

PAPER DETAILS

TITLE: Genel Kullanım Profiline Uygun Şehir İçi Bir Tasitin Günlük Yakıt Sarfiyatının Belirlenerek Elektrikli Tasita Dönüştürülmesi Durumunda Enerji Kullanımının Karşılaştırılması

AUTHORS: Emre AKBIYIK,Aytaç GÖREN

PAGES: 1-11

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/552931>

Genel Kullanım Profiline Uygun Şehir İçi Bir Taşıtın Günlük Yakıt Sarfıyatının Belirlenerek Elektrikli Taşıta Dönüştürülmesi Durumunda Enerji Kullanımının Karşılaştırılması

Emre AKBIYIK^{*1}, Aytaç GÖREN¹

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, 35390, İzmir

(Alınış / Received: 12.10.2017, Kabul / Accepted: 28.12.2017, Online Yayınlanma / Published Online: 03.09.2018)

Anahtar Kelimeler

Enerji ihtiyaç analizi,
Elektrik motoru,
Elektrikli araç dönüşüm

Özet: Petrol kaynaklarının azalması ile birlikte alternatif enerjilere verilen önem artmaktadır. Özellikle, günlük hayatta kullanılan araçlar fosil kaynaklarının tüketimini büyük oranda arttırmaktadır. Oranların düşürülmesi için en etkili yol araçların elektrik motoru tahrikli hale dönüştürülmesidir. Bu çalışmada, günlük hayatta aktif olarak kullanılan kişisel bir aracın genel kullanım profili saptanarak, bu profile uygun halde aracın elektrik tahrikli hale dönüştürülebilmesi için gerekli olan teorik hesaplamalar yapılmış ve enerji ihtiyacı hesaplanmıştır. Hesaplamalar ışığında uygun bir elektrik motoru, batarya paketi ve yan ekipmanları seçilmiş, içten yanmalı motorlu hali ile günlük kullanım ve yakıt sarfıyatı göz önüne alınarak bir kıyaslama yapılmıştır.

Conversion of a General Purpose Urban Vehicle to an Electric Vehicle Using Daily Fuel Consumption Data and Comparing Energy Consumptions

Keywords

Energy requirement analysis,
BLDC hub motor,
Conversion to an electric vehicle

Abstract: Depending on decrease of oil resources, importance of alternative energy resources is increasing. Particularly, vehicles used in daily life increase fossil fuel consumption dramatically. Converting internal combustion engine vehicles to electric ones can be an effective solution. In this research, daily use characteristics of a common personal vehicle is determined and energy need is calculated to convert the vehicle into an electric vehicle. An appropriate electric motor, motor driver, battery pack and equipments are selected. Considering the calculations and the test results, two cases are evaluated.

1. Giriş

Enerji; bir ülkenin devamlılığını ve gelişimini sağlayan en temel olgulardan biridir. Enerji kaynaklarını en verimli şekilde değerlendirmek ve geliştirmek bir ülkenin gelişmişliğini ve dünya ekonomisindeki konumunu etkilemektedir. 2015 yılında, dünya enerji tüketiminin %87'si fosil kaynaklıdır ve fosil tabanlı kaynaklardan olan petrol bu tüketimin %32,8'ini oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise Dünya enerji tüketiminin yalnızca %3,2'sini oluşturmaktadır [1]. Azalan bir enerji kaynağına bağımlı olmak yerine, sürdürülebilir bir enerji kaynağı ile ülke ekonomisinin gelişimini arttırmak için yapılan teorik çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmaların daha etkili olabilmesi için günlük hayatta uygulamaya geçirmek gerekmektedir. Ulaştırma sektörünün temel enerji kaynağı olan petrolün yerini, elektrik motoru tahrikli araçların alması ile birlikte

tüklenen enerji kaynaklarına olan bağımlılığı ortadan kaldırmak amaçlanmaktadır.

19. yy sonlarında aktif olarak kullanılan elektrikli araçlar, menzil ve şarj sorunu gibi problemler yaşamaktaydı. Yaşanan gelişmeler ile birlikte içten yanmalı motorların seri üretim ile standartlaşması ve maliyetinin düşmesi, petrol fiyatlarının daha ekonomik olması gibi sebepler; elektrikli arabalara olan taleplerin sıfıra inmesine sebep oldu. Ancak günümüzde oluşan alternatif enerji ihtiyacı, çevre kirliliğinin artması ve azalan petrol kaynakları ile birlikte alım gücünün düşmesi gibi sebepler ile elektrik motoru tahrikli araçlara olan ilgiyi yeniden arttırmaktadır. Özellikle son 10 yılda artan ilgi ile birlikte pek çok araştırma literatüre kazandırılmaktadır. Ayrıca araç firmaları tarafından elektrik motoru tahrikli araçların üretilmeye başlanması ile birlikte toplumda bir farkındalık ve ilgi artışı sağlanmaktadır. Elektrik bataryalı araçların

*İlgili yazar: emre.akbiyik@hotmail.com

gelecekte daha çok örneklerine rastlanacağı aşikardır [2].

Enerji kaynakları ve kullanım alanlarına göre toplam enerji tüketimine bakıldığında Türkiye İstatistik Kurumu 2005 yılı verilerine göre ulaştırma sektörü toplam enerji tüketiminin 3.534.017 [TPE] (Ton Petrol Eşdeğeri) ulaştığı görülmektedir [3]. 2005 yılı Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre özel kullanım otomobil sayısı 5.564.780 iken 2016 yılında bu sayı 11.156.420'e ulaşmıştır [4]. Her geçen gün trafiğe kayıtlı araç sayısındaki artış göz önüne alındığında 2017 yılı ulaştırma sektörü enerji tüketiminin iki katına kadar çıktığı tahmin edilmektedir. Trafiğe kayıtlı motorlu taşıtların oldukça büyük bir kısmını otomobiller oluşturmaktadır. Bu sebeple çalışmada günlük hayatta yaygın kullanıma sahip ve markalara göre trafiğe kaydı yapılan araçlar arasında sayı olarak 2015 yılında 1. sırada 2016 yılında ise 2. sırada yer alan [5] Volkswagen Polo marka aracın elektrik motoru tahrikli hale dönüştürülmesi için gerekli olan teorik sürecin sunulması amaçlanmaktadır. Bu teorik bilginin ardından, günlük trafikte alınan veriler sayesinde kullanım profili belirlenecektir. Deneysel olarak oluşturulan bu profilin somutlaştırılmasını sağlayan kıyaslamalar çalışmanın içerisinde sunulmaktadır. Bu sayede günlük hayatta kişilerin uzun vadede elde ettiği kazanç konusunda kıyaslama yapmalarına olanak tanıyarak farkındalıklarını arttırmak hedeflenmektedir.

2. Enerji Sarfıyatının Bulunması

2.1. Teorik hesaplamalar

Bir aracın hareket sınırlarını aracın sahip olduğu motorun gücü ve araca etki eden direnç kuvvetleri belirlemektedir. Çalışmada ele alınan 2012 Model 55 [kW] (75 [Hp]) ve maksimum 180 [Nm] torklu "dizel" bir motora sahip Volkswagen marka Polo'yu etkileyen direnç kuvvetleri Şekil 1'de resmedilmiştir. Bu direnç kuvvetleri; Yuvarlanma direnci (F_R), Hava direnci (F_L), Yokuş Direnci (F_{ST}) ve İvmelenme direnci

(F_B)'dir. İvmelenme direnci enerji kullanımına odaklanılmasından dolayı bu çalışma kapsamında incelenmeyecektir [6,7].

Araca etki eden her bir direnç kuvvetinin ayrı ayrı hesaplanması sonucunda genel hareket denklemi çıkarılır. Bu denkleme göre aracın istenilen hızda ve şartlarda gidebilmesi için gerekli olan güç ihtiyacı ve motor torku hesaplanır.

Semboller

V : Araç hızı [km/h] (hesaplamalarda [m/s] olarak kullanılmaktadır)

V_w : Rüzgar hızı [km/h] (hesaplamalarda [m/s] olarak kullanılmaktadır)

r_{dyn} : Tekerleğin dinamik yarıçapı [m]

i_v : İlgili vitese ait çevrim oranı []

i_D : Diferansiyel çevrim oranı []

f_r : Yuvarlanma direnç kat sayısı []

C_w : Hava direnci kat sayısı []

ρ_L : Hava yoğunluğu [kg / m³]

n_m : Motor devri [dev/dk]

T : Motor torku [Nm]

A : Aracın kesit alanı [m²]

P : Güç ihtiyacı [kW]

F_T : Toplam direnç kuvvetleri [N]

α : Eğim açısı [°]

p : Hava basıncı [bar]

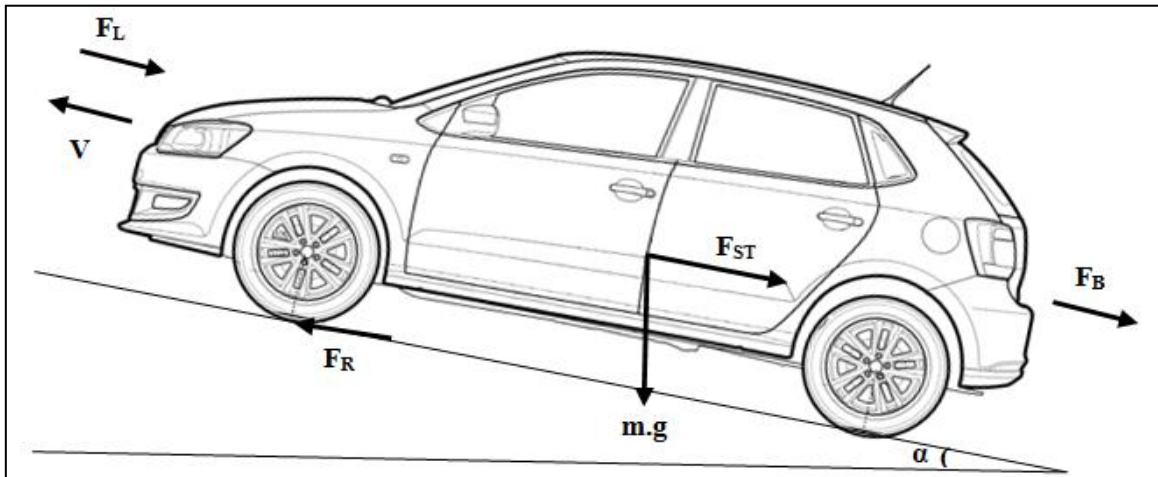
t : Hava sıcaklığı [C°]

m : Araç ağırlığı [kg]

e : Basınç merkezinin lastik ekseninden kayma mesafesi [m]

Güç ihtiyacının hesaplanması :

Yuvarlanma Direnci (F_R): Yuvarlanma direnci aracın tekerlekleri ile zemin arasında meydana gelen şekil değişikliğinden meydana gelmektedir. Farklı yol tiplerine göre (f_r) yuvarlanma direnci katsayısı değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada f_r , binek araç, beton veya asfalt yol için geçerli olan 0,013 olarak belirlenmiştir [6].



Şekil 1. Araca tesir eden direnç kuvvetleri.

$$F_R = \left(\frac{e}{r_{dyn}} \right) \cdot G = f_r \cdot G = f_r \cdot m \cdot g \quad (1)$$

(Burada, r_{dyn} 185/65 R14 lastik için 0,29 m'dir.)

Hava Direnci (F_L): Akışkan içerisinde ilerleyen bir nesneye; kesit alanına, hızına ve akışkan yoğunluğuna bağlı olarak bir direnç kuvveti etki eder. Bu kuvvet hava direnci olarak adlandırılır. (C_w ve A için Tablo 1)

$$F_L = C_w \cdot A \cdot \frac{\rho_L}{2} \cdot (V + V_w)^2 \quad (2)$$

$$\rho_L = \frac{248,7 \cdot p [\text{bar}]}{273,2 + t [^\circ\text{C}]} \quad (3)$$

Burada, ρ_L 20°C sıcaklıkta 1,22 kg/m³ alınabilir. **Yokuş Direnci (F_{ST}):** Aracın eğimli yolda ilerlemesi esnasında eğim açısına bağlı olarak ağırlık merkezinin dik bileşeni ile zemin arasında oluşan α açısından kaynaklıdır (Şekil 1). Karayollarında eğim açısı olarak verilmez onun yerine yüzdesel (%) olarak ifade edilir.

$$\alpha = \tan^{-1}(0,0X) \quad (4)$$

$$F_{ST} = G \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

Hareket güçleri :

$$F_T = F_R + F_L + F_{ST} \quad (6)$$

$$F_T = f_r \cdot G + C_w \cdot A \cdot \frac{\rho_L}{2} \cdot V^2 + G \cdot \sin \alpha \quad (7)$$

$$V = \frac{\pi \cdot n_m}{30} \cdot \frac{r_{dyn}}{i_V \cdot i_D} \quad [\text{m/s}] \quad (8)$$

Genelleştirilmiş güç ihtiyacı denklemi:

$$P_T = F_T \cdot V = \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r_{dyn} \cdot n}{60 \cdot i_V \cdot i_D} \right) \left(\begin{aligned} &f_r \cdot m \cdot g \\ &+ m \cdot g \cdot \sin \alpha \\ &+ C_w \cdot A \cdot \rho_L \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r_{dyn} \cdot n}{60 \cdot i_V \cdot i_D} \right)^2 \end{aligned} \right) \quad (9)$$

$$F_T \cdot r_{dyn} = T \cdot i_V \cdot i_D \quad (10)$$

Tablo 1'de verilen bilgiler, çalışmada seçilen aracın teknik bilgilerini içermektedir. Bu bilgiler aracın istenilen hızda ve yol şartlarında gidebilmesi için gerekli olan güç ihtiyacının ve motor torkunun değişken parametreler [11] ile hesaplanmasında kullanılacaktır.

Denklem 9 ve Tablo 1'den yararlanılarak düz yolda ilerleyen aracın farklı motor devri ve farklı vites basamaklarında ilerleyebilmesi için gerekli olan motor torku ve gücü teorik olarak hesaplandığında sonuçlar Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 1. Hesaplamalarda kullanılacak araca ait teknik bilgiler [8-10].

Tanım	Sembol	Birim	Bilgi
Motor			
Motor Tipi		-	Dizel Yakıtlı Motor
Silindir Sayısı		-	3
Kapasite		cm ³	1199
Maksimum Güç	P_{max}	kW/Hp	55 [kW] / 75 [Hp]
Maksimum Tork	T_{max}	Nm	180
Tekerlek Ölçüleri & Ağırlık			
Net araç ağırlığı		kg	Net:1132 - Azami:1620
Lastik ölçüleri			185/60 R15 (Ön - Arka)
Şanzıman & Vites Oranları			
1. Vites Oranı	i_1	-	3,78:1
2. Vites Oranı	i_2	-	2,12:1
3. Vites Oranı	i_3	-	1,27:1
4. Vites Oranı	i_4	-	0,87:1
5. Vites Oranı	i_5	-	0,66:1
Diferansiyel Oranı	i_D	-	3,39:1
Aerodinamik Özellikler			
Sürtünme Katsayısı	C_w	-	0,317
Kesit Alanı	A	m ²	2,05
Yakıt Tüketim Bilgileri			
Yakıt Tüketimi		l/100 km	6,5/4,4/5,1
km/litre		km/l	15,4/22,7/19,6
CO ₂ Emisyonu		gr/km	89

Tablo 2. Farklı vites kademelerinde ve motor devirlerinde güç ihtiyacı

n [dev/dk]		1000		2000		3000		4000		5000	
Vites	Tahvil Oranı	P_T [kW]	V [km/h]	P_T [kW]	V [km/h]	P_T [kW]	V [km/h]	P_T [kW]	V [km/h]	P_T [kW]	V [km/h]
1	$i_1=3,78$	0,37	8,50	0,77	17,03	1,24	25,56	1,80	34,09	2,49	42,62
2	$i_2=2,12$	0,68	15,23	1,54	30,38	2,76	45,61	4,52	60,80	7,00	76,00
3	$i_3=1,27$	1,23	25,38	3,29	50,76	7,02	77,44	13,25	101,52	22,81	126,90
4	$i_4=0,87$	2,02	37,04	6,64	74,09	16,44	111,13	34,02	148,17	61,97	185,22
5	$i_5=0,66$	3,09	48,82	12,11	97,67	33,01	146,48	71,73	195,33	134,20	244,19

Tablo 2'yi oluşturmak için yapılan hesaplamalar, aracın normal çalışma şartlarına göre (net ağırlık (1132 [kg]) artı bir sürücü (80 [kg]), toplam 1212 [kg]) yapılmıştır. Bunun nedeni aracın kişisel olarak kullanılması ve yapılan testler ile tutarlılığı sağlayabilmektir. Tablo 3'de, P_{Tmax} olarak ifade edilen kısım aracın azami yüklenmesi (1620 [kg])(Tablo 1) neticesinde oluşacak güç ihtiyacını ifade etmektedir ve bu bölgeden elektrik motoru seçimi yapılırken yararlanılacaktır. T_4 ve T_5 normal çalışma şartlarında gerekli olan motor torkudur.

Tablo 3. Hıza göre güç ihtiyacı ve motor torku.

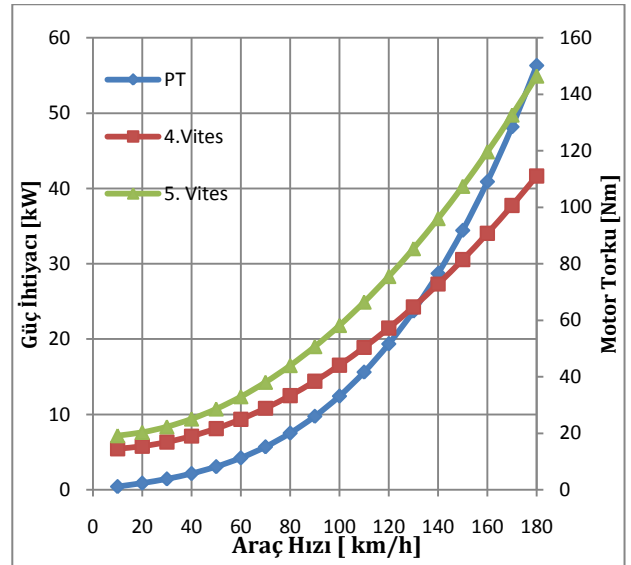
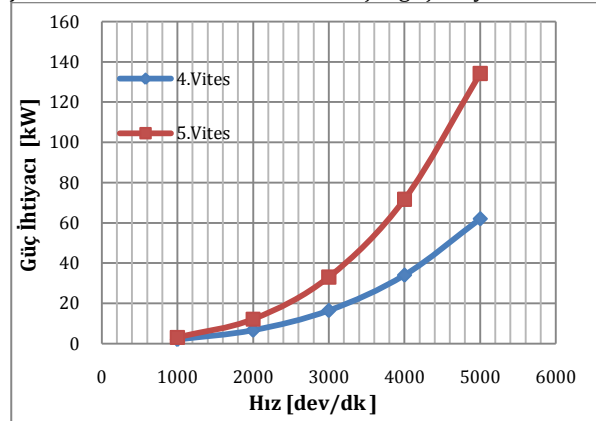
V[km/h]	P_T [kW]	P_{Tmax} [kW]	T_4 [Nm]	T_5 [Nm]
10	0,44	0,58	14,49	19,11
20	0,92	1,21	15,39	20,29
30	1,51	1,94	16,89	22,26
40	2,25	2,83	18,89	25,02
50	3,19	3,91	21,67	28,57
60	4,39	5,25	24,96	32,90
70	5,88	6,89	28,85	38,03
80	7,73	8,89	33,34	43,94
90	9,99	11,29	38,42	50,64
100	12,70	14,14	44,10	58,14
110	15,91	17,50	50,38	66,41
120	19,68	21,41	57,26	75,48
130	24,06	25,93	64,74	85,34
140	29,09	31,11	72,81	95,98
150	34,83	36,99	81,49	107,41

Tablo 4. Farklı motor devirleri ve vites kademelerinde gerekli olan motor torku.

Devir	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5
T [Nm]					
1000	3,3	6,1	11,0	18,3	28,1
2000	3,4	6,9	15,0	30,7	56,5
3000	3,7	8,3	21,6	51,3	103
4000	4,0	10,3	30,9	80,2	170
5000	4,5	12,9	42,9	117,4	255

Denklem 8'e göre yapılan araç hızı hesaplamalar sonucunda; Tablo 3' te yer alan bilgiler, araç hızına göre 4. ve 5. vites kademelerinde gerekli olan motor torku verilerini içermektedir. Tablo 4'te ise, her bir vites kademesine göre farklı motor devirlerinde motorun üretmesi gereken tork bilgileri yer almaktadır.

Şekil 2. 4. ve 5. Vites basamakları için güç ihtiyacı



Şekil 3. Hıza göre güç ihtiyacı ve aynı hızlar için 4. ve 5. vites basamaklarında gerekli olan motor torku.

Şekil 2'de 4. ve 5. vites basamaklarında, çalışma konusu olan aracın motor devrine göre matematiksel olarak hesaplanmış güç ihtiyacı grafiği bulunmaktadır. Şekil 3'te ise aynı araç hızına göre 4. ve 5. vites basamaklarında ihtiyacı olan motor torku ve güç ihtiyacı eğrileri görülmektedir.

Bu kısma kadar yapılan hesaplamalarda yokuş direnci dikkate alınmamıştır. Yokuş direnci de hesaplamalara eklenir ise elde edilen yeni sonuçlar Tablo 6, Tablo 7 ve Şekil 4'teki gibi olacaktır.

Tablo 5. Farklı yol eğimlerine göre sinα değerleri.

Eğim	α	$\sin\alpha$
%5	2,86°	0,049
%10	5,71°	0,099
%15	8,53°	0,148

Tablo 5'de karayollarında bulunulabilecek farklı eğim açılarına göre sinα değerleri verilmiştir. Bu bilgiler ışığında Denklem 9 ve Denklem 10 tekrar hesaplanırsa;

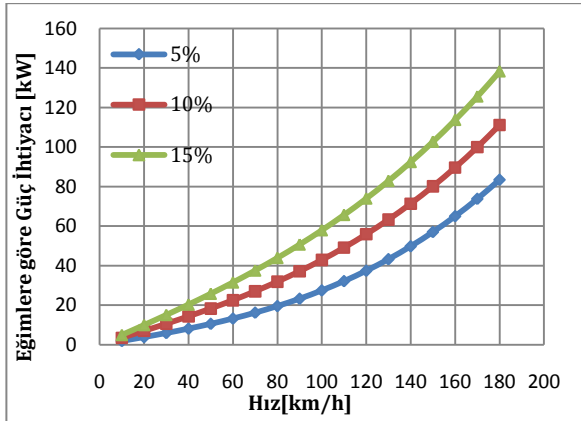
Tablo 6. Farklı yol eğimlerine göre güç ihtiyacı

Eğim	%5	%10	%15
Hız[km/h]	P_T [kW]	P_T [kW]	P_T [kW]
10	2,05	3,70	5,31
20	4,15	7,44	10,67
30	6,35	11,29	16,13
40	8,71	15,29	21,75
50	11,26	19,50	27,56
60	14,07	23,95	33,63
70	17,18	28,71	40,00
80	20,64	33,82	46,73
90	24,51	39,33	53,86
100	28,84	45,30	61,44
110	33,66	51,78	69,53
120	39,05	58,81	78,17
130	45,04	66,44	87,42
140	51,68	74,74	97,33
150	59,03	83,74	107,94

Tablo 7. Hıza göre, farklı yol eğimlerinde 4. ve 5. vites kademesi için motor torku.

V	%5		%10		%15	
	T ₄	T ₅	T ₄	T ₅	T ₄	T ₅
10	72,78	95,94	131,24	173,00	188,52	248,51
20	73,68	97,12	132,13	174,18	189,42	249,69
30	75,17	99,09	133,63	176,15	190,91	251,66
40	77,26	101,85	135,72	178,90	193,00	254,42
50	79,95	105,39	138,41	182,45	195,69	257,96
60	83,24	109,73	141,69	186,78	198,98	262,29
70	87,12	114,84	145,58	191,90	202,86	267,41
80	91,61	120,75	150,06	197,81	207,35	273,32
90	96,68	127,45	155,14	204,50	212,42	280,01
100	102,36	134,93	160,82	211,98	218,10	287,50
110	108,63	143,20	167,09	220,25	224,38	295,77
120	115,51	152,26	173,96	229,31	231,25	304,83
130	122,98	162,10	181,43	239,16	238,72	314,67
140	131,04	172,74	189,50	249,79	246,78	325,31
150	139,71	184,16	198,16	261,21	255,45	336,73

Tablo 6'da aracın %5, %10 ve %15 lik yol eğimlerinde gidebilmesi için gerekli olan güç ihtiyacı bilgileri yer almaktadır. Tablo 7' de ise aynı yol eğimlerinde verilen araç hızlarında gidebilmesi için 4. ve 5. vites basamaklarında üretmesi gereken motor torku bilgileri verilmiştir.

**Şekil 4.** Farklı yol eğimlerine göre güç ihtiyacı

Tablo 3 ve Tablo 6 karşılaştırılarak incelendiğinde hesaplamalara yokuş direnci dahil edildiğinde aracın ihtiyacı olan güç yaklaşık 3 kat artmaktadır (70 km/h

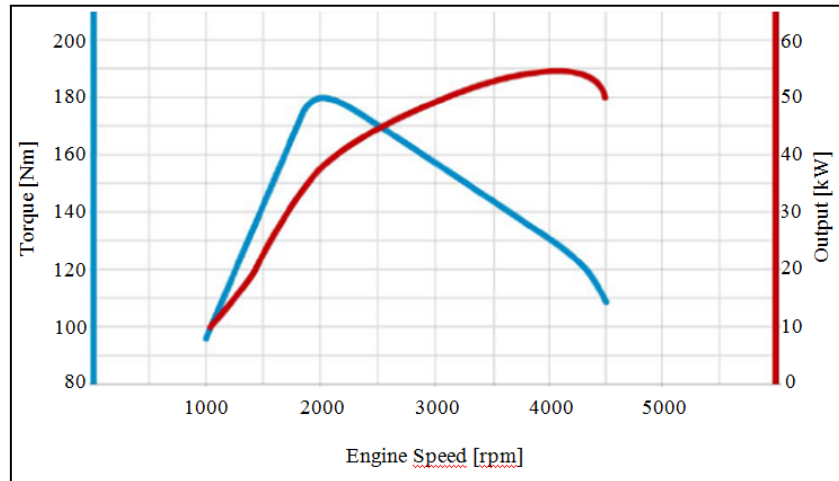
sabit hız %5 eğim için). Buda, yokuş direncinin güç ihtiyacına olan etkisini net bir şekilde göstermektedir.

Şekil 5'de çalışmaya konu olan Polo'ya ait 55 [kW] güce sahip motorun performans grafiği bulunmaktadır. Bu grafikte aracın motor devrine göre sağlayabildiği motor gücü ve motor torku görülmektedir. Aracın hareket sınırlarını bulabilmek için Denklem 9'a göre matematiksel olarak hesaplanan sonuçların bu grafik ile karşılaştırılması gerekmektedir. Örnek olarak; Tablo 2'ye göre araç 5. vites kademesinde 3000 [dev/dk]' da iken gerekli olan güç 33,01 [kW] ve Tablo 4'e göre gerekli olan motor torku 103 [Nm]'dir. Şekil 5 incelendiğinde 3000 [dev/dk] için motor 48 [kW] güç ve 156 [Nm] tork sağlayabilmektedir. Bu bilgiler karşılaştırıldığında aracın bu bölgede sorunsuz ilerleyebildiği görülmektedir. Fakat yokuş direnci de dahil edildiğinde 5. vites 3000 dev/dk için araç hızı 146,48 [km/h] (Tablo 2) 'dir ve bu araç hızı için Tablo 6 ve Tablo 7 incelenir ise gerekli olan gücü ve torku araç motorunun sağlayamayacağı anlaşılmaktadır.

Şekil 5'te çalışmaya konu olan aracın ideal şartlar altında üretici firma tarafından test edilerek oluşturulmuş motor performans grafiği bulunmaktadır. Bu grafik, kıyaslamalar yapılırken referans olması nedeni ile önem arz etmektedir.

2.2. Deneysel çalışmalar

Çalışmaya konu olan aracın teorik hesaplamalar ile gerçek yol şartlarında davranışları arasındaki tutarlılığı anlayabilmek ve üretici firmanın ideal şartlar altında verdiği katalog bilgileri (Şekil 5) ile örtüşüp örtüşmediğini saptayabilmek için bir dizi test gerçekleştirilmiştir. Bunlardan ilki, aracın dinamik teste tabi tutulmasıdır. İkinci test metodu ise gerçek yol şartlarında ELM 327 Hata Tespit Sistemi ile aracın bir gün boyunca normal bir iş gününden farklı olmamak şartı ile tekrarlı testleri (5 gün) yapılarak test sonuçlarının kaydedilmesidir.

**Şekil 5.** Araca ait motor performans grafiği [12].

2.2.1. Dinamik test sonuçları

Dinamik test, oto ekspertizlerinin motorun durumunu öğrenmek için kullandıkları bir test metodudur.

Motor performans testi olarak da adlandırılan bu test metodunda aracın tahrik tekerlekleri üzerlerinde dinamometre bulunan tamburların üzerlerine yerleştirilir. Test sonucunda aracın motor torku, motor devri ve motor gücü deneysel olarak bulunmuş olur. Dinamik test aracın hızlanma hızının bir alt kademesinde yapılmaktadır. Bu nedenle test sonuçları (Şekil 6, Tablo 8) 4. vites kademesinde yapılmıştır.

Şekil 6'da çalışmaya konu olan aracın dinamik test sonuçları bulunmaktadır. Şekil 6 ve Şekil 5 incelenip birbiri ile karşılaştırıldığında aracın motor durumunun katalog verileri ile yakın olduğu anlaşılmaktadır.

2.2.2. ELM - 327 Hata Tespit Sistemi ile yapılan test sonuçları

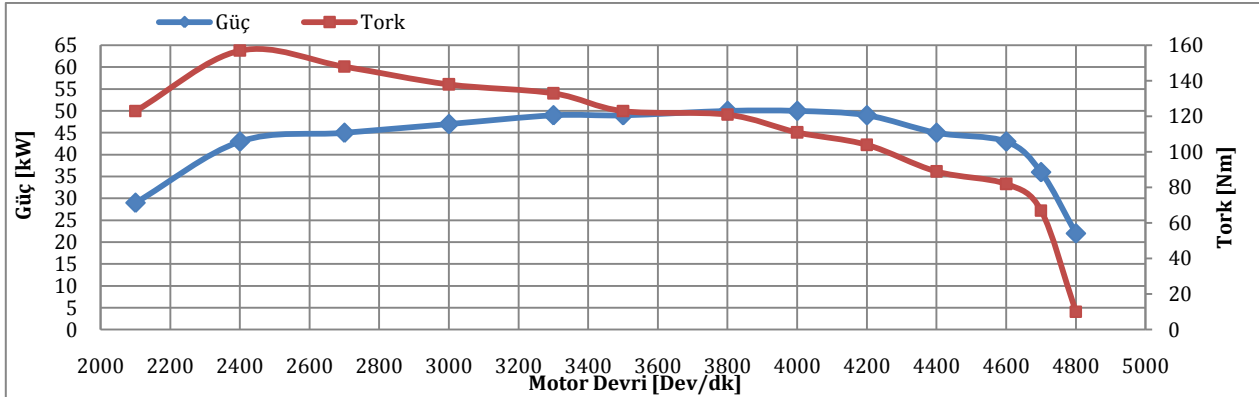
Hata tespit cihazı olarak kullanılan bu cihaz [13] araçlarda bulunan OBD - II (On-Board Diagnostic System) portu [14] üzerinden aracın Elektronik Kontrol Sistemi'ne (ECU) [15] bağlanır. ECU birimi üzerinden araçta bulunan tüm sensör verilerini ve sensörlere ait hata kodlarını anlık veya kayıt altına alınmış hali ile görülmeye olanak sağlar. Alınan verilerin anlık olarak görülebilmesi için OBD Check Torque programı kullanılmıştır [16].

ELM - 327 sisteminin kullanılmasının amacı; aracın günlük sürüş profilini yani aracın gün içerisinde ne sıklıkla kullanıldığı, ne kadar mesafe yapıldığı ve teorik hesaplamalar ile örtüşüp örtüşmediğini saptayabilmektir. Araç kullanım profili ise günlük yaşama en uygun elektrik motorunun ve günlük ortalama kat edilen mesafeye bağlı olarak ihtiyaç duyulan batarya paketinin oluşturulabilmesi için gerekli bilgileri içermesi açısından önemlidir.

Kullanım profili oluşturulabilmesi için, araç gün içerisinde her kullanıldığında sensör verileri kayıt altına alınmıştır. Şekil 7' de, örnek olması açısından yapılan test sonuçlarının bir kısmı grafiksel olarak gösterilmiştir. Sonuçlar hem grafiksel olarak hem de nümerik olarak kaydedilerek ve dikkatle incelenerek analiz edilmiştir. Bu incelemenin ardından, günlük yaşamda kullanılan ve çalışmaya konu olan aracın günlük kullanım profili Tablo 9'daki gibi oluşturulmuştur. Kullanım profili oluşturulurken testler tekrarlanarak gerçekleştirilmiştir.

3. Elektrik Motoru Tahrikli Hale Dönüştürülmesi

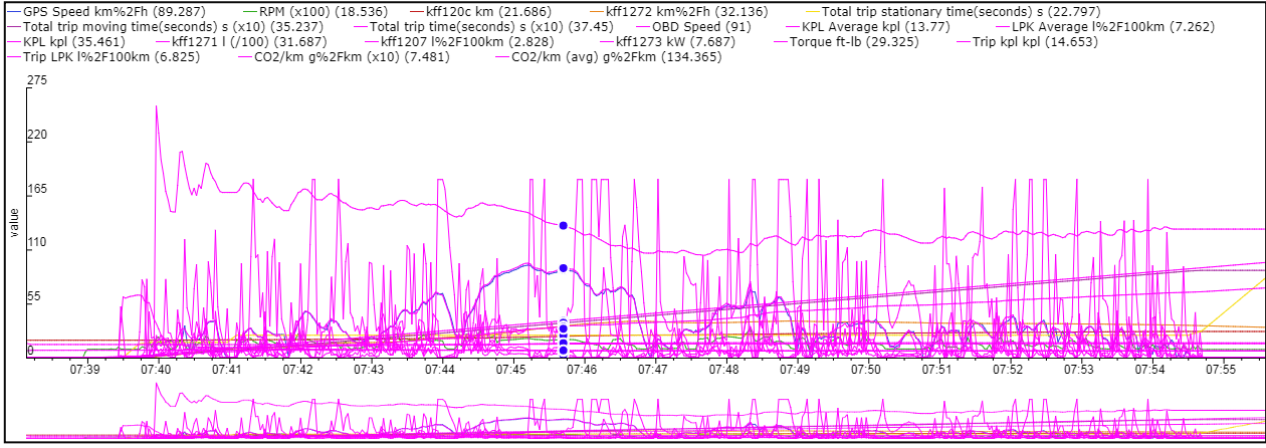
Bölüm 2'de yapılan teorik hesaplamalar ve deneysel çalışmalar neticesinde ortaya çıkan günlük kullanım profili göz önüne alındığında aracın ihtiyacı olan motor gücünü ve torkunu sağlayabilen bir elektrik motoru seçimi yapılması gerekmektedir. Seçilen motoru kontrol edebilmek için uygun bir motor sürücü ve günlük kat edilmesi gereken mesafeyi karşılayabilecek uygun bir batarya paketi seçimi gerekmektedir.



Şekil 6. 4. vites kademesi için dinamik test sonuç grafiği.

Tablo 8. 4. vites kademesi için sayısal olarak dinamik test sonucu.

Motor Devri [dev/dk]	Hız [km/h]	Tork [Nm]	Güç [HP]	Güç [kW]
2100	76	123	40	29
2400	87	157	58	43
2700	98	148	61	45
3000	108	138	64	47
3300	118	133	67	49
3500	128	123	67	49
3800	136	121	68	50
4000	145	111	68	50
4200	153	104	67	49
4400	160	89	61	45
4600	166	82	58	43
4700	171	67	49	36



Şekil 7. ELM - 327 Hata Tespit Sistemi ile yapılan sürüş profili oluşturma çalışması grafik sonucu.

Tablo 9. Çalışma konusu olan aracın günlük kullanım profili.

Testler Sonucu Oluşan Araç Kullanım Profili Bilgileri		
Tanım	Maksimum	Ortalama
Motor Gücü [kW]	17,04	6
Motor Torku [Nm]	127	33
Motor Devri [dev/dk]	2801,02	1414,77
Araç Hızı [km/h]	96	35 (Trafik Yoğun) 72 (Trafik Az Yoğun)
Sürüş Mesafesi [km]	52	35
Sürüş Süresi [dk]	56	42
Yakıt Tüketimi [L/100 km]	26,98	7,06
Yakıt Tüketimi [km/L]	-	15,02
CO ₂ Emisyonu [g/km]	549	104

3.1. Elektrik motoru seçimi

Elektrik tahrikli hale dönüştürmek için, elektrik motoru olarak göbek içi fırçasız doğru akım elektrik motoru (BLDC Hub Motor) kullanılması ön görülmüştür. Hub motor kullanılmasının amacı araca montajının kolay olması, direk sürüş olduğu için debriyaj ve vites kutusuna gerek duyulmaması, aktarım organlarının aradan çıkarılarak gereksiz ağırlıklardan kurtulması ve aktarma esnasındaki verim kaybının önüne geçilmesidir. Ayrıca, BLDC Hub motorlar yüksek verime sahiptirler ve kullanım profiline göre motor sürücü programlanabildiği için enerji optimizasyonu yapılabilmektedir [17].

Bölüm 2'de yapılan teorik hesaplamalar ve günlük kullanım profili oluşturmak için yapılan deneysel sonuçlar (Tablo 9) göz önüne alındığında aracın ihtiyacı olan gücü ve motor torkunu sağlayabilmek için QSMOTOR firmasına ait yüksek torklu 96 [V] 8 [kW] BLDC Hub Motordan [18] 2 adet kullanılması uygun görülmüştür. Bu motorlar aracın arka 2 tekerleğine akupile edilecektir. Çift motor kullanılmasının amacı gerekli olan gücü ve torku sağlayabilmek için tek bir motorun yeterli gelmemesi ayrıca tek tekerlekten tahrik verilmesi neticesinde aracın dengeli bir sürüş sağlayamayacağı ve tutunma yüzeyinin azlığı nedeni ile tahrik tekerleği ile zemin

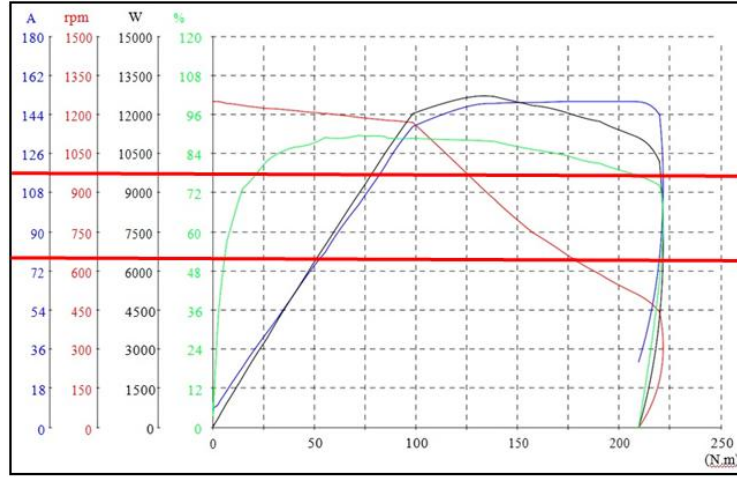
arasında ivmelenme esnasında kayma meydana gelebileceğinin ön görülmesidir.

Tablo 10. Seçilen BLDC Hub Motora ait teknik bilgiler[18].

Tanım	Değer
Motor Gücü	8 [kW]
Motor Torku	Max. 350 [Nm]
Nominal Voltaj	96 [V]
Maksimum Akım	150 [A]
Nominal Motor Devri	1250 [dev/dk]
Verim	85 - 92 [%]
Ağırlık	25 [kg]

Tablo 10'da araçta kullanılması düşünülen BLDC Hub motora ait teknik bilgiler yer almaktadır. Bu bilgiler, uygun bir motor sürücü ve batarya paketi oluşturulması esnasında kullanılacaktır.

Kullanım profili Tablo 9. incelendiğinde çalışmaya konu olan aracın günlük ortalama 72 [km/h] ortalama hız ile gittiği ve maksimum 96 [km/h] hıza ulaştığı görülmektedir. Tablo 3, 70 - 100 [km/h]'lik bölge için (sarı ile işaretlenmiş bölge) incelendiğinde gerekli olan maksimum güç 12,70 [kW] ve maksimum motor torku 58,14 [Nm]'dir. Denklem 8 kullanılarak 70 [km/h] ve 100 [km/h]'lik hızlar [dev/dk] (rpm) cinsinden hesaplandığında 640 [dev/dk] ve 951 [dev/dk]'ya karşılık gelmektedir.



Şekil 8. Seçilen BLDC Hub Motora ait performans grafiği [18].

Tablo 11. BLDC Hub Motora ait seçilen bölgedeki performans verileri [18].

Voltaj [V]	Akım [A]	Tork [N.m]	Hız [Dev/dk]	Güç [W]	Verim [%]
98.20	138.5	98.4	1168	12033	88.5
97.17	149.3	126.0	969	12783	88.1
96.93	149.2	132.3	918	12717	88.0
97.06	149.2	138.8	873	12687	87.6
97.13	149.3	144.3	832	12570	86.7
97.03	149.4	151.8	784	12460	86.0
96.83	149.4	157.2	749	12328	85.2
96.94	149.6	163.5	718	12291	84.7
96.90	149.7	168.8	689	12178	84.0
96.86	149.7	173.9	663	12071	83.3
96.83	149.8	179.8	634	11935	82.3
96.79	149.7	184.5	611	11803	81.4

Seçilen motorun uygunluğunu saptayabilmek için Şekil 8'de 640 [dev/dk] ve 951 [dev/dk] arasında kalan bölge (kırmızı çizgiler arasında kalan alan) incelendiğinde gerekli olan motor torkunu ve gerekli olan gücü sağlayabildiği anlaşılmaktadır. Ayrıca seçilen bölgede motorun sağlayabildiği teknik değerler Tablo 11'de ayrıntılı olarak verilmektedir. Tablonun tamamını inceleyebilmek için [18].

Tablo 3 incelendiğinde; aracın normal çalışma şartındaki güç ihtiyacı ile azami yüklü halinde gerekli olan güç ihtiyacı arasında %15'lik artış söz konusudur. Tablo 3 ile Tablo 11 karşılaştırılır ise seçilen elektrik motoru normal çalışma şartı için aracı maksimum 100 [km/h] hıza çıkarabilmektedir. Fakat azami yüklü halinde 100 [km/h] hız için motorların gücü yetmemekte ve maksimum 90 [km/h] hıza çıkarabilmektedir. Tablo 9'a göre günlük kullanımda aracın ortalama hızı 72 [km/h]'tir. Azami yüklü halde bu hızda gerekli olan motor gücü 6,89 [kW]'tır (Tablo 3). Tablo 11'e göre elektrik motorları bu hız için gerekli olan gücü sağlayabilmektedir. Seçilen elektrik motorları çalışma için uygundur.

3.2. Motor sürücü seçimi

Motor sürücüler, motorun hız ve tork kontrolünü yapabilmek için gerekli olan cihazlardır. Araç kullanım profiline ve motora uygun olarak motor sürücü seçilmesi gerekmektedir. Kullanılması ön

görülen motorlar için uygun motor sürücü aynı firmaya ait programlanabilen AE96600 kodlu motor sürücü olarak görülmektedir [19].

Tablo 12. Seçilen Motor Sürücüyü ait teknik bilgiler [19].

Tanım	Değer
Maksimum Akım	600 [A]
Nominal Güç	8 [kW]
Nominal Voltaj	96 [V]
Ağırlık	5.9 [kg]

Tablo 12' de seçilen motor sürücüyü ait teknik bilgiler bulunmaktadır. Dönüşüm için 2 adet BLDC Hub motor kullanıldığı için 2 adet motor sürücü kullanılması gerekmektedir.

3.3. Batarya paketi seçimi

Lityum iyon (Li-ion) bataryalar diğer bataryalara göre enerji yoğunluğunun yüksek olması nedeni ile elektrikli araçlarda kullanılması en uygun batarya tipi olarak görülmektedir [20]. Fakat, sürekli bakım gerektirmeleri ve kararsız yapıya sahip olmaları patlama riski bulundurmalarına sebep olmaktadır. Bu neden ile ağır çalışma şartlarına daha uygun olan Lityum demir fosfat (LiFePO₄) batarya seçilmiştir.

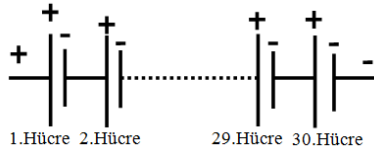
Batarya paketi oluşturabilmek için; çalışma bölgesindeki maksimum akım ve motor voltaj bilgisi ayrıca menzilin belirlenmesi gerekmektedir. Şekil 8 ve Tablo 11 incelendiğinde seçilen bölge için

maksimum akım 150 [A]'dır ve Tablo 9 kullanım profiline göre günlük kat edilmesi gereken maksimum mesafe 52 [km]'dir. Batarya paketi nominal Voltajı 96 [V] olması gerekmektedir. Bu bilgiler ışığında Voltronix 160 [Ah] lik LiFePO4 bataryalar seçilmiştir [21].

Tablo 13. Voltronix 160 [Ah] LiFePO4 batarya hücresinin ait teknik bilgiler [21].

Tanım	Değer
Nominal Voltaj	3,2 [V]
Kapasite	160 [Ah]
Maksimum Akım	1280 [A] (8C 10 saniye)
Ağırlık	5,6 [kg]

Tablo 13'te seçilen bataryaya ait teknik veriler bulunmaktadır. Bir hücrenin nominal voltajı 3,2 [V] olduğu ve motorun çalışabilmesi için gerekli olan batarya gerilimi 96 [V] olması gerektiği için seçilen bataryalardan 30 seri olarak bağlanarak (Şekil 9) nominal Voltajı 96 [V] olan bir batarya paketi yapılması gerekmektedir.



Şekil 9. Batarya paketinin bağlantı şekli.

3.4. Elektrik motoru tahrikli hale dönüşüm için maliyet analizi

Bahis konusu olan aracın kullanım profiline uygun olarak elektrik tahrikli haline dönüştürülebilmesi için gerekli olan yan ekipmanlar ve işçilik maliyetleri hesaba katılmayıp sadece gerekli olan ana malzemelerin fiyatları verilerek yapılan maliyet analizi Tablo 14 verilmiştir.

Tablo 14. Maliyet analizi.

Malzeme	Adet	Birim Fiyat (\$)
Elektrik Motoru	2	627
Motor Sürücü	2	388
Gaz Pedalı ve Ekipmanları	1	288
Batarya	30	208
Toplam		8558

4. Bulgular

Bu çalışmada, günlük hayatta kişisel ulaşım için kullanılan içten yanmalı motora sahip bir aracın kullanım profili belirlenerek gün içerisinde ne sıklık ile kullanıldığı ne kadar mesafe yaptığı ve ortalama ne kadar yakıt sarf ettiği belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında, elektrik motoru tahrikli hale dönüşümünü gerçekleştirdiğimiz taktirde aracın ne kadar enerjiye ihtiyaç duyduğu hesaplanmıştır.

Elektrik motoru seçilirken montaj kolaylığı ve direk sürüş sistemi olduğu için Hub motor seçimi yapılmıştır. Hub motor kullanılacağı için içten yanmalı motor, vites kutusu, radyatör ve ekipmanları,

mazot tankı, diferansiyel ve aktarım organlarına ihtiyaç duyulmayacaktır. Bu ekipmanlar çıkarıldığında araç yaklaşık olarak 420 [kg] hafifleyecektir. Buna karşın 2 adet Hub motor, batarya grubu, 2 adet motor sürücü ve ekipmanları araca yerleştirildiğinde 233 [kg] ek ağırlık getirecektir. Dönüşüm sonucunda araç 187 [kg] hafiflemiş olacak; bu sebeple aracın güç ihtiyacı %6 oranında azalacaktır (Tablo 15)

Tablo 15. Dönüşüm öncesi ve sonrası güç ihtiyacı

	Çalışma Şartı		Azami Yük		Hız [km/h]
	Dönüşüm Öncesi	Dönüşüm Sonrası	Dönüşüm Öncesi	Dönüşüm Sonrası	
Ağırlık [kg]	1212	1025	1620	1433	70
Güç İhtiyacı [kW]	5,88	5,42	6,89	6,43	80
	7,73	7,21	8,89	8,36	90
	9,99	9,39	11,29	10,69	100
	12,7	12,01	14,14	13,48	

Tablo 15'de aracın normal çalışma şartı ve azami yüklü hali için dönüşüm öncesi ve sonrasında gerekli olan motor gücü bilgileri yer almaktadır. Tablo 15 incelendiğinde dönüşüm sonrasında güç ihtiyacında, ağırlık azalması nedeni ile %6'lık bir azalma söz konusudur. Bu, %6'lık kazanç rezerv güç konumuna geçerek, eğim veya hızlanma gibi ek güç ihtiyacı olan durumlarda kullanılmak üzere beklemektedir.

Dönüşüm sonunda 187 [kg] ağırlık azaltımı sağlanmıştır. Fakat, yapılan karşılaştırmaların tutarlı olabilmesi için dönüşüm sonrasında araca 2 adet yolcu (80 [kg/Kişi]) artı 27 [kg] bagaj yükü ekleyerek ağırlık bakımından iki durum eş hale getirilmiştir.

Tablo 9 incelendiğinde, aracın 72 [km/h] ortalama hız, 7,06 [L/100 km] ortalama yakıt sarfiyatı ve 52 [km] mesafe gittiğini varsayılırsa, gün içerisinde bu araç 3,67 [L] mazot tüketmektedir. Ayda 20 iş günü olduğu düşünüldüğünde; araç ay başına 73,42 [L] mazot sarf etmektedir. Optimize edilerek elektrikli araca dönüştürüldüğünde ve aynı kriterler geçerli olduğunda 72 [km/h] ortalama hız için Şekil 8 ve Tablo 11 incelenir ise, 149,7 [A] motor bataryalardan akım çekmektedir. Bataryaların yaklaşık olarak bir saat boyunca bu hız ile gidildiğinde bitmesi beklenmektedir. 52 [km]'lik sürüş mesafesi için yaklaşık olarak 10,4 [kW] enerji sarfiyatı yapılması öngörülmektedir.

Durumu mali olarak incelendiğinde; Mazotun Litre fiyatı 4,82 [TL]'dir (Sürekli kullanılan benzin istasyonu tarifesini) [22]. Günlük 17,68 [TL], aylık 353,788 [TL] yakıt gideri olmaktadır.

Elektriğin tüm vergiler dahil birim fiyatı 0,2543 [TL/kW] 'tır (Gece süresince)[23]. Günlük 2,645 [TL], aylık 52,89 [TL]'lik enerji sarfiyatı teorik olarak oluşmaktadır.

Yapılan bu hesaplamaların yaklaşım olduğu akıldan çıkarılmamalıdır. Net hesaplamalar; aracın elektrik motoru tahrikli hale dönüştürülmesinden sonra, içten yanmalı motora sahip araca uyguladığımız gibi kontrollü testlerin ve ELM - 327 cihazı ölçümlerinin uygulanmasından ardından elde edilebilir. Bu çalışmada sunulan yaklaşımlar ve elde edilen veriler ön bilgi amaçlı sunulmaktadır.

5. Sonuç ve Tartışma

Yapılan bu çalışmada, Türkiye şartlarında nüfus yoğunluğunun ve kişisel araç kullanım oranının yüksek olmasına bağlı olarak trafiğin yoğun olduğu İzmir şehrinde, şehir içi ulaşım da sık olarak kullanılan içten yanmalı motora sahip bir araçtan eş zamanlı gerçek veriler toplanarak kaydedilmiştir. Alınan veriler, aracın normalde kullanıldığı ulaşım güzergahı üzerinde ve aynı saatlerde kaydedilmiş olup testler farklı günlerde tekrarlanmıştır. Çalışmada, teorik hesaplamalar ve alınan verilerin analiz kademeleri ile elektrikli araca dönüşüm basamakları anlatılmış olması, konu üzerinde yapılması muhtemel çalışmalara yol gösterici olabilir.



Şekil 10. Testler esnasında kaydedilen ulaşım güzergahı

Şekil 10'da, ev ile iş yeri arasında kullanılan ulaşım güzergahı üzerinde yapılan testler esnasında OBD Chech Tourçe programı tarafından kaydedilen harita bilgisi bulunmaktadır. Enerji sarfiyatının, dönüşüm öncesi ve sonrası durumlarda karşılaştırılabilmesi için oluşturulan gerçek senaryo kriterleri aşağıda belirtilmiştir.

- Kat edilen mesafe 8.91 [km] (Şekil 10),
- 70 [km/h] sabit hız,
- Normal çalışma şartı (1212 [kg]) (dönüşüm öncesi; araç net ağırlığı artı bir sürücü, dönüşüm sonrası; araç net ağırlığı artı 1 sürücü, 2 yolcu ve 27 [kg] bagaj yükü)

Tablo 16'da, iş yerine ulaşım için gidilen mesafede yapılan enerji sarfiyatı ve bu sarfiyata karşılık gelen maliyet bilgileri karşılaştırılmalı olarak verilmektedir. Tablo incelendiğinde içten yanmalı motorlu hali ile optimize edilmiş elektrik motorlu hali arasında yakıt tüketim maliyeti açısından karşılaştırma yapıldığında ciddi bir fark

görülmektedir. Buna rağmen ilk yatırım maliyetinin yüksek olması (Tablo 14) elektrikli araç dönüşümüne ön yargı ile yaklaşılmasına neden olabilmektedir. Fakat, bu maliyetin çok büyük kısmını batarya paketi oluşturmaktadır. Bataryaların geliştirilmesi konusunda çok ciddi çalışmalar yapılmakta ve bataryalar günden güne geliştirilmektedir [24]. Bu çalışmalar neticesinde fiyatların daha aşağı çekilerek, dönüşüm maliyetinin azaltılacağı ön görülmektedir.

Tablo 16. Senaryo dahilinde enerji sarfiyatı karşılaştırması

	Ortalama Enerji Sarfiyatı	Enerji Sarfiyatı	Yakıt Fiyatı [TL]	Toplam Maliyet [TL]
İçten Yanmalı Motor	5.0 [L/100km] (70 [km/h] için test verisi)	0,44 [L]	4,82 [TL/L]	2,12 [TL]
Elektrik Motoru	149,7 [A] (70 [km/h] için Tablo 10)	1,84 [kW]	0,2543 [TL/kW]	0,46 [TL]

Elektrikli araçların şarj edilebilmesi için gerekli olan enerjinin güneş enerjisi [25] ve rüzgar enerjisi [26] gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından [27] sağlanabilmesi avantaj oluşturmaktadır. Bu sayede, kullanıcılar ve ülkeler fosil yakıtlara bağımlılıktan kurtularak hem ekonomik yönden hem de çevresel zararın azaltılması açısından fayda sağlanacaktır. Güneş enerjili araçların yıllardır varlığı bilinmektedir [28] üstelik bu araçlar çok ciddi organizasyonlar sayesinde birbirleri ile yarışdırılmakta ve uzun mesafeler kat edebilmektedir. Bu araçlar, alternatif enerjilerin pratikte de kullanılabileceğini göstermektedir.

Tablo 9 incelendiğinde, CO₂ emisyonunun [km] başına ortalama 104 [g] olduğu görülmektedir. Bu değer sadece tek bir araç için geçerlidir. Her gün yollarda seyir halinde olan milyonlarca araç düşünüldüğünde çevreye ve insanlara olan zararın ne kadar ciddi boyutlarda olduğunu göz önüne sermektedir. Elektrikli araçların bize sağladığı sıfır emisyon ve düşük gürültü kirliliği sayesinde insan yaşam kalitesini yükselteceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- [1] Türkiye Petrolleri Genel Şirketi. 2016. Ham Petrol ve Doğal gaz Sektör Raporu.
http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FTP_HAM_PETROL-DOĞAL_GAZ_SEKTOR_RAPORU_2015.pdf (Erişim Tarihi: 03.12.2017)
- [2] Harding GG. 1999. Electric vehicles in the next millennium. J Power Sources 78(1-2), 193–198.
- [3] Türkiye İstatistik Kurumu. 2015. Enerji Kaynakları ve Kullanım alanlarına göre Toplam Enerji Tüketimi.
http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1029 (Erişim Tarihi: 01.10.2017).

- [4] Türkiye İstatistik Kurumu. 2017. Markalara Kullanım Amacına göre Motorlu Kara Taşıt Sayısı. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1051 (Erişim Tarihi: 09.08.2017).
- [5] Türkiye İstatistik Kurumu. 2017. Markalara Göre Trafîğe Kaydı Yapılan Otomobil Sayısı. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1051 (Erişim Tarihi: 09.08.2017).
- [6] Kuralay, N. 2008. Motorlu Taşıtlar I-II Temel Ve Tasarım Esasları Yapı Elemanları. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Makine Mühendisleri Odası, İzmir, 28-53s.
- [7] Ehsani, M. Gao, Y. Gay, S. Emadi, A. 2005. Modern Electric Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals Theory and Design. CRC Press, Boca Raton, FL.
- [8] Cars-Data. 2017. Volkswagen Polo 1.2 TDI 75hp Trendline specs <http://www.cars-data.com/en/volkswagen-polo-1.2-tdi-75hp-trendline-specs/52982> (Erişim Tarihi: 10.08.2017)
- [9] Carinf.com Focused on data. 2017. Volkswagen Polo 1.2 TDI. <http://www.carinf.com/en/8f60424131.html> (Erişim Tarihi: 11.08.2017)
- [10] Dosya Upload. 2017. 6R Kullanıcı Kılavuzu <https://www.dosyaupload.com/77T> (Erişim Tarihi: 23.08.2017)
- [11] Asamer, J., Graser, A., Heilmann, B., Ruthmair, M. 2016. Sensitivity Analysis For Energy Demand Estimation Of Electric Vehicles. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 46, 183-189s.
- [12] SCRIBD. 2017. 6R Servis Kılavuzu. <https://tr.scribd.com/doc/231388480/SSP465-The-1-2l-3-Cylinder-TDI-Engine-With-CR> (Erişim Tarihi: 09.08.2017)
- [13] ELM Electronics. 2017. ELM 327 OBD to RS232 Interpreter. <https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2016/07/ELM327DSF.pdf> (Erişim Tarihi: 10.08.2017)
- [14] Sosnowski, D., E. Gardetto. 2001. Performing Onboard Diagnostic System Checks As Part Of A Vehicle Inspection And Maintenance Program. EPA420-R-01-015. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency
- [15] Environmental Protection Agency. 2001. Amendments to Vehicle Inspection Maintenance Program Requirements Incorporating the Onboard Diagnostic Check. <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2001-04-05/pdf/01-8276.pdf> (Erişim Tarihi 10.08.2017)
- [16] Torque-bhp. 2017. TORQUE. <https://torque-bhp.com/> (Erişim tarihi: 21.09.2017)
- [17] Patterson, D. 1995. An efficiency optimized controller for a brushless DC machine and loss measurement using a simple calorimetric technique. Northern Territory University, Centre for Energy Studies. pp 22-27, Australia.
- [18] Cnqsmotor .2017. High Efficiency dual 8000W 273 50H V3 electric car hub motor conversion kits http://www.cnqsmotor.com/en/article_read/96V%20125KPH%20Electric%20Car%20Conversion%20Kits,%202X8000W%20Hub%20Motor%20Kit%20s/567.html (Erişim Tarihi: 11.08.2017)
- [19] Cnqsmotor. 2017. APT Programmable FOC AE96600 72V 96V 8kW 10kw PM BLDC Sinoidal Motor Driver Speed controller http://www.cnqsmotor.com/en/article_read/APT%20Programmable%20Sine%20Wave%20FOC%20AE96600%2072V%2096V%208kW%20PM%20Motor%20Driver%20Controller/332.html (Erişim Tarihi: 11.08.2017)
- [20] Kennedy, B., Patterson, D., Camilleri, S. 2000. Use of lithium-ion batteries in electric vehicles. J. Power Sources. 90, 156–162s.
- [21] EV WEST. 2017. Batteries. http://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=4&products_id=263 (Erişim Tarihi: 12.08.2017)
- [22] Opet. 2017. İzmir Akaryakıt Fiyatları. <https://www.opet.com.tr/izmir-akaryakit-fiyatlari>. (Erişim Tarihi: 08.10.2017)
- [23] Enerji Enstitüsü. 2017. Elektrik Fiyatları. <http://enerjiensitusu.com/elektrik-fiyatlari/> (Erişim Tarihi: 08.10.2017)
- [24] Manzetti, S., Mariasiu, F. 2015. Electric Vehicle Battery Technologies: From Present State to Future Systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 51, 1004–1012.
- [25] Torreglosa, J., García-Triviño, P., Fernández-Ramirez, L., Jurado, F. 2016. Decentralized energy management strategy based on predictive controllers for a medium voltage direct current photovoltaic electric vehicle charging station. Energy Conversion and Management, 108, 1–13s.
- [26] Valentine, K., Temple, W., Thomas, R., & Zhang, K. 2016. Relationship between wind power, electric vehicles and charger infrastructure in a two-settlement energy market. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 82, 225-232s.
- [27] Pearre, N., and L. Swan. 2015. Electric vehicle charging to support renewable energy integration in a capacity constrained electricity grid. Energy Conversion and Management, 109, 130– 139s.
- [28] Carroll, D. 2003. The Winning Solar Car A Design Guide for Solar Race Car Team. SAE International Warrendale PA USA.