

YEŞİL BİR AVM İÇİN PV VE YAKIT PİLİ KOMBİNE SİSTEMLE ELEKTRİK ÜRETİMİ*

Fosil yakıtların tükeniyor olmasının getirdiği sürekli fiyat artışları, yenilenebilir enerji kaynaklarını popüler hale getirmiştir. Dolayısıyla, güneş pilleri ve hidrojen enerjisiyle çalışan yakıt pillerinin önemi artmıştır. Fotovoltaik (PV) sistemlerin hızla yaygınlaşmasına karşın kullanımlarındaki en önemli sınırlamalardan biri üretilen elektrik enerjisinin düzenli olmayışıdır. Güneş enerjisi potansiyelinin düşük olduğu bölgelerde sadece yaz mevsimlerinde ve güneşli saatlerde kullanılabilirdiğinden dolayı bu sistem yeterli değildir. Yakıt pilleri yüksek verimli enerji sistemlerinin kurulabilmesine imkân sağladıkları için tercih edilir. Bu çalışmada güneş enerjisi ve yakıt pilli birleşik sistemi (PV-FC) kullanılarak YEŞİL AVM tasarlanmıştır.

1. GİRİŞ

Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjiler çok çeşitlidir ve değişik alanlarda kullanılmaktadır. Bu tür enerjilerin kullanılması, diğer enerji türlerine göre çevreyi çok daha az kirlettiği ve sınırlı kaynaklara olan ihtiyacı azalttığı için çok çevresel bir yaklaşım olmaktadır. Küresel ve bölgesel boyutta önemli enerji tüketim payına sahip olan, dolayısıyla enerji kullanımından kaynaklanan sorunların ortaya çıkmasından da sorumlu olan yapılarda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının

Zehra Hasılıcı¹, Hasine Çetin²

çevresel ve ekonomik açıdan yararlar sağlayacağı açıktır. Türkiye'nin taraf olduğu 1994 yılında "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi", 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü, "Enerji Verimliliği Yasası" ve "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" gereği her alanda olduğu gibi yapılarda da enerji etkinliğini sağlamak gerekmektedir. Özellikle yapı yaşam döngüsünün kullanım aşamasında yapı içi konfor koşullarını sağlamak için çok enerji tüketilmektedir. Bu enerji miktarının mümkün olduğu kadar azaltılması kadar yenilenebilir

* Bu proje 2011 Mayıs ayında Makina Mühendisleri Odası Eskişehir Şubesinin düzenlediği 'V.Geleceğin Mühendisleri Tasarlıyor Proje Yarışması'nda birincilik ödülü almıştır.

¹ Makine Mühendisi, İTÜ Konstrüksiyon Yüksek Lisans Programı Öğrencisi - zehrahasilici@gmail.com

² Makina Mühendisi - hasine_cetin@hotmail.com

kaynaklardan elde edilmesi de yapılara enerji etkinliği ve ekolojik özellik sağ-layan etkili yöntemlerden biridir.

Yenilenebilir enerji türlerinden yapı-larda kullanılacak en uygunu güneş enerjisi görülmektedir. Ancak doğası gereği güneş enerjisinden her zaman aynı miktarda ve düzenli elektrik ener-jisi elde etmek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle güneş enerjisinden ihtiyaç-tan daha fazla enerji elde edilmesi dur-umunda bu enerjinin hidrojen üretmek üzere suyun elektrolizinde kullanılması ve daha sonra elde edilen yüksek saf-lıktaki hidrojenin verimli bir şekilde çevreye zarar vermeden yakıt hücreleri aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştü-rülmesi geçerli bir çözüm olabilecektir [1].

Yakıt pili ve güneş enerjisi sistemle-rinin, kojenerasyon sistemleri olarak birleştirilmesiyle bir bölgede cazibeli üretim teknolojisi olanağı doğmaktadır. Yakıt pilleri yüksek verim sağlarlar, minimum çevre etkisi ve boyut olarak geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Binalarda yakıt pilli kojenerasyon sis-temlerinin tatbiki, bina düzenlemelerine uygun olarak, ekonomik yararlılığının değerlendirilmesi, bölgesel faydanın belirlenmesi gibi bir takım çalışma stra-tejilerinin seçimini zorunlu kılar.

Ticari ve evsel uygulamalar için eko-nomik analizler, başlangıç maliyet-leri 1000 – 1500 \$ aralığına kadar düşürülürse, yakıt pilli kojenerasyon sistemlerinin ekonomik açıdan cazibeli olduğunu gösterir. Son maliyet projeksiyonları, fosforik asitli yakıt pili tekno-lojisinde sağlanan gelişmeler sayesinde bu rakamlara kadar inilebileceğini gös-termektedir [2].

Yapılarda kullanım aşamasında ısınma, soğutma, havalandırma, doğal aydın-latma gibi konfor koşullarının sağlan-masında önemli miktarlarda enerji tü-ketilmektedir. Bu tüketimin mümkün olduğunca yenilenebilir enerjilerle sağ-lanması, sınırlı ve kirlenici enerji enerjiler-in kullanımını azaltacak, birçok çev-

resel ve ekonomik yarar sağlayacaktır. Ancak yenilenebilir enerji kaynakla-rının yapılarda kullanılmasının yay-gınlaşması için yönetimler tarafından gerekli yasaların ve düzenlemelerin hazırlanması, bunların uygulanmaları için de yaptırımların ve teşviklerin olması gerekli ve önemli görülmektedir [3].

Yapılan projede yakıt pili güneş ener-jisi bütünleşik sistemi olan FC-PV hibrit sistemli bir AVM tasarlanmıştır. Kombine ısı ve güç sistemlerinin çalış-ma mekanizması ve önerilen sistemin bileşenleri verilmiştir. Yapılan projede bir alışveriş merkezinin elektrik ve do-ğalgaz faturalarından hareketle, Yeşil AVM için hesaplamalar yapılmıştır. Tasarlanan YEŞİL AVM için mevcut ve önerilen sistemler karşılaştırılarak uygulanabilirlik son bölümde vurgu-lanmıştır.

2. YEŞİL AVM'NİN SİSTEM TASARIMI

Mevcut alışveriş merkezinden alınan elektrik ve doğalgaz faturaları, projenin ilk aşamasında yol gösterici olmuştur. Buna göre 11.500 m² kapalı alan için Tablo 1'de gösterilen veriler göz önüne alınarak tasarımı yapılan YEŞİL AVM için gerekli elektrik ve doğalgaz tüketimi Excel'de hesaplanmıştır.

Aylık ortalama 728.820,4063 kWh'lik bir enerji harcanmaktadır. Nisan ayının TEDAŞ verileri göz önüne alınarak birim maliyet 0,31 TL/KWh dir. Birim

Tablo 1. Ticari Fosforik Asit Yakıt Pili Karakteristikleri [4]

Kapasite, kWe	400
Boyut, m ² /kWe	5,5
Elektriksel Verimi	% 42
Elektriksel Verimi - %50 Yükte	%42
Toplam Verim	%90
Toplam Isıl Kapasite, kWt	500
CO ₂ emisyonu	508 kg/MWh
CO Emisyonu	0.004 kg/MWh
NO _x Emisyonu	0.026 kg/MWh

maliyet olarak belirlediğimiz bu değer, AVM'nin en işlek olduğu saatleri kapsayan puant tarifesindeki fiyattır.

Mevcut AVM'de elektrik ve doğalgaz maliyetleri aşağıda verilmiştir.

- Ortalama Aylık Elektrik Masrafı: 225.934,3259 TL
- m² ye Düşen Toplam Aylık Ortalama Elektrik Masrafı: 22,59343259 TL/m²
- Ortalama Aylık Doğalgaz Masrafı: 450.000 TL
- m² ye Düşen Toplam Aylık Ortalama Elektrik Masrafı: 45 TL/m²

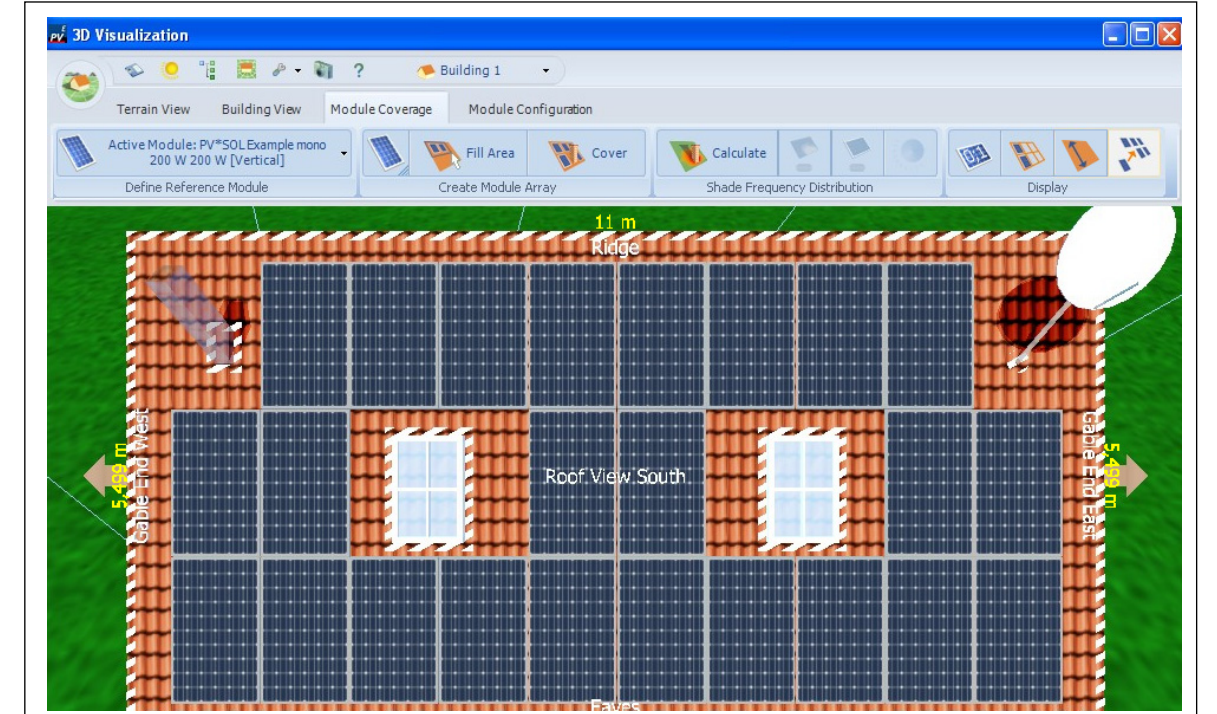
Valentin Energy Software'den standart boyutlar ile 11x5.5 m çatı boyutlarına sahip çatı üzerine yerleştirilecek güneş panellerinin verimleri, amorti süreleri ve çeşitli çıktıları Şekil 1 ve 2'de gösterilmiştir. Buradan ele alınan verilerle yerleştirilen güneş paneli sayısı hesaplanmıştır.

Tasarlanan alışveriş merkezinde 10.000 m² kapalı alan için 1. katededeki alan 8.027,904 m² iken, 2. katededeki alan 10.693,05 m²'dir. Böylece yerleştire-bileceğimiz maksimum toplam güneş paneli alanı 18.720,95 m² olmaktadır. Tasarlanan binanın baca açıklığı ve havalandırma boşluğu için %4'lük alan çıkarılarak 17.920 m²'lik alan güneş paneli yerleştirmek için kullanılmıştır.

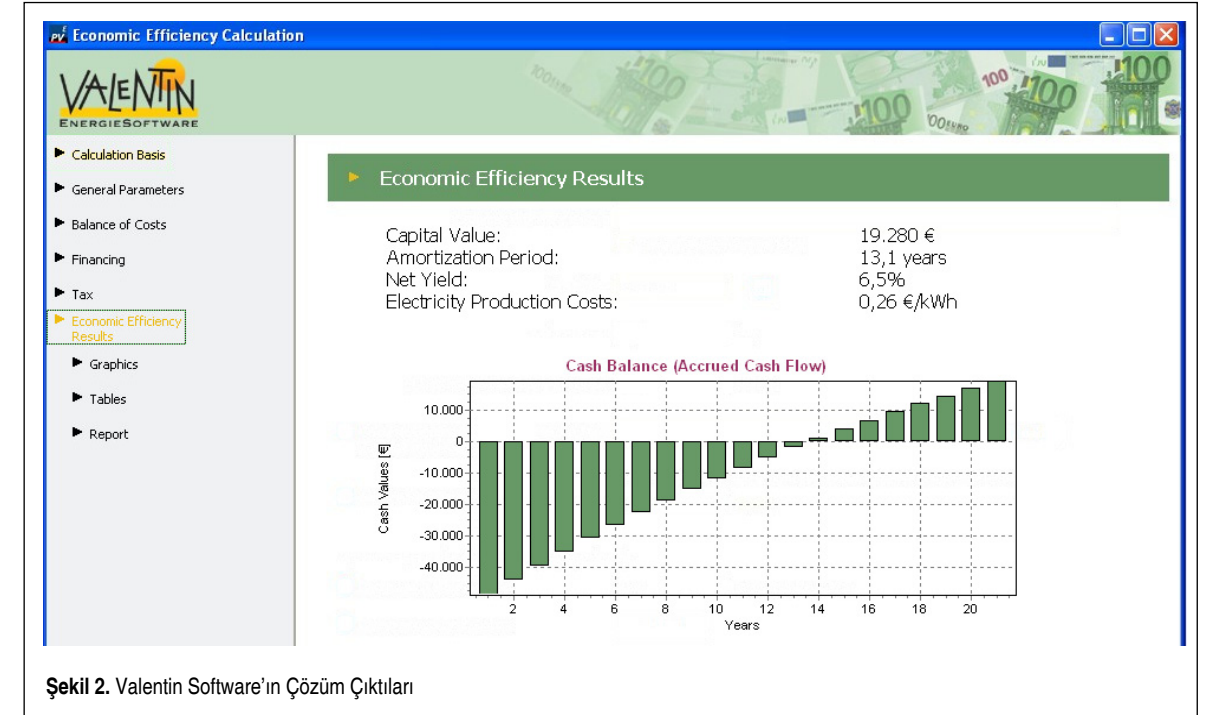
Bir güneş panelinde eni 0.8 m, boyu 1.6 m olmak üzere alanı 1.28 m² belirlenmiştir. Böylece 17.920 m² alan için 14.000 adet güneş paneli yerleştirilmiştir. Yapılan piyasa araştırması sonucunda güneş panelleri için

- Güneş panelinin satın alma maliyeti: 7.000.000 TL

İkinci kademeye konulan güneş panelleri yerleştirilen direkler sayesinde yükünün büyük bölümünü binaya vermemektedir (Şekil 3). Birinci kademede bulunan güneş panelleri binaya ilave 8.027,904 kg yük getirir ki bu değer m² başına 8.7 kg'dır. Bina bu ilave yükü rahatlıkla taşıyabilir.



Şekil 1. Valentin Energy Software'den Bir Görünüş



Şekil 2. Valentin Software'in Çözüm Çıktıları

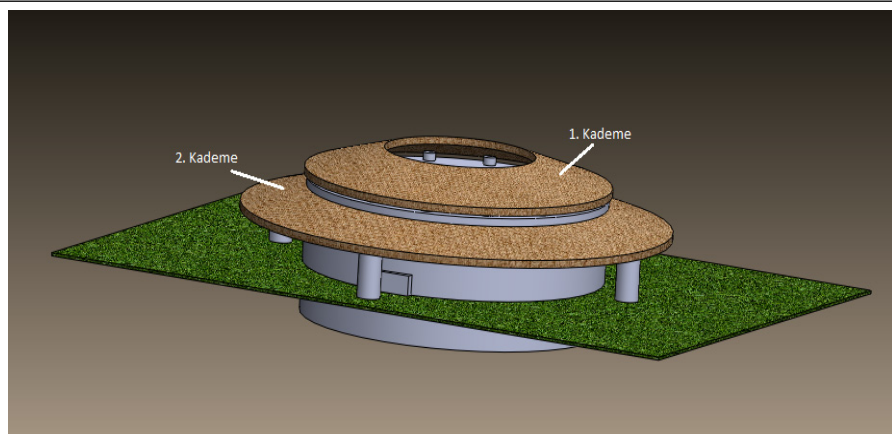
Bu proje için güneş paneli sisteminden düzenli olarak enerji elde edilemediğinden yakıt pili sistemiyle desteklenmiştir. Yakıt pili çeşidi olarak fosforik asit yakıt pili kullanılmıştır. Fosforik asit yakıt pili 200 °C çalışma sıcaklığında

% 40 – 50 verimde çalışır. Kojenerasyon sistemiyle bütünleştirilmiş kombine ısı güç sistemleriyle bu verim %90'a ulaşmaktadır [4].

Aylık ortalama 728.820,4063 kWh elektrik tüketimi ele alındığında yıllık

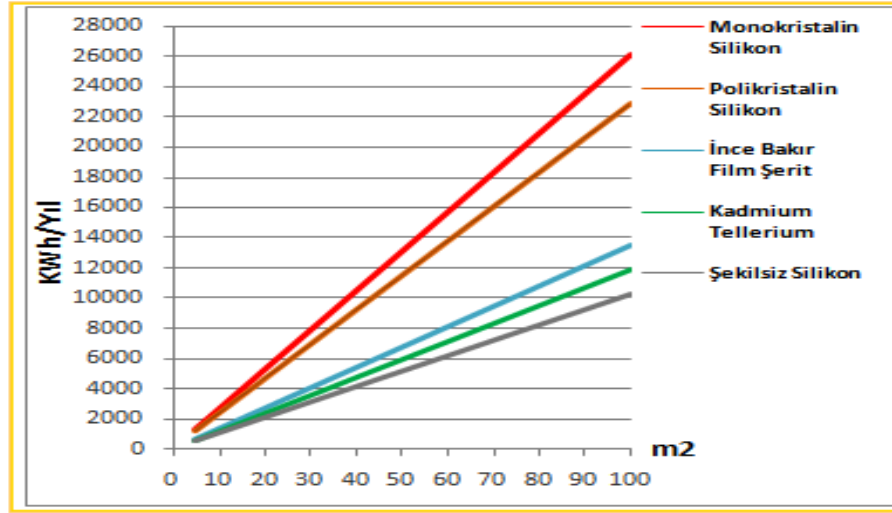
8.745.844,876 kWh elektrik gerekmektedir. Şekil 4'te görüldüğü gibi Adana ili için fotovoltaik güneş paneli ile 100 m²'lik alanda 26000 kWh/yıl enerji üretilebilir [5] (Şekil 4).

Bu bilgiye göre 17.920 m²'lik yüzey

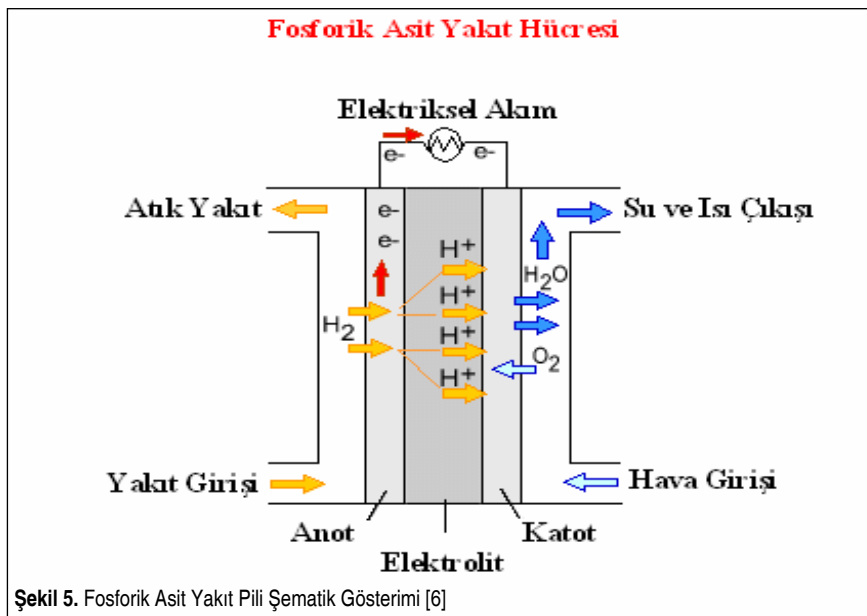


Şekil 3. Tasarlanan Yeşil AVM

ADANA PV Tipi-Alan-Üretililecek Enerji (KWh-Yıl)



Şekil 4. Adana ili için m² Başına Güneşten Kazanılan Yıllık kWh [5]



Şekil 5. Fosforik Asit Yakıt Pili Şematik Gösterimi [6]

alanına sahip çatıya konulan güneş panellerinden 4.659.200 kWh enerji üretilir. Bu üretilen enerjiden elektroliz yoluyla hidrojen elde edilir. Gerekli enerji sağlanmadığından yakıt piliyle bütünlük bir sistem tasarımı düşünülmüştür. 400 kWe kapasiteli iki adet fosforik asit yakıt pili kullanılacaktır.

Fosforik Asit Tipi Yakıt Pilleri (PAFC):

Bu tip yakıt pillerinde anotta: $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

Katotta: $\frac{1}{2} O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$

Bütün reaksiyon: $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O + \text{elektrik enerjisi} + \text{ısı}$.

Fosforik asit yakıt pilleri %40'lara varan elektriksel verim değerlerine sahiptir. Toplam verim değeri ise kojenerasyon uygulamalarında % 85'lere ulaşmaktadır. Sıcaklıkları 300 ile 400°C arasındadır. Düşük sıcaklıklarda fosforik asit zayıf iyon iletkenliği sağlar. Anottaki platinin elektro-katalitik yapısının CO zehirlenme riski de önemli bir problemidir. Yakıt pilini besleyen yakıtta %1,5 oranına kadar CO konsantrasyonuna müsaade edilebilmektedir. Bu yakıt pilinde elektrolit olarak ise sıvı fosforik asit matrisi kullanılır [6].

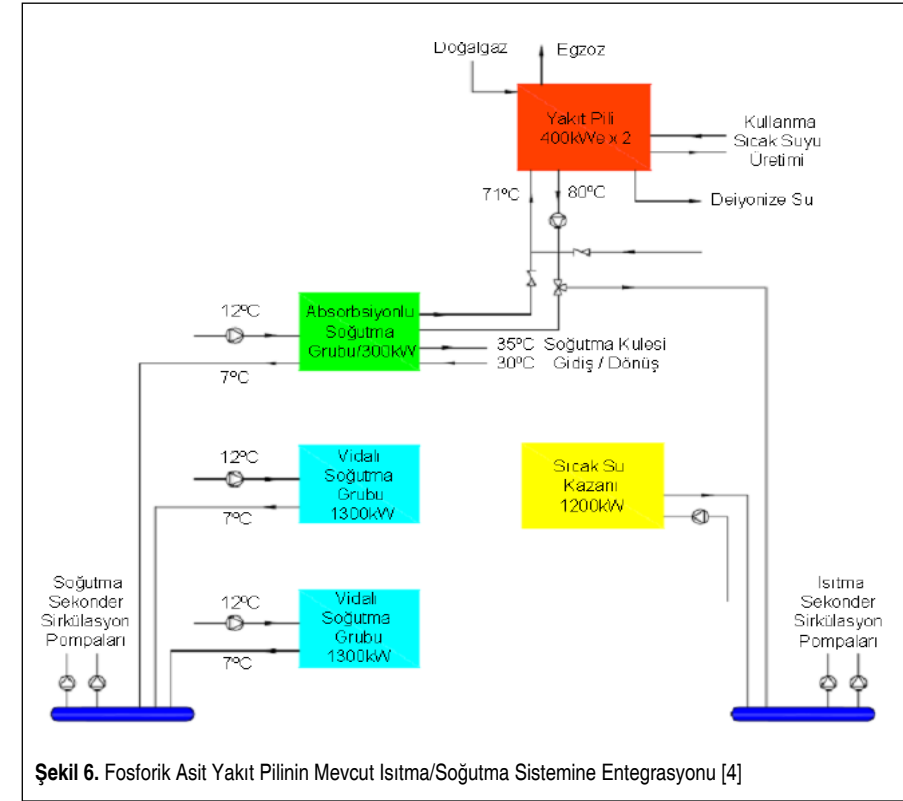
Diğer yakıt pillerine göre düşük akım ve güç üretimi söz konusudur. Büyük hacim ve ağırlık da diğer bir dezavantajdır. Buna rağmen bu teknoloji yeterince gelişmiştir. Çıkış güçleri genellikle 200 W ile 1 MW arasında değişmektedir [6].

Fosforik asit yakıt pilleri için mevcut koşullarda 4.000 TL/kWe'lik ön yatırım maliyeti öngörülmektedir. Sistem için hesaplandığında;

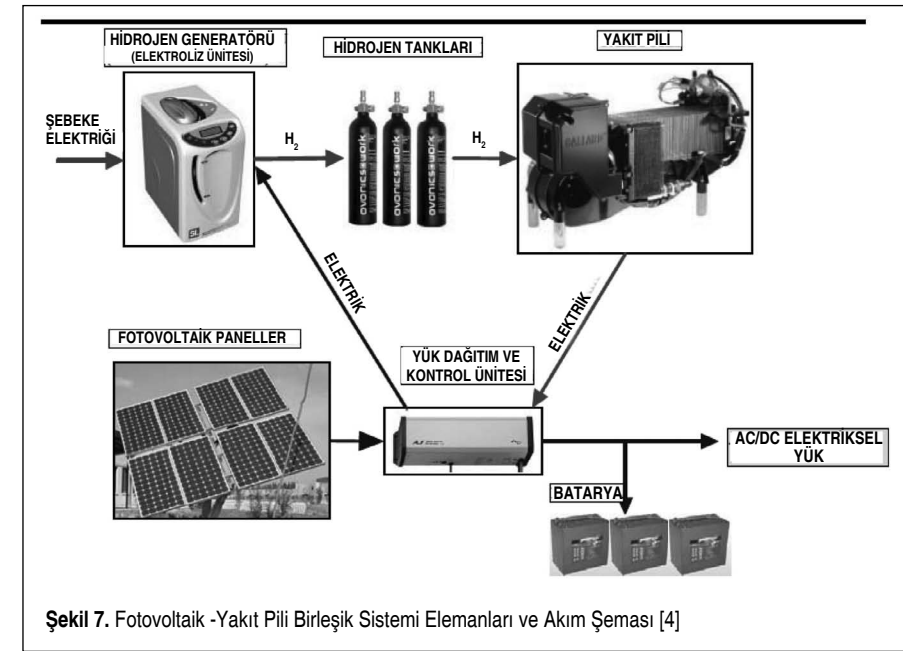
► 800 kWe'lik yakıt pili için ilk yatırım maliyeti = 3.200.000 TL

Fosforik asit yakıt pilleri için bakım maliyetleri ise 0,015 – 0,025\$/kWh düzeyindedir [4].

Bu değerlerin ortalaması olarak birim maliyet 0,02 \$/kWh alınmıştır.



Şekil 6. Fosforik Asit Yakıt Pili'nin Mevcut Isıtma/Soğutma Sistemine Entegrasyonu [4]



Şekil 7. Fotovoltaik -Yakıt Pili Birleşik Sistemi Elemanları ve Akım Şeması [4]

► Bakım Masrafı: 728.820,4063 x 0,02x1,52 = 22156,14035 TL

400kWe kapasitesindeki bir ticari fosforik asit yakıt pili 110°C dönüş suyu sıcaklığına göre 121°C'de 230kW, 27°C dönüş suyu sıcaklığına göre 60°C'de

270kW olmak üzere toplam 500kW ısı açığa çıkarabilir. Yüksek sıcaklık derecesindeki atık ısıdan yararlanılması durumunda tüm atık ısı 500kW olarak düşük sıcaklık derecesinde kullanılabilir. Yüksek sıcaklık

deresindeki atık ısının sıcak su tahrikli absorpsiyonlu soğutma grubunda kullanılmasıyla 80°C giriş 71°C dönüş suyu sıcaklığına göre yaklaşık 300kW soğutma yapılabilmektedir. Ancak absorpsiyonlu soğutma grubunun sisteme entegrasyonu ilave bir soğutma kulesinin de kullanımını gerektirmektedir. Kışın ise her iki fosforik asit pilinden elde edilecek 80°C'deki 460kW'lık atık ısı direkt olarak ısıtmada kullanılacaktır [4].

Yıllık CO₂ emisyonu miktarı ise 2.500.000 kg olarak bulunmuştur. Ancak burada belirtilmesi gereken önemli bir nokta mevcut binada merkezi bir kullanma suyu sistemi veya ihtiyacı olmadığından yakıt pilinin düşük sıcaklıktaki atık ısısından faydalanılamadığıdır. Yakıt pilinin düşük sıcaklıktaki atık ısısından tamamiyle faydalanılabildiği düşünülürse, 540kW atık ısıyla sürekli rejimde 45°C'de (10°C giriş su sıcaklığı kabulü ile) 1,8 l/s sıcak su üretilmektedir. Bu geliştirilmiş yaklaşımdan dolayı sıcak su üretiminin de konvansiyonel olarak yapıldığı durum ile yakıt pilli trijenerasyon sisteminin senelik maliyeti karşılaştırıldığında, yakıt pilli trijenerasyon sisteminin senelik maliyetinin %27, CO₂ emisyonunun ise yaklaşık %37 oranında daha az olduğu görülmektedir [4].

PV'de üretilen elektrik enerjisi hidrojen üreticisine verilir. Burada bulunan elektroliz ünitesinde deiyonize sudan üretilen hidrojen, tanklara gönderilir. Hidrojen tanklarında biriken hidrojen çalışma basıncına ulaştığında yakıt piline gönderilerek, elektrik enerjisi elde edilmesinde kullanılır (Şekil 7). Yakıt pili sisteminin verimli çalışabilmesi için soğutulması gerekir. Soğutmak için kullanılan su, dışarı atılmayıp kojenerasyon sisteminden elektrik ve ısı üretilir. Böylece % 40 olan sistem verimi % 80'lere çıkar.

PV modüller vasıtasıyla üretilen DC

elektriğin depolanması ve gerektiğinde AC elektriğe dönüşümü için sistemde 8 adet lityum iyon bataryalardan oluşan batarya bank (12V/65Ah) ve diğeri yedek olmak üzere 2 adet inverter kullanılmıştır.

2.1 Hidrojen Üretici ve Hidrojen Depolanması

Foto-Elektrokimyasal Yöntem

Güneş foton enerjisi kullanılarak sudan hidrojen üretimi amacıyla fotovoltaiik pillerle elektrik üretimi ve elektroliz, yarı iletken elektrodlu fotoelektrokimyasal piller, fotobiyolojik sistemler ve fotobozunum sistemleri gibi süreçler geliştirilmektedir. Bu sistemler için de verim düzeyi (şimdilik % 35 - 40) ticari elektrolize nazaran daha azdır.

Bu yöntemde hidrojen üretmek için iki elektrokimyasal sistem kullanılır. Bunlardan birisi katalizör olarak çözünebilir ve metal bileşiklerini kullanırken diğeri yarı iletken yüzeylerinden faydalanır. Çözünebilir metal bileşiğinin çözülmesi sırasında bileşik, güneş enerjisini soğurarak bir elektrik şarjı oluşturur ve su moleküllerinin parçalanmasını sağlar. Bu proses fotosentez olayını taklit etmektedir.

Diğer yöntemde ise yarı iletken elektrotlar bir fotokimyasal pil içerisinde optik enerjiyi kimyasal enerjiye çevirirler. Yarı iletken yüzeyi iki amaca birden hizmet eder, bir taraftan güneş enerjisini soğururken diğer taraftan elektrot olarak çalışır [7].

Hidrojenin Depolanması

Hidrojenin mevcut yöntemlerle sıvılaştırılması ısı değerinin % 30'una eşdeğer bir enerji gerektirmektedir. Ayrıca depolama, iletim ve kullanım sırasında meydana gelen "buharlaşma kaçakları" mevcut yanma enerjisinin % 40 kadarının kaybına yol açmaktadır. Buharlaşan hidrojenin yeniden sıvı faza dönüştürülmesi için çalışmalar yapılmaktadır [7].

Hidrojen petrole göre 4 kat fazla hacim kaplar. Hidrojenin kapladığı hacmi

küçültmek için hidrojeni sıvı halde depolamak gereklidir. Bunun için de yüksek basınç ve soğutma işlemine ihtiyaç bulunmaktadır. Sıvılaştırılmış hidrojen yüksek basınç altında çelik tüpler içinde depolanabilmektedir. Bu yöntem orta veya küçük ölçekte depolama için en çok kullanılan yöntemdir. Ancak büyük miktarlar için oldukça pahalı bir yöntemdir. Çünkü hidrojen enerjisinin yaklaşık ¼'ü sıvılaştırma işlemi için harcanmalıdır [7].

PV – FC AVM sisteminde hidrojen basınçlı gaz olarak yer altında depolanır. Böylece hidrojen kayıpları engellenir ve verim artar. 500 m2 kadar büyük bir depo yapılır. Depo yer altında olacağı için büyük olması görüntü kirliliğine neden olmayacaktır. Ayrıca fazla üretilen hidrojen depo edilebilecektir.

Ayrıca, yakıt zehirliliği, yanma ürünlerinin zehirliliği, difüzyon katsayısı, ateşleme enerjisi, patlama enerjisi, alev emisivitesi gibi faktörlere göre yapılan emniyet değerlendirmesi açısından, hidrojen en emniyetli yakıttır. Hidrojenin emniyet faktörü 1 iken, benzin 0.53 ve metan 0.80'dir. Kısacası benzin ve doğal gaz, hidrojene göre tehlikeli yakıtlardır. Hidrojenin benzin ve metana göre yanma tehlikesi daha azdır. Enerji açısından hidrojen;

ENERJİ

1 kg Hidrojen = 2.1 kg Doğalgaz = 2.8 kg Petrol [8]

Güneş enerjisini doğrudan elektrik

enerjisine çeviren güneş panelleri yardımıyla suyun elektrolizi ile hidrojen üretiminde 1m³ sudan yaklaşık 108 kg hidrojen elde edilmekte olup, bu da enerji olarak 420 lt. benzine eş değer bulunmaktadır [7].

- 1 kWh = 3.600 kJ
- 1 kg H₂ = 33,26 kWh = 119,600 kJ [7].
- 1 kWh elektrik enerjisi = 0,31 TL/kWh [10]

Yakıt Pili ve Enerji Yönetim Ünitesi

Metal hidrid tanklarda depolanan hidrojen, yakıt pilini çalıştırmada kullanılmaktadır. Şekil 6'da görülen yakıt pili PEM tipi olup 43 hücrelidir. Yüksüz halde her bir hücre 1 Volt, tam yükte 0.5 Volt gerilim üretir. Sistem çalışırken bütün hücreler ile ilgili parametreler haberleşme kartları ve yazılım sayesinde izlenir.

Üretilen enerjinin istenilen DC ya da AC elektrik yüklerini tahrik etmesi sistemde bulunan Enerji Yönetim Modülü tarafından sağlanmaktadır.

Prensip olarak bir yakıt pili batarya işlevi görür. Bir bataryadan farkı ise, gücünde zayıflama olmaması, şarj gerektirmemesi, sessiz ve verimli çalışmasıdır [8].

Elektronik Yük Ünitesi

Yük kapasitesi akım olarak maksimum 0-75 A, güç olarak 0-1500W arasındadır [11].

Yeşil AVM'nin Güneş-Hidrojen Hibrid Sistem Bileşenleri

- Fotovoltaiik paneller
- Doğalgazdan hidrojen üreten hidrojen jeneratörü
- Yakıt pili (elektrik, ısı, su açığa çıkarır)
- H₂ depolama tankı
- Batarya grubu
- Inverter (dönüştürücü)
- Sıcak su üreten ısı radyatörü
- Sıcak su depolama tankı [9]

Güneş-Hidrojen Evi Enerji Düzenegi

1. PV panellerle güneş enerjisinden elektrik üretilir.
2. Elektrolizörle H₂ ve O₂ üretilir.
3. Gazlar yer ve su ısınımı için depolama tankına alınır.
4. Kışın hidrojen, katalitik hidrojen yakıcısı (1.5 kW) ile alevsiz yakılarak havalandırma sistemindeki hava ısıtılır.
5. İlave elektriğe ihtiyaç varsa yakıt pili devreye girer.
6. Yakıt pilinde açığa çıkan ısının bir kısmı suyu ısıtmada da kullanılır.

Evin Mimari Özellikleri:

- Doğal havalandırma sistemi
- Gölgeleme
- Gün ışığı tekniği
- Yağmur suyu geri dönüşüm sistemi

3. SONUÇ

Bu çalışmada, yeşil alışveriş merkezi tasarlanmıştır. Elektrik ve ısınmasını fotovoltaiik ve yakıt pili birleşik sisteminden (PV-FC) karşılamaktadır. Yakıt pili olarak fosforik asit yakıt pili kullanılmıştır. Yakıt pili yakıt olarak doğalgaz kullanır. Bir alışveriş merkezinin

2008 yılı elektrik ve doğalgaz faturaları alınarak sistem bileşenlerine ait hesaplamalar yapılmıştır.

Yukarıdaki analizin sonuçları gelecek 10 yıllık perspektif içerisinde değerlendirildiğinde yakıt pillerinin ticari binalarda yaygın kullanımının, yüksek verimli yakıt pillerinin konvansiyonel sistemlere kıyasla daha rekabetçi fiyatlarla pazara girmelerine bağlı olduğu görülmektedir. Güneş enerjili yakıt pilli kojenerasyon sistemleri sürekli sıcak su veya ısı ihtiyacı olan yapılar için daha uygun olabilmektedir. Yakıt pilleri çevresel etkileri ve sera gazı emisyonları açısından konvansiyonel sistemlere kıyasla daha yüksek performanslı bir çözüm olsa bile son kullanıcının yakıt pili gibi alternatif teknolojilerin kullanımına yönelmesi için sadece piyasa koşullarının olgunlaşması veya ilgili teknolojinin ucuzlaması değil, bu konuda kamusal teşviklerin de yapılması gereklidir. Artık insanoğlu sistem veya ekipman maliyetlerini değil, yaşamı sürdürebilme maliyetini hesaplamak ya da başka bir deyişle CO₂ emisyonu ekonomisi yapmak durumundadır.

4. KAYNAKÇA

1. Akyaçın, L., Katyakoğlu, S. 2002. "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yakıt Hücreleriyle Eşanlı Kullanımı," IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul.
2. Öztıp, H., Çıtlak, A. 2004. "Yakıt Pili Kojenerasyon Sistemlerinin Evsel ve Ticari Binalarda Uygulamaları," Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 82, s. 39-48.
3. Ural, Z., Gençoğlu, M. 2009. "Yakıt Pillerinin Konutsal Uygulamalarda Kullanımı," V. YEKSEM Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 2009, Diyarbakır.

4. Başyazıcı, İ.U. 2010. "Yakıt Pili Teknolojisinin Ticari Binalarda Kullanılabilirliğinin Sürdürülebilirlik Perspektifiyle Değerlendirilmesi," 9. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
5. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, www.eie.gov.tr, son erişim tarihi 1 Ağustos 2012.
6. Kuyumcu, A. M. 2008. "Hidrojen Yakma Sistemi Dizaynı Yakıt Hücresi Dizayn ve Hesapları," Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
7. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, 2005. Hidrojen Teknolojileri ve Uygulamaları Araştırması, Sanayi Araştırma ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Yayın No: 154, Ankara.
8. Şenaktaş, B., Karabacak, R. 2003. "Hidrojen Enerjisi Üretimi ve Uygulamaları," Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği, 2005.
9. Tabakoğlu, Ö. 2007. "Hidrojen Enerjisi ve Hidrojenin Binalarda Kullanımı," Proje Mühendisi UNIDO-ICHET(Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü-Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi) Enerji-Ekoloji Paneli, Diyarbakır.
10. TEDAŞ, www.tedag.gov.tr, son erişim tarihi 1 Ağustos 2012.
11. Hilali, İ., Aktacir, M.A., Yeşilata, B. 2009. "Fotovoltaiik-Yakıt Pili Birleşik Sisteminin Deneysel İncelenmesi," V. YEKSEM Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 2009, Diyarbakır.



Şekil 8. Yeşil AVM'den Bir Görünüş