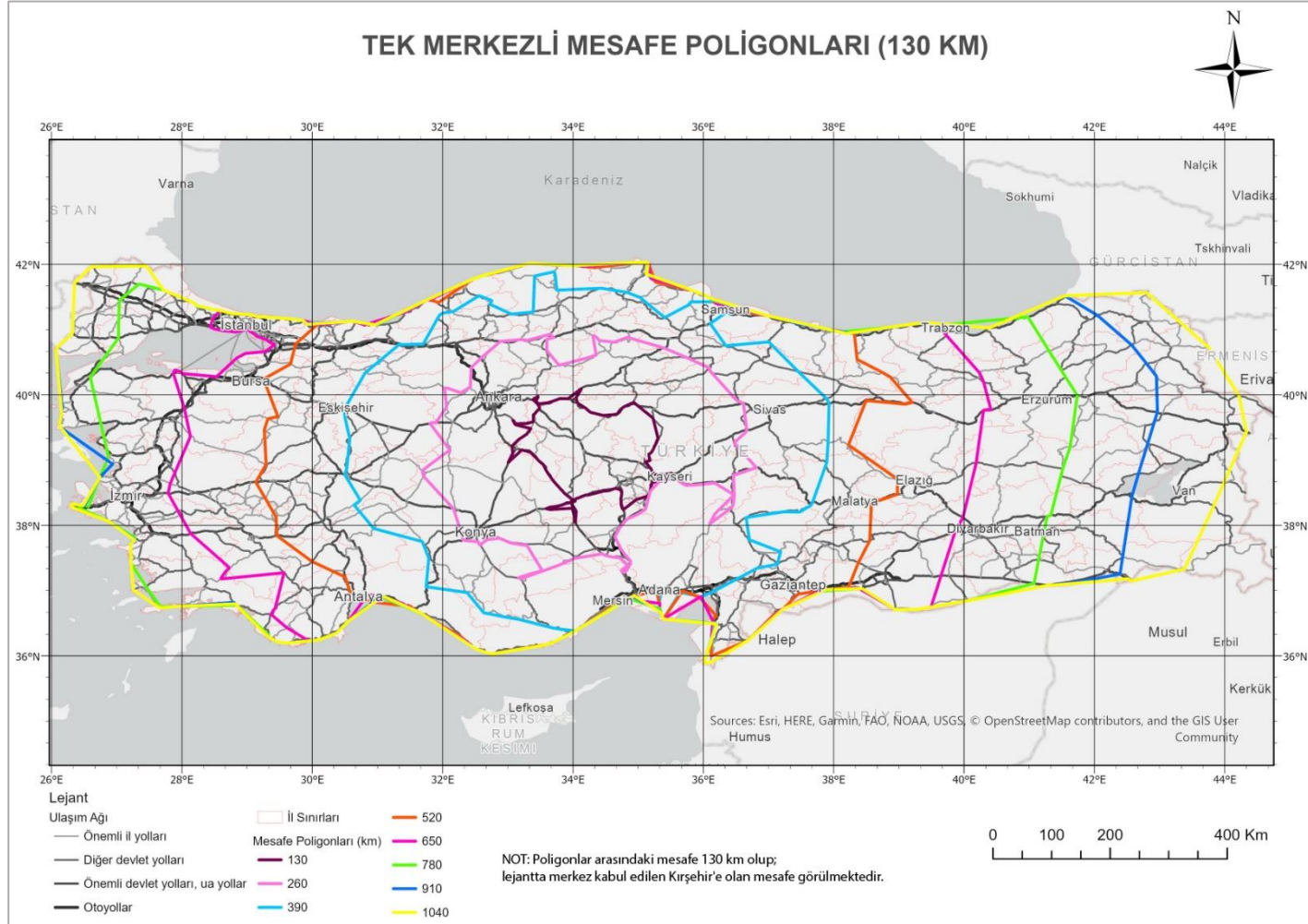
Yatırımcı şirketlerin verileri göz önünde bulundurularak, Türkiye’de mevcut olarak kullanılan şarj istasyonlarının konumları ArcGIS Pro yazılımı kullanılarak; Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.’den elde edilen Türkiye Karayolu Ağı verisinin üzerine işlenmiştir.

Karayolu ağında yer alan şehirlerarası yollar üzerinde kesintisiz ulaşımı sağlayabilmek için, Başarsoft Rotoban uygulamasının isodistance fonksiyonu kullanılarak iki farklı yaklaşımla eş mesafe poligonları oluşturulmuştur. Bu çalışma sonunda elde edilen veriler ArcGIS Pro yazılımında işlenerek yorumlanmıştır.

İlk olarak Türkiye’nin merkezi konumunda bulunan Kırşehir ili çalışmanın merkezi olarak belirlenmiş; bu noktadan itibaren karayolu ağı üzerinde gidilebilecek 130 km’lik¹ en uç noktalar belirlenerek haritanın en iç kısmındaki poligon oluşturulmuştur. Her poligon arasındaki gidilebilecek mesafenin 130 km olması gerekliliğinden dolayı, mesafe her seferinde bir kat artırılarak aynı merkez referans alınmış, bu çözüm yaklaşımı ile 8 adet poligon oluşturulmuştur (Harita 2).

Ancak bu çalışma metodunda, poligonlar arasında kalan boşluklarda kuzey-güney yönünde uzanan yolların çizilen poligonlar ile kesiştiği yerler dışında 130 km’den daha uzun yollar kaldığı görülmüştür. Bu durumda araçların bazı yollarda kuzey-güney, güney-kuzey yönlerinde seyahat etmeleri halinde herhangi bir şarj istasyonuna denk gelmeden bataryalarının tükeneyeceği öngörülmüştür. Bu nedenle, bu yaklaşımın doğru sonuç vermeyeceği anlaşılacak yöntemde değişikliğe gidilmiştir.

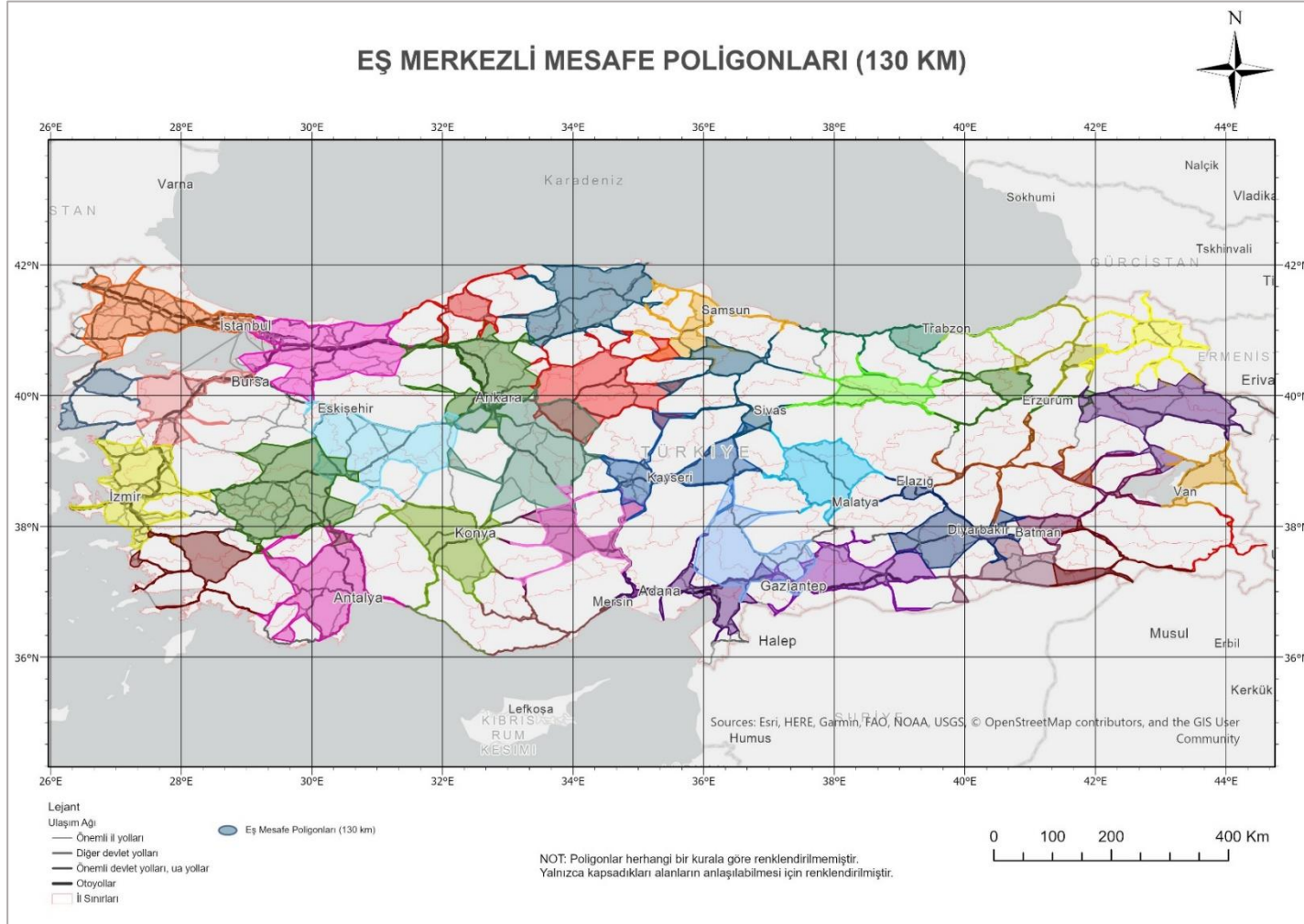
¹ Türkiye trafiğinde aktif olarak kullanılan, 160 km ile en kısa menzile sahip aracın bataryasının olumsuz koşullardan etkilendiği durumlar varsayılarak en kısa menzile olarak 130 km belirlenmiştir.



Harita 2: Tek Merkezli Mesafe Poliğonları (130 km).

Çalışmayı gerçekleştirebilmek için birbirine dokunan ya da birbiriyle kesişen poligonların olması gerektiği düşünülmüş; Türkiye'nin en batısı olan Edirne ili Bulgaristan sınırından başlanarak yine karayolu ağı üzerinde gidilebilecek, 260 km'lik en uç noktalar belirlenmiş ve birleştirilerek poligonlar oluşturulmuştur (Harita 3). Bu poligonların merkezi olan; ana yollar ile poligonların kesiştiği giriş ve çıkış noktalarından 130 km mesafe bulunacak alanlara, yolların doğrultusu göz önünde bulundurularak istasyonlar konumlandırılmıştır. Karayolu ağının tamamı referans alınarak; Türkiye'de bulunan şehirlerarası yolların tamamında kesintisiz ulaşımı sağlayabilecek şekilde diğer şarj istasyonu konumlandırmaları yapılmış ve yapılan kontroller ile gereği bulunmayan şarj istasyonları haritadan çıkarılmıştır. Sonuç olarak Önerilen Şarj İstasyonları Haritası (Harita 4) oluşturulmuştur.

Önerilen şarj istasyonlarının konumları belirlenirken kent merkezlerinde şarjlanma probleminin olmadığı göz önünde bulundurulmuş; ancak bazı şehir merkezlerinden yapılacak transit geçişlerde üst kademe yollardan sürücüyü çıkarmamak adına; bu yollar üzerinde de şarj istasyonu bulunması gereken noktalar belirlenmiştir.



Harita 3: Es Merkezli Mesafe Poliğonları (130 km).

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Türkiye’de kullanılan en kısa menzile sahip araç olarak Renault Twizy görülse de hem üretici firma hem de kullanıcı yorumları bu araçların şehir içi kullanım için tasarlandığını belirtmektedir. Bu nedenle şehirlerarası seyahat için uygun olduğu belirtilen araçlar arasında en kısa menzile sahip olan aracın Smart marka Fourtwo olduğu bilinmektedir. Bu araç 160 km menzile sahiptir. Ancak bazı durumlarda hava koşulları, bataryanın sağlığı gibi faktörler nedeniyle bataryalar tam kapasite çalışmamaktadır. Firmalar tarafından belirtilen bu menziller (Tablo 2) uygun koşullar sağlandığında geçerlidir. Olumsuz şartlar ve kullanıcı yorumları göz önünde bulundurulduğunda oluşturulan en kötü senaryo ile trafikte mevcut en düşük menzile sahip araç için 130 km menzil belirtilmiştir. Bu nedenle, bu çalışma gerçekleştirilirken en kısa menzil olarak 130 km limiti esas alınmıştır.

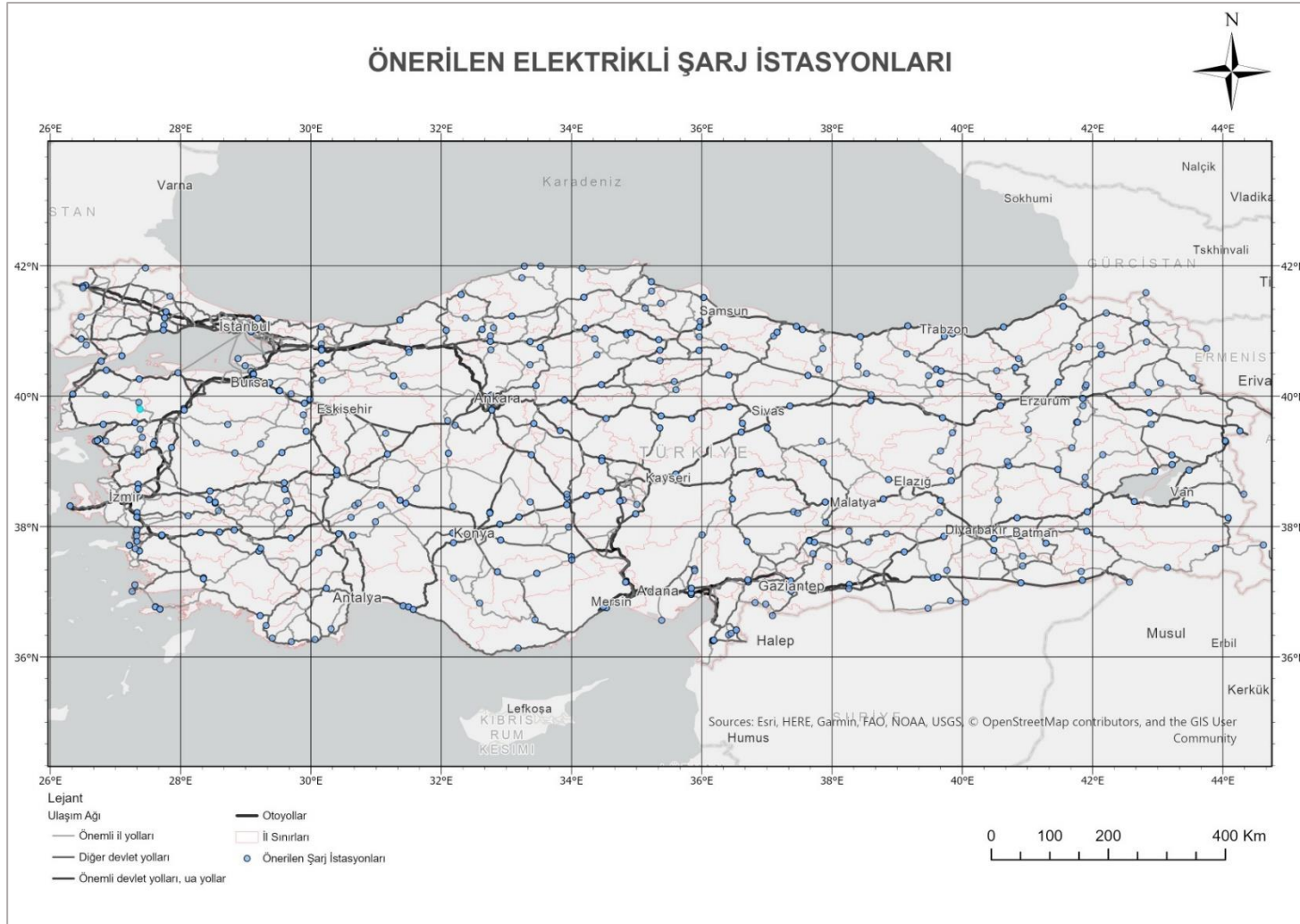
Belirlenen menzil üzerinden oluşturulan Eş Mesafe Poligonları ile Türkiye karayolu ağı ile karşılaştırılarak, her poligonun giriş çıkış yolları ve merkezleri üzerinde, hiçbir yolda ulaşılabilirlik problemi yaratmayacak şekilde çalışılarak önerilen istasyonların konumları belirlenmiştir (Harita 4).

6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Çalışmaya başlarken öncelikli olarak Türkiye’de trafikte aktif olarak kullanılan %100 elektrikli araçların sayısı araştırılmıştır. TÜİK, TEHAD, trafik şube, Türkiye Sigortalar Birliği, Şoförler Federasyonu, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü ve elektrikli şarj istasyonu yapan firmalar ile görüşülmüş; net bir veriye ulaşılamamıştır.

Çalışmanın sonucunda, Türkiye ve Avrupa’da elektrikli araç kullanımının önündeki engellerden biri olarak görülmekte olan şehirlerarası yollardaki şarj istasyonu probleminin çözülebilmesinde bir basamak oluşturulmuştur.

Kullanılan yöntemin haricinde, mevcut şarj istasyonlarının bulunduğu konumlar üzerinden bu istasyonların servis alanları hesaplanarak, açıkta kalan alanlar üzerinden önerilen istasyonların konumlarının tespit edildiği bir yöntemin de izlenebileceği bilinmektedir.

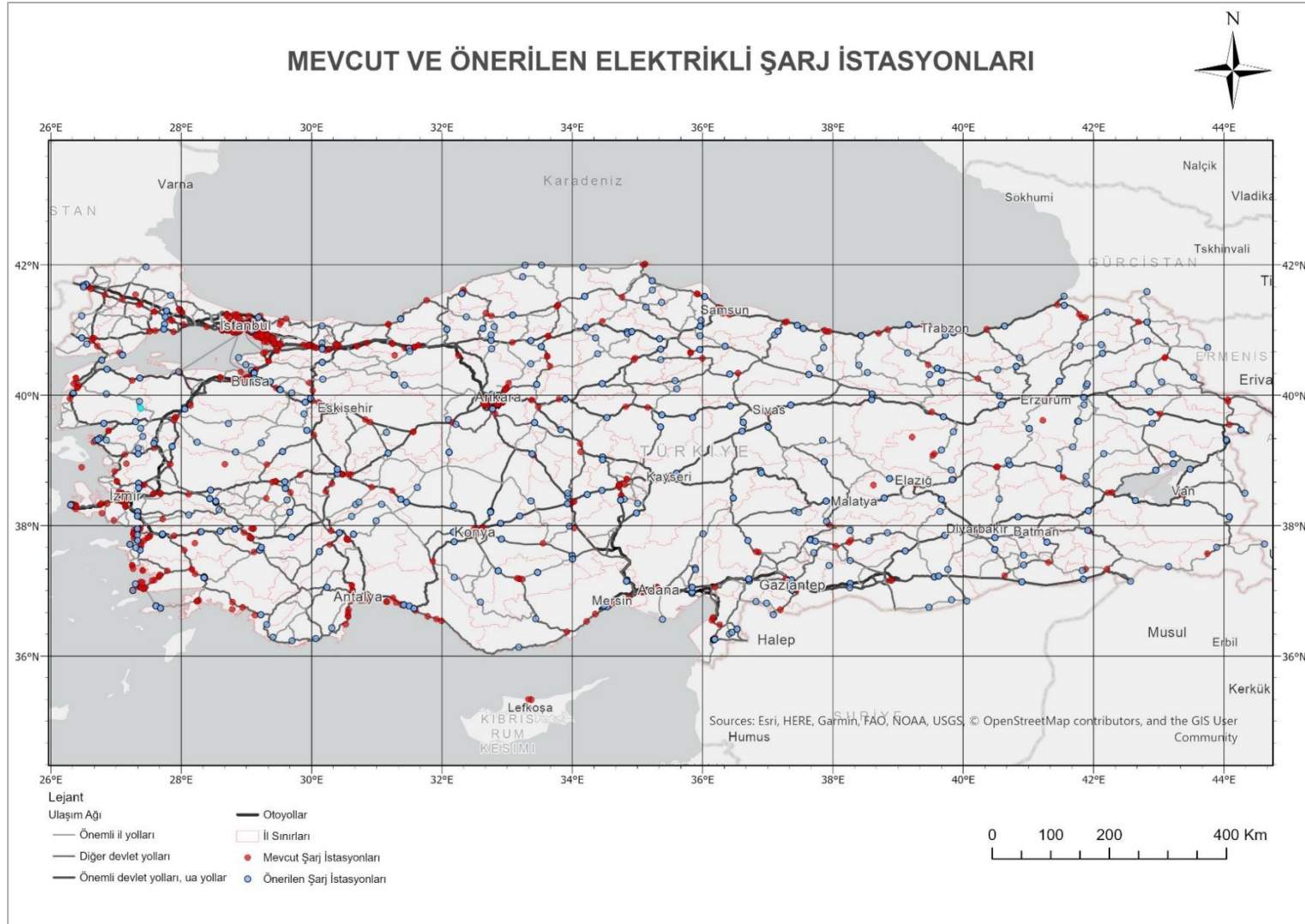


Harita 4: Önerilen Elektrikli Şarj İstasyonları

Bu çalışma ileriki aşamalarda topoğrafya, trafik analizleri gibi katmanlarla karşılaştırılarak projenin öncelik fazlarına ayrılması sağlanabilecektir. Ayrıca belirlenecek olan şarj istasyonu konumlarının mevcut elektrik altyapısı ile örtüştürülmesi ile şarj istasyonlarının güç, soket sayısı vs. gibi özniteliklerinin belirlenmesi üzerine de bir çalışma yapılabilecektir.

Elektrikli araçlara gereksinim duyulmasının temel sebebi, içten yanmalı araçların sebep olduğu fosil yakıt tüketimine bağlı olan sera gazı salınımını en aza indirmeye gereksinim duyulmasıdır. Elektrik enerjisi de sonlu bir kaynak olduğu için uygun olan şarj istasyonlarında, yenilenebilir enerji kaynakları olan jeotermal, güneş ya da rüzgâr enerjilerinden elde edilen elektriğin kullanılacağı çalışmaların yapılabilmesi de mümkündür.

Ayrıca trafikteki elektrikli araçlardan elde edilebilecek veriler toplanarak farklı eğim, yol tipi, hava koşulları ve bunların farklı kombinasyonlarında bu araçların tüketim miktarı ölçülerek; elde edilen verilerden yapılacak analizler sayesinde anlık hava durumu ve gelecek hava tahminleri, eğim ve yol tipine göre araçların tükettiği elektrik miktarının tahmin edileceği bir yazılımın geliştirilebileceği düşünülmektedir. Bu tahminlemeye göre elektrikli araçlar için yakıt verimli rota çıkarımı yapılabilecek, tüketim miktarı öngörüsü ve rotadaki benzin istasyonlarının konumları göz önünde bulundurularak seyir esnasında yolda kalmayı engellemek amacıyla en uygun şarj istasyonu secimi sağlanabilecektir.



Harita 5: Mevcut ve Önerilen Elektrikli Şarj İstasyonları.

KAYNAKÇA

- Birleştirici, A., Şalçı, M., Dikkulak, A., Güler, F., & Turhan, E. (2015). Elektrikli Araç Şarj İstasyonları.
- Cetelem Gözlemevi. (2019). *Elektrikli Taşıtların Gizemi*. Cetelem, 2. TEB Cetelem Tüketici Finansmanı. Erişim Adresi: http://data.axmag.com/data/201905/20190510/U170332_F532403/HTML5/index.html
- Chen, T., Kockelman, K., & Khan, M. (2013). The Electric Vehicle Charging Station Location Problem: A parking-Based Assignment Method For Seattle. *Ulaşım Araştırma Kurulu 92. Toplantı Bildirileri*. Washington DC.
- Gore, A. (2010). *Tercih Sizin*. (F. Göloğlu, Çev.) İstanbul, Şişli: Optimist Yayınları.
- Jung, J., Choi, M., & Lee, D.-J. (tarih yok). Selecting Optimal Locations of Public Charging Stations for Electric Vehicles Using The Big Data of Driving Behaviors: A Case Study of Seoul, Korea.
- Kaya, Ö. (2019). Elektrikli Araç Şarj İstasyon Konumlarının Karar Verme Teknikleri İle Değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Polat, Ö., Yumak, K., Sezgin, M., Yumurtacı, G., & Gül, Ö. (2015). Elektrikli Araç ve Şarj İstasyonlarının Türkiye'deki Güncel Durumu.
- Renault. (2020, Temmuz). *Renault Twizy İncelemesi*. Yolcu 360. Erişim Adresi: <https://yolcu360.com/blog/renault-twizy-fiyati-renault-twizy-incelemesi/>
- Shura Enerji Dönüşümü Merkezi. (2019). *Türkiye Ulaştırma Sektörünün Dönüşümü: Elektrikli Araçların Türkiye Dağıtım Şebekesine Etkileri*. Fabrika Basım ve Tic. Ltd. Şti.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). *11. Kalkınma Planı (2019-2023)*. Ankara. Kasım 2020 tarihinde alındı
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (t.y). *Çevresel Göstergeler, Ulaştırma Türlerine Göre Taşınan Yolcu ve Yük Miktarı*. Kasım 2020 tarihinde T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Erişim Adresi: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ulastirma-turlerine-gore-tasinan-yolcu-ve-yuk-miktari-i-85789>
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (t.y). *Çevresel Göstergeler, Ulaştırma Türüne Göre Seragazi Emisyonu*. Kasım 2020 tarihinde T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Erişim Adresi: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ulastirma-turune-gore-seragazi-emisyonu-i-85790>
- T.C. Kalkınma Bakanlığı. (2013). *10. Kalkınma Planı (2014-2018)*. Ankara: T.C. Kalkınma Bakanlığı. Kasım 2020 tarihinde alındı
- TEHAD, EY. (2020). *Türkiye 2030 Elektrikli Ulaşım Yol Haritası Çalıştayı*. Ekim 2020 tarihinde alındı

Demirtaş, M. & Yılmaz, E. & Ünal, C. & Küçükpehlivan, T. & Ağaçasapan, B. & Aksoy, T. (2021). Elektrikli Araçlar ve Şarj İstasyonlarının Konumlandırılması. GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST), 4 (1): 11-32.

Varol, S., Öztürk, Z., & Öztürk, O. (2018). İstanbul'da Karayolu Yolcu Taşımacılığında Elektrikli Araç Kullanımının İncelenmesi.

Yağcıtekin, B., Uzunoglu, M., & Karakaş, A. (2011). Elektrikli Araçların Şarjı ve Dağıtım Sistemi Üzerine Etkileri.

Yomralıoğlu, T., & Güler, D. (2017, Temmuz 28). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Düzenli Deponi Yer Seçimi: İstanbul İli Örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*(Özel Sayı), 261-269. Erişim Adresi: https://fenbildergi.aku.edu.tr/wp-content/uploads/2017/11/2784_Dogusguler-261-269-dogru.pdf