

FOTOVOLTAİK BATARYA ŞARJ SİSTEMİ İLE HİBRİT ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Zafer Dülger¹, Engin Özdemir²,

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, 41380, Umuttepe, Kocaeli

²Kocaeli Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü, 41380, Umuttepe, Kocaeli

e-posta: ¹zdulger@kocaeli.edu.tr, ²eoazdemir@kocaeli.edu.tr

Özet: Dünyada giderek artan araç sayısı, buna bağlı olarak ulaşıtırmada kullanılan yakıt miktarının da artmasına, atmosferde kirletici emisyon ve zararlı gaz miktarının hızla yükselmesine neden olmuştur. Dolayısıyla, bu etkiler sonucunda sera etkisinin oluşması ulaşıtırmada enerji verimliliği konusunu gündemde tutmaktadır. Günümüzde Hibrit Elektrikli Araçlar (HEA) klasik araçlara göre enerji verimliliğini artırdığı için oldukça önem kazanmıştır. Bu çalışmada, HEA hakkında genel bilgiler verildikten sonra günümüz araçlarına alternatif olarak gündeme gelen HEA'daki modern enerji depolama teknolojileri anlatılmakta ve bu konuda Kocaeli Üniversitesi'nde gerçekleştirilen HEA için Fotovoltaik Batarya Şarj Sistemi ile ilgili deneysel çalışmalar ve sonuçları hakkında bilgiler verilmektedir.

1. Giriş

Fosil yakıt kaynaklarının azalması, fosil yakıtlara yüksek bağımlılık ve ulaşıtırma sektörünün emisyonlarının global olarak etkileri nedeniyle ulaşıtırma sektörü için yeni güç üretim çözümlerinin bulunması gerekmektedir. Ulaşımında enerji verimliliği için alternatif yakıtlar, içten yanmalı motor teknolojisinde yapılan iyileştirmeler ve alternatif tahrik sistemlerine sahip araçların geliştirilmesi gündemdedir. Araştırmaların devam ettiği önemli alanlardan biri de elektrikli tahrik sistemlerinin araçlar içerisinde kullanılmasına olanak sağlayan tümü elektrikli ya da Hibrit Elektrikli Araçlardır (HEA) [1-2].

Bu çalışmada, HEA hakkında genel bilgiler verildikten sonra günümüz araçlarına alternatif olarak gündeme gelen HEA'daki modern enerji depolama teknolojileri anlatılmakta ve bu konuda Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü desteği ile gerçekleştirilen HEA için Fotovoltaik Batarya Şarj Sistemi ile ilgili deneysel çalışmalar ve sonuçları hakkında bilgiler verilmektedir. Yapılan çalışmada, Kocaeli'de 1 m² yüzey alanına sahip bir fotovoltaik güneş panelinden günlük olarak bataryalarda 400 Wh fotovoltaik enerji depolanabileceğini sonucu elde edilmiştir.

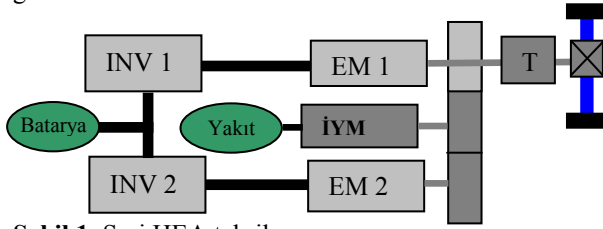
2. HEA Teknolojileri

HEA'lar bir tanesi elektrik enerjisi olmak üzere, birden fazla güç sistemine sahip ve bu farklı enerji depolarından sağladığı enerji ile hareket edebilen araçlar olarak tanımlanmaktadır. HEV yani hibrit motorlu araçlar günümüzde kullanılan araçların içten yanmalı motorları ile (benzinli, dizel, LPG) elektrikli taşıtların elektrik motorunun birleşiminden meydana gelen motorlara sahip araçlardır. Bu iki motorun birleştirilmesinin sebeplerinin başında yakıt ekonomisi gelmektedir. Bu birleşme ile taşıt kullanıcısının ve üreticisinin elektrikli taşıttan beklediği çevresel fayda ve içten yanmalı motorlu taşıttan beklediği performans, daha fazla menzil ve çabuk yakıt ikmali hibrit motorla sağlanmaktadır. Hibrit motorun faydaları arasında yakıt ekonomisi, çevreye olan duyarlılığı ve daha fazla menzil gelmektedir. Günümüzde bu nedenlerle HEA kullanıcılara ve tüketicilere cazip hale gelmektedir.

Geleneksel benzinli ve dizel yakıtlı içten yanmalı motorların, yanma sürecinde ve motor sistemindeki (valfler, yakıt enjeksiyonu, yanma odası geometrisi ve giriş hava kalitesi vb.) gelecekteki gelişmeler nedeniyle uzun süre pratik olarak kullanılması beklenmektedir. HEA hem içten yanmalı motor hem de elektrik motoru ile ayrı olarak veya birlikte tahrik edilebilen araçlardır. HEA oluşturan içten yanmalı motor, elektrik motoru ve elektrik jeneratörü farklı biçimlerde araca bağlanmaktadır. Araç tahrik yapısına göre geliştirilen HEA ana kontrol merkezi bu 3 yapıyı da ayrı olarak kontrol ederek aracın farklı durumlarda farklı işletim modlarında ve en verimli şekilde çalıştırılmasını sağlamaktadır.

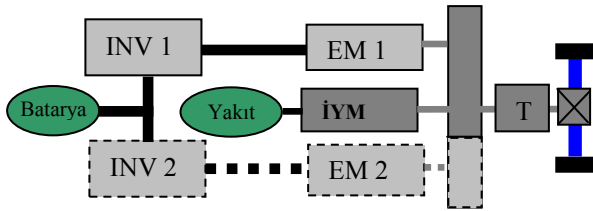
HEA normal araçlardan farkı dizel veya benzinli motora ilave olarak gelen elektrik bataryası ve elektrik motorudur. Batarya ve elektrik motoru boyutları büyüdükçe benzin veya dizel motor boyutları küçülmektedir. HEA'lar yoğun ve yavaş trafik durumunda %100 elektrikle tahrik edilerek daha az gürültü ve emisyonlar ile yakıt ekonomisi sağlamaktadır.

Bir HEA enerji dönüşüm sistemi temel olarak, enerji depolama sistemi, güç dönüşüm ünitesi ve taşıt tahrik sistemlerinden oluşmaktadır. Enerji depolama için batarya, süperkapasitör ve volan (flywheel) kullanılmaktadır. Tahrik sistemi olarak da içten yanmalı motor ve elektrik motorunun tahrik sistemine bağlantı şekline göre de seri tahrik, paralel tahrik ve seri/paralel tahrik olmak üzere üç farklı biçimde tahrik edilmektedirler. Paralel yapıda hem İYM hem elektrik motoru birlikte tahrik sağlarken, seri yapıda sadece elektrik motoru tahrik sağlamaktadır. Seri-paralel tahrik yapısında ise iki sistemin birleşimi şeklindedir. Şekil 1’de Seri HEA tahrik yapısı görülmektedir.

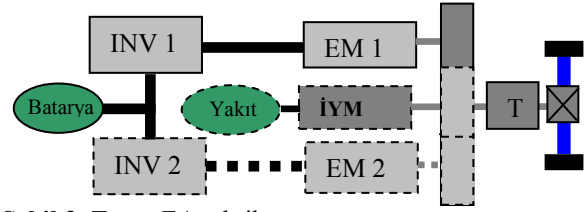


Şekil 1. Seri HEA tahrik yapısı.

Şekil 2’de paralel HEA tahrik yapısı, Şekil 3’de tümü elektrikli araç tahrik yapısı görülmektedir.



Şekil 2. Paralel HEA tahrik yapısı.



Şekil 3. Tümü EA tahrik yapısı.

Şebekeden şarj edilebilen hibrit elektrikli araçlar (plug-in hybrid electric vehicles) ise elektrik şebekesine bağlanarak şarj edilebilme özelliği bulunan HEA’dır. Böylece hem hibrit elektrikli araçlar gibi daha uzun menzile sahip, hem de elektrikli araçlar gibi şebekeden şarj yolu ile elde edilen elektrik enerjisinin kaynağını çeşitlendirme olanağına sahiptir. Bu araçlar, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisi ile beslendiğinde özellikle günlük kullanım mesafesi kısıtlı olan araçlar için fosil yakıtlardan da tamamen bağımsız hale gelmek mümkündür. Bu çalışmada önerilen fotovoltaik batarya şarj sistemi ile HEA için hem elektrik şebekesinden hem de fosil yakıtlardan bağımsız enerji üretimi araştırılmaktadır.

Tümü EA ise kısa vadede şehir içi kullanım gibi kısa menziller için tercih edilmesi ve düşük maliyetli bataryaların kullanımı ile 2025 yılına kadar kullanımının giderek yaygınlaşması beklenmektedir. Ayrıca düşük maliyetli ve güvenilir yakıt pili EA’larında orta ve uzun sürede otomotiv sektöründe yerini alması beklenmektedir. Günümüzde öne çıkan tümü EA (TEA) veya batarya beslemeli EA , HEA ve yakıt pilli EA (YPEA) karşılaştırması Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. TEA, HEA ve YPEA karşılaştırması.

	TEA	HEA	YPEA
Tahrik	Elektrik motoru	Elektrik motoru ve İYM	Elektrik motoru
Enerji depolama	Batarya süperkondansatör	Batarya ve fosil yakıtlar	Hidrojen tankı
Enerji kaynağı	Elektrik şebekesi	Benzin istasyonları ve (PHEA için elektrik şebekesi	Hidrojen istasyonu
Özellikleri	Sıfır emisyon Yüksek verim Fosil yakıt bağımlılığı yok Kısa menzil Maliyeti yüksek Ticari halde	Düşük emisyon Yakıt ekonomisi Uzun menzil Fosil yakıt bağımlı İYM’den yüksek maliyetli Ticari halde	Sıfır emisyon Yüksek verim Fosil yakıt bağımlılığı yok Yüksek maliyet Geliştirme aşamasında
Önemli konular	Batarya ölçüleri ve maliyeti Şarj istasyonlarının durumu Maliyet Batarya ömrü kısa	Batarya ölçüleri ve maliyeti Farklı enerji kaynaklarının maliyeti, optimizasyonu ve yönetimi	Yakıt pili maliyeti, ömrü ve güvenilirliği Hidrojen üretimi de dağıtım alt yapısı Maliyet

HEA geliştirilmesinin temel nedenlerinden bir de tümü EA'ların yüksek şarj olma süreleri ve sınırlı bir menzile sahip olmalarıdır. HEA'ların geleneksel araçlara göre üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

- Geri kazanımlı frenleme ile enerji kaybını azaltarak yüksek verim sağlar.
- İYM maksimum yüke göre değil ortalama yüke göre boyutlandırıldığı için motor ağırlığı azalmaktadır.
- Yakıt verimi yüksektir.
- Düşük emisyon sağlar.
- Araç durduğunda İYM durduğu için gürültü yapmaz ve boşa çalışma kayıpları düşüktür.

HEA teknolojilerinde beklenen önemli gelişmeler aşağıda sıralanmaktadır.

- Daha küçük, güvenilir ve düşük maliyetli elektrik motor /jeneratörlerin geliştirilmesi,
- Daha yüksek enerji ve güç yoğunluğuna sahip, uzun ömürlü, güvenilir ve düşük maliyetli batarya ve enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesi,
- İçten yanmalı motorların boyut ve ağırlığının azaltılması,
- Enerji dönüşüm sistemlerinin en önemli kısmı olan güç elektroniği dönüştürücülerinde beklenen gelişmeler.

HEA teknolojileri fonksiyonellikleri bakımından, mikro HEA (Micro HEV), hafif HEA (mild HEV), tam HEA (full HEV), şebekeye bağlanabilen HEA (plug in HEV) olmak üzere dört farklı biçimde değerlendirilmektedir. Bu sınıflamada, İYM ve elektrik motoru güçlerinin birbirine oranına bakılmaktadır.

3. HEA'daki Enerji Depolama Teknolojileri

Yüksek güçlü batarya teknolojileri, HEA'larda uygulanan en önemli enerji depolamama donanımdır. Yakın bir gelecekte ümit vaat eden diğer teknolojiler ise ultra kapasitörler ve volan (flywheel: düzen teker) uygulamalarıdır. Yüksek güçlü batarya uygulamalarında HEA'nın yüksek güç gereksinimlerine cevap verebilecek olan Nikel Metal Hidrit (NiMH) batarya ve Lityum İyon (LiIon) batarya teknolojileridir. NiMH bataryalar günümüzde elektrikli araçlarda, bilgisayarlarda, medikal cihazlarda ve diğer bazı uygulamalarda kullanılmakta ve kullanılan potasyum hidroksit çözeltisinin iyi iyonik iletkenliği neticesinde oldukça iyi bir güç kabiliyetine sahiptir. Tüm bileşenleri geri dönüştürülebilir NiMH batarya teknolojisinde ileriye dönük en önemli engeller ise yüksek maliyetler, hidrojen kaybının kontrol gereksinimi ve düşük hücre verimidir. LiIon bataryalar ise yüksek güç sağlayabilen oldukça yüksek enerji yoğunluğu sunmaktadır.

HEA için enerji depolamama teknolojilerindeki en önemli teknik parametreler ise, güvenlik, enerji yoğunluğu, güç yoğunluğu, belirli güç ve belirli enerji, maliyet, ısı yönetim, ömür ve geri kazanım olarak sıralanmaktadır. Bu kapsamda HEA kullanılacak enerji depolama donanımlarındaki önemli gereksinimleri ise 20W/Wh üzerinde güç / enerji yoğunluğu oranı, 10 yıl üzerinde ömür ve en az 120.000 çevrim olarak özetlenebilir [3].

Elektriksel enerji depolama birimlerinin boyutlandırılmasında uygun sürme çevrimleri için belirli hızlanma performansı sağlamak üzere araç için gerekli tepe gücü (kWp) ve enerjisi (kWh) depolayabilmesi gibi özelliklere dikkat edilmektedir. Tasarımlarda bu tip araçların tümü elektrikli durumda gerçek çalışma koşullarında gerekli menzil gereksinimlerini sağlaması için gereken enerjisi depolaması düşünülmektedir. Ayrıca, enerji depolama birimi uygun çevrim sayısı (şarj deşarj sayısı) ve ömrü sağlayabilmelidir. Bu gereksinimler aracın aktarma organlarının tasarımına bağlı olduğu kadar enerji depolama biriminin yetenekleri ile de ilişkilidir.

4. Fotovoltaik Batarya Şarj Sistemi

HEA enerji kaynağı olarak önerilen fotovoltaik batarya şarj sistemi 190 W monokristal fotovoltaik güneş paneli, 160 Ah jel tipi tam bakımsız akü gurubu, şarj regülatörü ve enerji izleme sisteminden oluşmaktadır. Ayrıca sistemde 600 Wlık bir rüzgar türbini de bulunmaktadır. Ancak bölgenin rüzgar potansiyeli yeterli olmadığından rüzgar enerjisiyle ilgili dikkate değer bir veri alınamamıştır. Tablo 2'de kullanılan fotovoltaik panelin teknik özellikleri verilmektedir.

Tablo 2. Fotovoltaik panel teknik özellikleri.

Nominal Güç (W)	190
Hücre Cinsi	Monokristal
Hücre Sayısı	72 (6x12)
Hücre Verimi	%18
Modül Ebatları (mm)	1580x808x46
Yüzey Yük Kapasitesi (rüzgâr ve kar)	60 m/s – 200 kg/m ²
Ağırlık (kg)	16
Çıkış Toleransı	± %5
Çerçeve	Alüminyum
Maksimum Güç Gerilimi (V)	37,08
Maksimum Güç Akımı (A)	5,12
Açık Devre Gerilimi (V)	44,48
Açık Devre Akımı (A)	5,54
Maksimum Sistem Gerilimi (V)	1000
Sıcaklık Aralığı	-40 °C / +85 °C

Yapılan çalışmada, Kocaeli'de 1 m² yüzey alanına sahip bir güneş panelinden günlük olarak bataryalarda 400 Wh enerji depolanabileceğini sonucu elde

edilmiştir. Bazı çok güneşli günlerde depolanan enerji 600 Wh değerine kadar yüksek olabilmektedir. 25 Ekim 2010 tarihinde sabah saat 08:00 ile 17:00 arasında hava çok güneşli olduğu için 585,03 Wh enerji depolanabilmektedir.

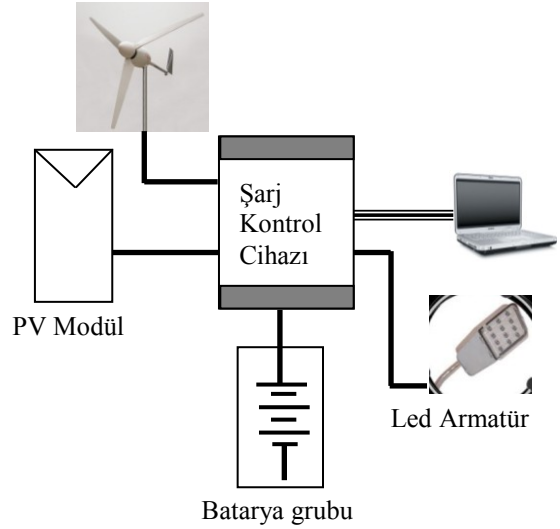
Günlük ve mevsimsel değişiklikleri mümkün olduğunca en aza indirmek amacıyla, şarj sisteminin potansiyelinin tespit edilmesi ve HEA için güneş enerjisinin kullanılabilirliğini bulmak için ölçümler 5 aylık bir zaman diliminde yeterli kabul edilerek alınmıştır. Fotovoltaik batarya şarj sistemi, güneş panelinden alınan elektrik enerjisini bataryalarda depo edilebilir bir şekilde kurulumdur. Daha büyük miktarlarda enerji elde etmek için güneş panellerinin yüzey alanı ve sayısı artırılabilir. Bu çalışmanın sonuçları bir sonraki proje olan elektrikli araçların bataryalarını şarj etmek için bölgede bir şarj istasyonunun kurulmasına bir temel oluşturacaktır. Fotovoltaik güneş panelleri ile üretilen enerji araç bataryalarına iki şekilde aktarılabilir:

- 1- Güneş enerjisinin kurulduğu yerde aracın bataryasını sisteme bağlamak.
- 2- Batarya değişimi yapmak. Bu sistemde değiştirilebilir bataryalar kullanılır.

Eğer birinci sistem kullanılırsa araç nerede park edilmişse güneş enerjisi orada mevcut olmalıdır. Böylece elde edilen tüm güneş enerjisi araç park halindeyken verilebilecektir. Bu nedenle güneş enerjili şarj sistemlerinin park yerlerinde ya da araç gün boyu nerede bulunuyorsa oraya kurulması gerekmektedir. İkinci sistem kullanılırsa bataryalar evlere kurulan güneş enerjili sistemleri ile şarj edilebilir. Böylece araç bir önceki günde depolanan güneş enerjisini kullanacaktır. Batarya değişimi ayrıca gece olduğu takdirde rüzgâr enerjisinden de yararlanmayı sağlayacaktır. İşe gidilmeden önce aracın boşalmış bataryası hazır olan batarya ile değiştirilerek bir sonraki gün için enerji depolanması sağlanacaktır. Bu işlem bir döngü halinde sürecektir.

Güneşli olmayan hava koşullarında bataryada depolanan enerjinin düşük seviyelerde olacağı göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu durumlarda araç içten yanmalı motorunu kullanacaktır. Bulutlu hava koşullarında rüzgâr enerjisinin kullanılması batarya şarjında büyük bir ilave etkisi olacaktır.

Fotovoltaik batarya şarj sistemi blok diyagramı Şekil 4'de görülmektedir. Fotovoltaik elektrik üretim sistemi, güneş enerjisinden elektrik üretimi sağlayan fotovoltaik panel, şarj kontrol ünitesi, enerji depolama için batarya grubu, üretilen ve bataryada depolanan elektrik enerjisinin harcanması için gece saatlerinde çalıştırılan led aydınlatma armatürü ve tüm verileri kayıt altına alan diz üstü bilgisayardan oluşmaktadır.



Şekil 4. Fotovoltaik batarya şarj sistemi blok diyagramı.

Fotovoltaik enerji depolama sistemi fotoğrafı Şekil 5 de görülmektedir. Şekil 6 da ise fotovoltaik enerji depolama sistemi, şarj kontrol cihazı, akü grubu ve enerji kayıt sisteminin yer aldığı panelin iç fotoğrafı görülmektedir. Enerji kayıt sisteminden alınan veriler ile oluşturulan ortalama günlük depolanan güneş enerjisi değişimi Şekil 7'de gösterilmektedir.

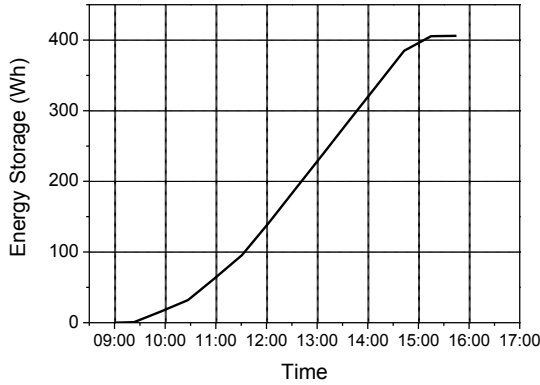


Şekil 5. Fotovoltaik enerji depolama sistemi fotoğrafı.

Ortalama bir aracın, günde yaklaşık 32 km hareket edebilmesi için gerekli enerji yaklaşık 5200 Wh olduğu kabul edilmektedir. Kocaeli bölgesinde bir evin çatısına yerleştirilecek 13 adet 1 m² ölçülerinde fotovoltaik panel grubunun (toplam 2470W) güneş enerjisinden elde edilecek enerji ile evin hibrit aracının günde 32 km gitmesini sağlayacak enerjiyi depolaması mümkün görülmektedir.



Şekil 6. Fotovoltaik enerji depolama sistemi, şarj kontrol cihazı, akü gurubu ve enerji kayıt sistemi fotoğrafı.



Şekil 7. Ortalama günlük depolanan güneş enerjisi değişimi.

5. Sonuçlar

Petrol türevi fosil yakıtların yüksek enerji yoğunluğu (6 kWh/l) ve düşük maliyetleri nedeniyle İYM'lar araç tahrik sistemlerinde temel güç kaynağı olarak tercih edilmektedir. İYM ile %30 düzeyinde bir verim ile yakıt tankından tekerleklerle aktarılan güçle kabul edilebilir bir menzil ve performans elde edilmektedir. Bununla birlikte fosil yakıtların yanmasıyla ortaya çıkan çevresel endişeler ve artan yakıt fiyatları, daha yüksek verimli ve çevreye daha az zarar veren araçların geliştirilmesini zorlamaktadır. Tahrik sistemlerinin elektrikle çalıştırılması fikri kısa vadede yakıt tüketimini azaltmanın çözümü olarak görülmektedir.

Fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olmasına rağmen fosil yakıtlara olan talep her geçen gün daha da artmaktadır. Son yıllarda otomotiv sektöründeki yakıt tüketimi diğer sektörlerle göre daha hızlı artmıştır. Bu artışın en önemli nedeni geleneksel İYM ile tahrik edilen araçların giderek artan kullanımınıdır. Bunun neticesinde sera etkisi gibi araç emisyonlarından kaynaklanan çevresel problemler de artmaktadır. Günümüzde HEA'lar diğer araçlara göre enerji verimliliğini artırdığı için oldukça önem kazanmıştır. Bu çalışmada, HEA hakkında genel bilgiler verildikten sonra günümüz araçlarına alternatif olarak gündeme gelen araç teknolojileri tanıtılmakta, HEA'daki modern enerji depolama teknolojileri anlatılmakta ve bu konuda Kocaeli Üniversitesi'nde gerçekleştirilen HEA için Fotovoltaik Batarya Şarj Sistemi ile ilgili deneysel çalışmalar ve sonuçları hakkında bilgiler verilmektedir.

Sonuç olarak, Kocaeli bölgesinde bulunan bir evin çatısına yerleştirilecek yaklaşık 13 m² ölçülerinde ve 2470 W gücündeki fotovoltaik panel grubunun güneşli bir günde üreteceği elektrik enerjisinin depolanmasıyla, bir HEA'nın günlük 32 km hareket edebilmesi için gereken 5200 Wh enerji sağlanabilmektedir. Ancak bu değerlerin güneşlenme durumu ve hava sıcaklığına bağlı olarak değişiklik göstermesi oldukça normaldir. Ayrıca bölgeye bağlı olarak küçük güçlü bir rüzgar türbininin de sisteme ilave ile bu gereksinimlerin oldukça kısa sürede sağlanması ve araç menzilin yüksek değerlere çıkması da mümkün görülmektedir.

6. Teşekkür

Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından 2010/044 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

7. Referanslar

1. C. C. Chan, Alain Bouscayrol, Keyu Chen, "Electric, Hybrid, and Fuel-Cell Vehicles: Architectures and Modeling" IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 59, NO. 2, pp. 589-598, 2010.
2. N., Ünlü, vd. "Elektrikli Araçlar" TÜBİTAK MAM, Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Kocaeli, 2003.
3. R.A. Sutula, "Energy Storage Technologies for Hybrid Electric Vehicles" report.
4. A. Emadi, J.L. Young K. Rajashekar, "Power Electronics and Motor Drives in Electric, Hybrid Electric, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles" IEEE Transaction on Industrial Electronics Vol. 55, Issue 6, Page(s):2237 – 2245, June 2008.
5. S. M. Lukic, J. Cao. R.C. Bansal, F. Rodriguez, A. Emadi, "Energy Storage Systems for Automotive Applications" IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 55, pp 2258-2267, 2008.