



**TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi
Enerji Enstitüsü**

**EVSEL MİKROKOJENERASYON UYGULAMALARI
İLE ENERJİ VERİMLİLİĞİN ARTTIRILMASI**

YAKIT PİLLİ MİKROKOJENERASYON SİSTEMİ

Murat BARANAK

10 Nisan 2009 Gebze/KOCAELİ

Sunum Planı

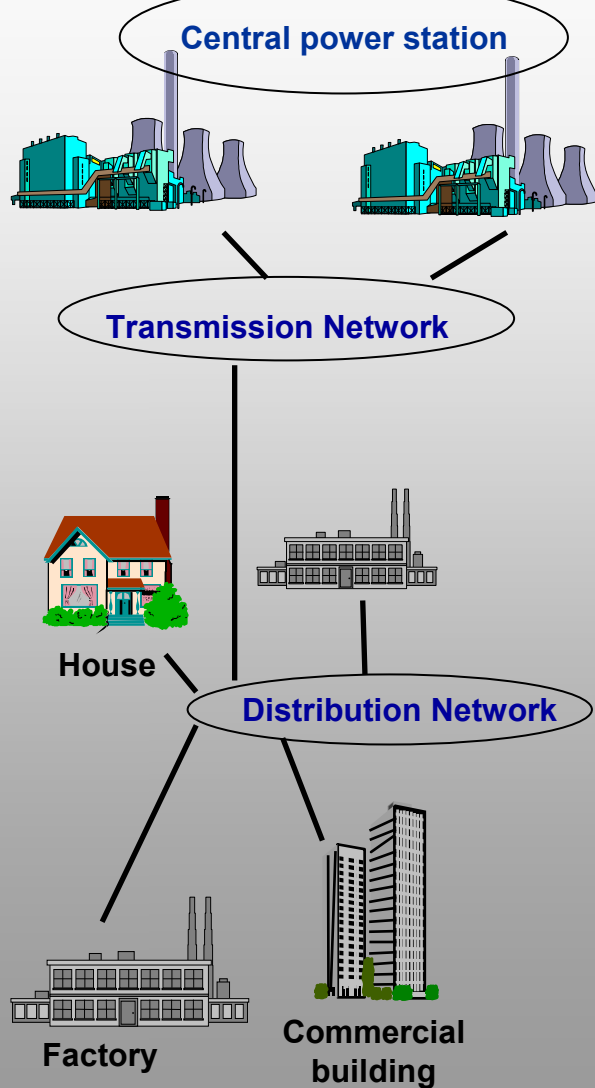
- ❖ **Türkiye'nin Enerji Kullanımı Değerlendirmesi**
- ❖ **Mikro Kojenerasyon Sistemleri**
- ❖ **Yakıt Pili Mikro Kojenerasyon Sistemi**
 - ❖ **Hidrojen Üretim Sistemi**
 - ❖ **Katalitik Yakıcı Sistemi**
 - ❖ **Yakıt Pili Sistemi**
 - ❖ **Kontrol ve Güç Koşullandırma Sistemi**
- ❖ **Sonuç**

Türkiye'nin Enerji Kullanımı Değerlendirmesi

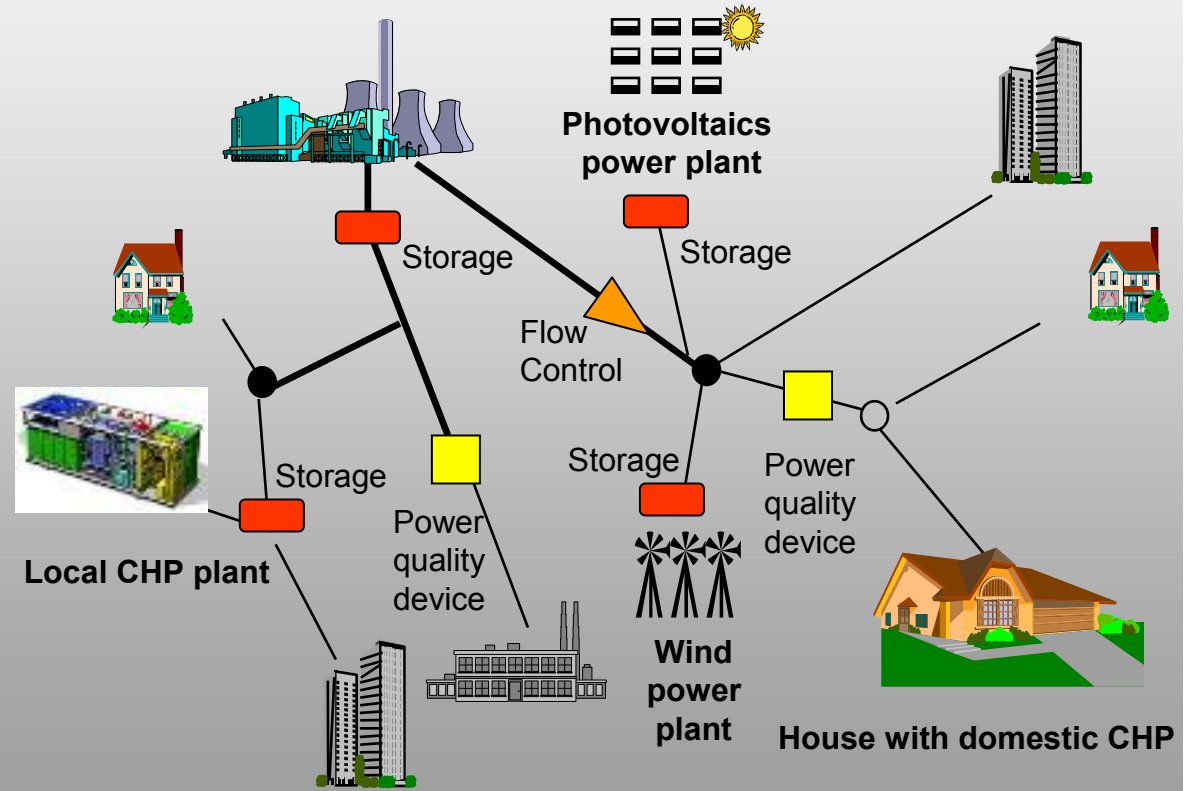
1. Ülkemiz; birincil enerji kaynaklarında yaklaşık **%73** oranında, enerji teknolojileri açısından da çok daha büyük oranda dışa bağımlıdır.
2. Diğer yandan 2030 yılına kadar :
 - Global **enerji ihtiyacının** yaklaşık **%60** oranında artacağı,
 - Petrol fiyatlarının değişken, ancak giderek artacağı,
 - Enerji yatırımları miktarının global düzeyde **12 trilyon Avro**; ulusal düzeyde ise **120 Milyar Avro** olacağı öngörülmektedir.
3. Bu yüzden, önümüzdeki dönemde, **özellikle iklim değişikliği ve küresel rekabet** nedenleri ile enerji teknolojileri alanında büyük bir değişim ve gelişim süreci yaşanacaktır.
4. Ancak, **endüstrimizin**;
 - gerek ulusal pazardan ve
 - gerekse global pazardanpay almada **teknolojik rekabet gücü** son derece sınırlı olduğundan, öngörülen **bu değişim** ülkemiz ekonomisi açısından **ciddi bir tehdittir.**
5. Tehdidi fırsata dönüştürebilmek için:
 - Kaynak çeşitliğinin sağlanması, öz kaynakların **minimum çevresel etki ve maksimum ekonomik fayda** yaratacak şekilde kullanılması,
 - Enerji **verimliliği ve katma değeri yüksek** teknolojik ürünlerin geliştirilmesi, ve böylece ulusal ve uluslar arası pazara sunulması hayati önem arz etmektedir.

Enerji Üretimi

Mevcut-Yaygın



Gelecek: Tamamen entegre ağ yönetimi ile dağıtılmış / yerel üretim



Yerel Üretim Sistemlerinin Konvansiyonel Sistemler ile Karşılaştırılması

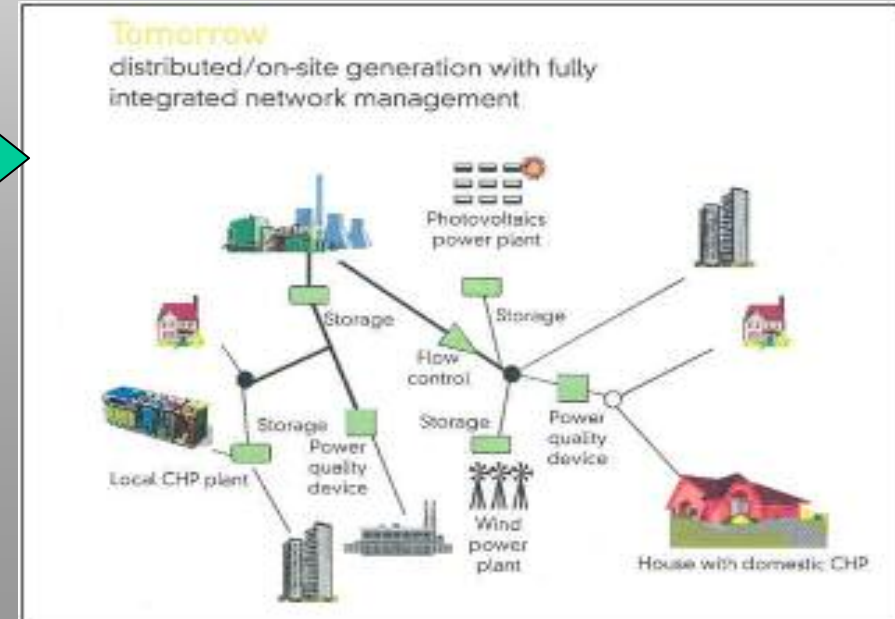
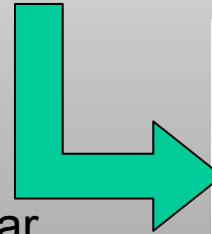


Avantajlar

- Kojenerasyon imkanı
- Daha yüksek enerji dönüşüm verimleri
- Güç iletim hatlarında düşük kayıplar
- Enerji üretiminde esneklik
- Yüksek güvenilirlik
- Düşük emisyonlar

Alternatif Teknolojiler

- İçten Yanmalı Motorlar
- Mikro Türbinler
- Stirling Makineleri
- Yakıt Pilleri

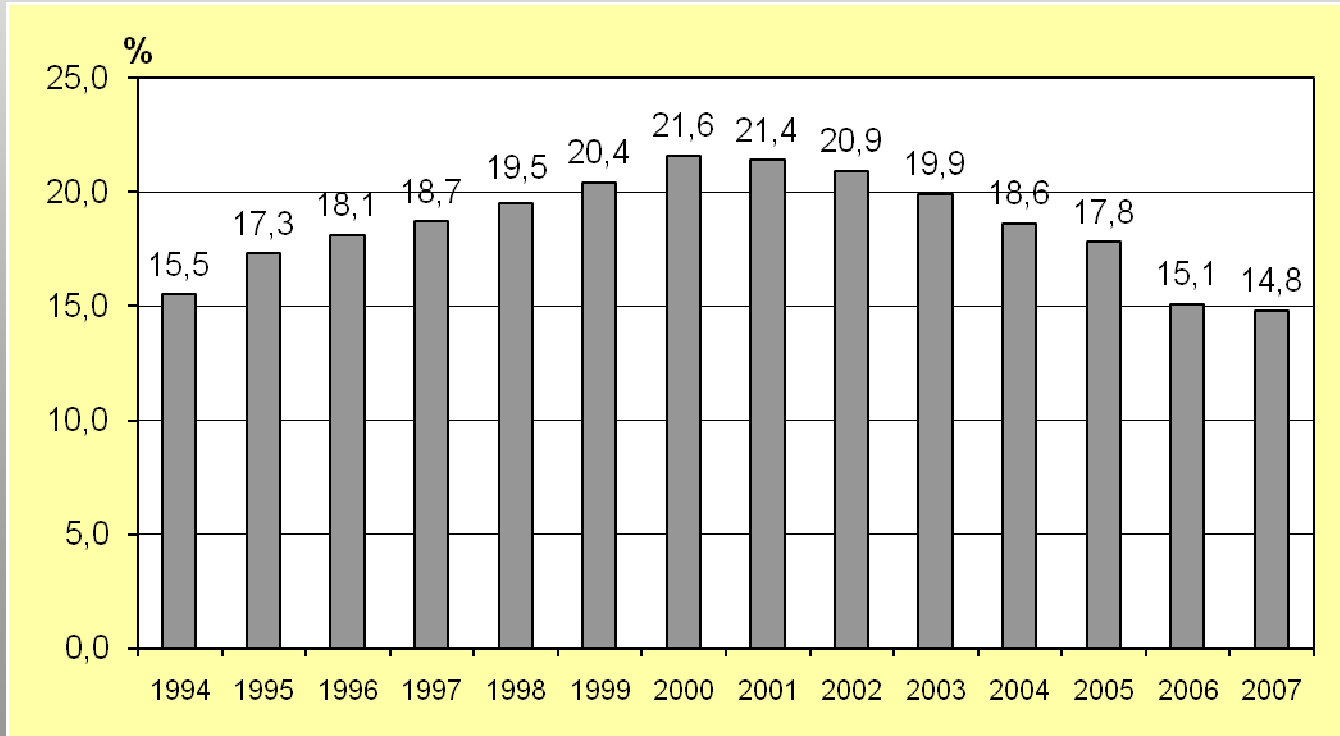


Yerel Üretim Sistemlerinin Konvansiyonel Sistemler ile Karşılaştırılması

Avantajlar

- ❖ Türkiye’de TEİAŞ verilerine göre elektrik iletim hatlarındaki kayıplar %3 civarındadır.
- ❖ TEDAŞ verilerine kayıp-kaçak oranı is %15-22 arasındadır.
- ❖ Yerel enerji üretimi ile elektrik iletim ve dağıtım hatlarındaki kayıpların önüne geçilmesini mümkündür.

YILLAR İTİBARIYLA TEDAŞ KAYIP-KAÇAK ORANLARI



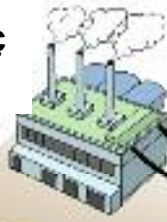
TEİAŞ İLETİM KAYIPLARI

YILLAR	%	GWh
2001	2.8	3374.4
2002	2.7	3440.7
2003	2.4	3330.7
2004	2.4	3422.8
2005	2.4	3695.3
2006	2.7	4543.8
2007	2.5	4523.0

Mikro-Kojenerasyon Sistemlerinin Konvansiyonel Sistemler ile Karşılaştırılması

Konvansiyonel Güç Üretim Sistemleri (ısıl güç)

Elektrik güç santrali



Kullanım alanı



Birincil enerji (Petrol, doğal gaz, kömür vb.)

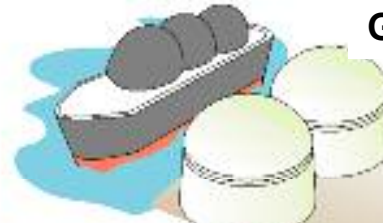


Kullanılmayan atık ısı (okyanusa verilebilir vb)



Kojenerasyon Sistemleri

Gaz üretim santrali



Kojenerasyon Sistemi

Kullanım alanı

Elektrik Isı



Boru hattı

Birincil enerji (doğal gaz)



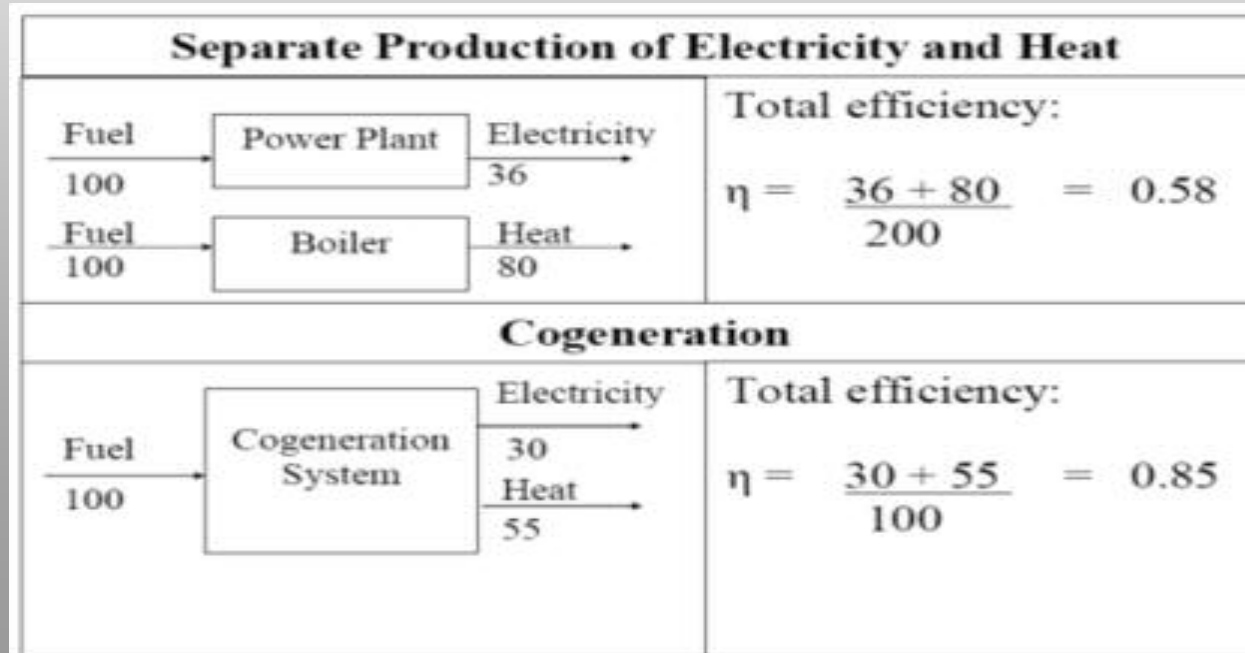
Kullanılmayan atık ısı



Mikro Kojenerasyon Sistemleri

Avantajlar

- ❖ Konvansiyonel sistemler ile elektrik üretiminde verim ortalama olarak %35'dir. Geriye kalan %65'lik enerji, atık ısı olarak dışarı atılır.
- ❖ Mikro kojenerasyon sistemi ile elektrik üretimi %30 verim ile gerçekleştirilebilir. Ayrıca %70'lik atık ısının, önemli bir bölümü geri kazanılarak ısınma ve sıcak su ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılır. Bu sayede sistem toplam verimi %85'e çıkmaktadır. Isıtma ve elektrik üretme sisteminin ayrı olduğu sistemlerde ise toplam verim %58'dir.

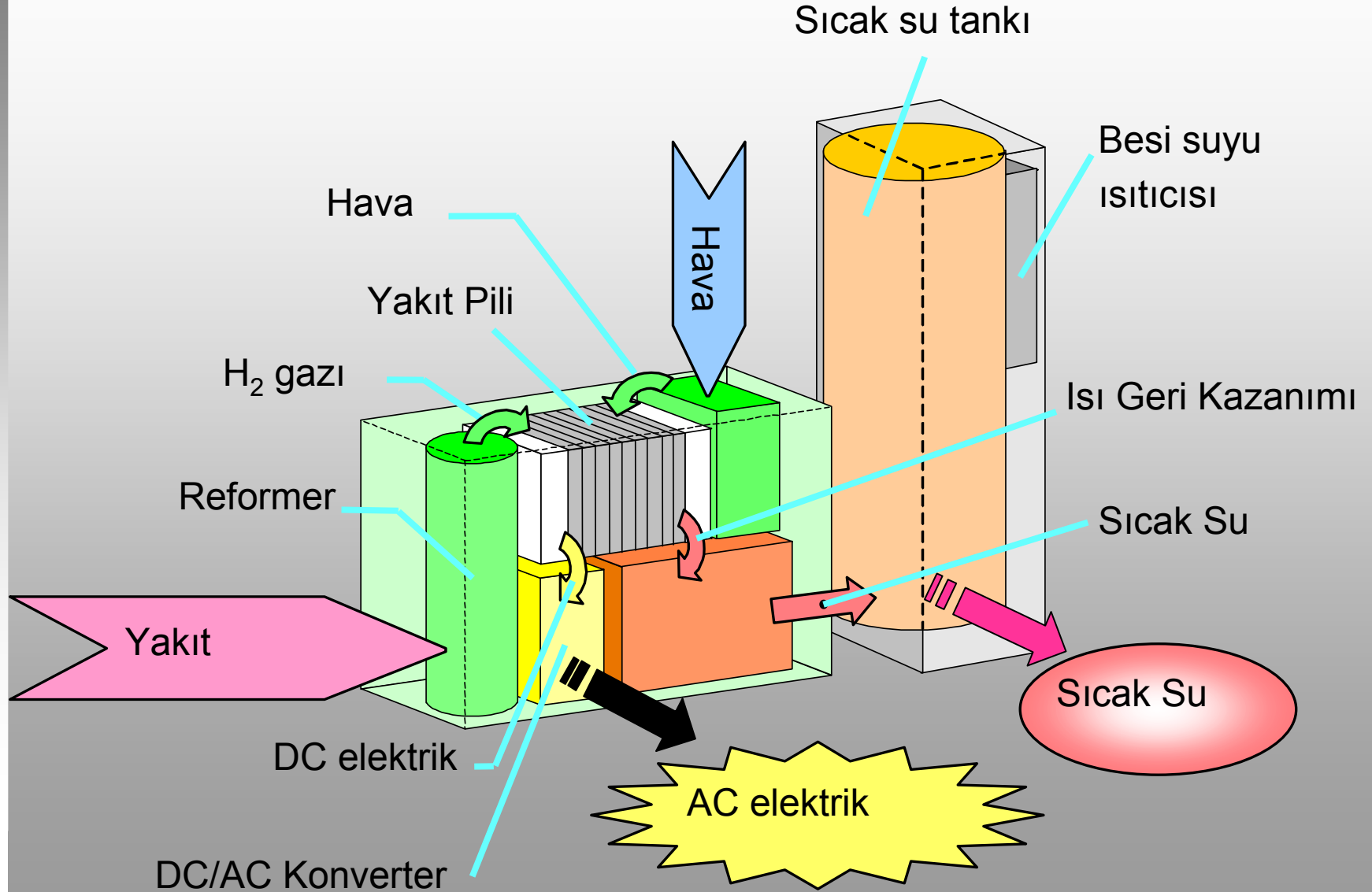


(Numbers below arrows represent units of energy in typical values)
Source: The European Educational Tool on Cogeneration, 2nd ed., December 2001

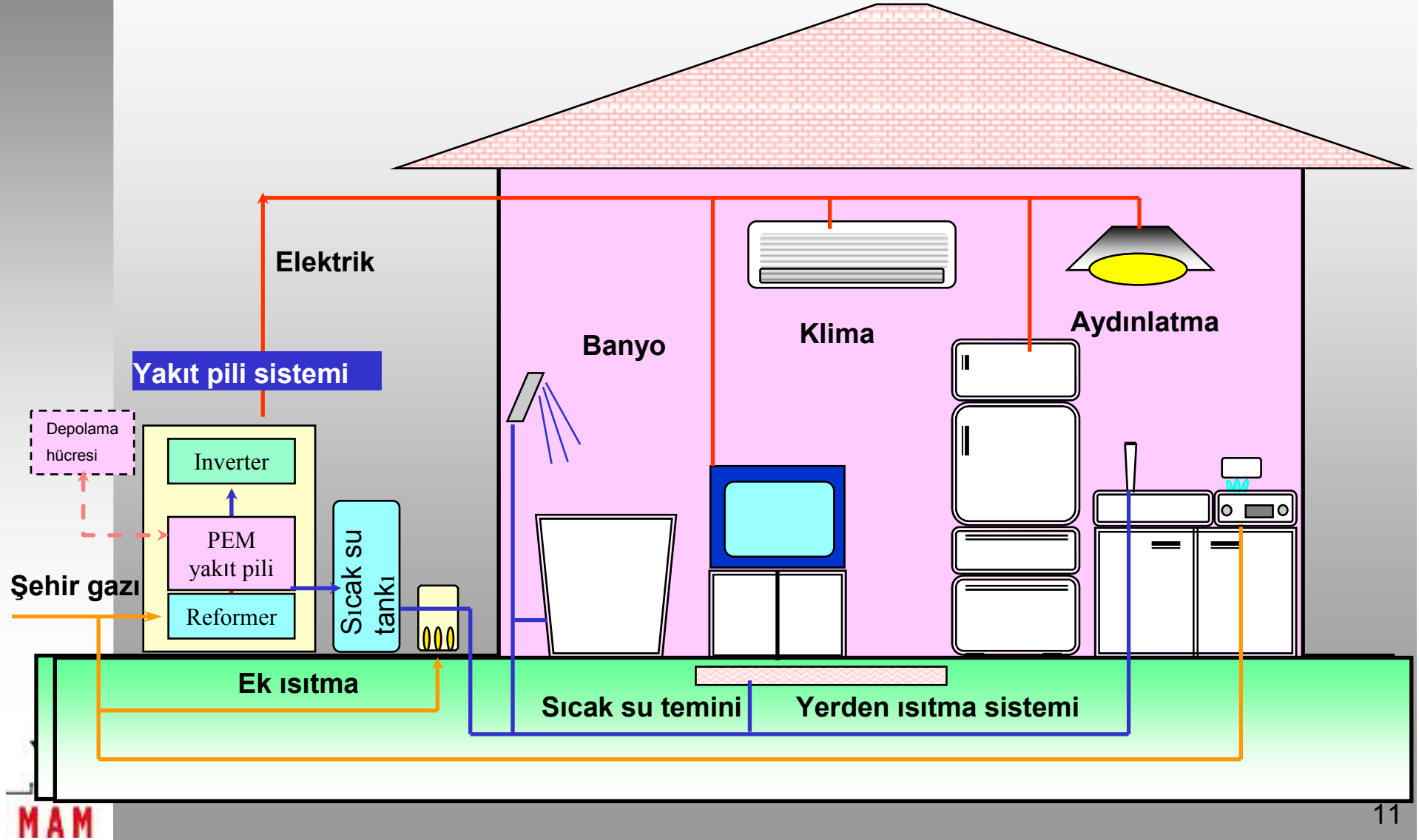
Mikro Kojenerasyon Sistemleri

	İçten Yanmalı Motorlar	Mikro Türbinler	Stirling Makinaları	PEM Yakıt Pili
Elektriksel Güç (kWe)	10-200	25-250	2-50	2-200
Elektriksel Verim	25-45	25-30	15-35	40-50
Kısmi Yüklerde Verim (%50)	23-40	20-25	~ 35	35-50
Toplam Verim	75-85	75-85	75-85	75-90
Elektriksel Güç / Toplam Güç	0,5-1,1	0,5-0,6	0,3-0,7	0,9-1,1
Çıkış Sıcaklığı (°C)	85-100	85-100	60-80	60-80
Bakım Zamanı (saat)	5000-20000	20000-30000	~ 5000	10000
Gürültü (dBa)	50-65	50-70	(b)	0
Yatırım Maliyeti (\$ / kW)	800-1500	900-1500	1300-2000	2500-3500

Yakıt Pili Mikro CHP Sistemleri



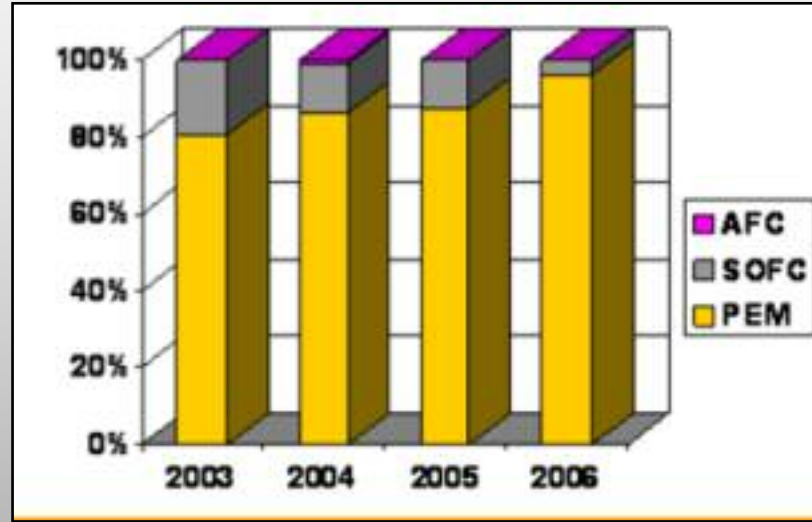
Yakıt Pili Mikro CHP Sisteminin Evsel Uygulaması



Yakıt Pili Mikro CHP Sistemleri

Yakıt pili tipi olarak iki farklı alternatif üzerine odaklanılmıştır;

- Katı oksit yakıt pilleri
- PEM yakıt pilleri

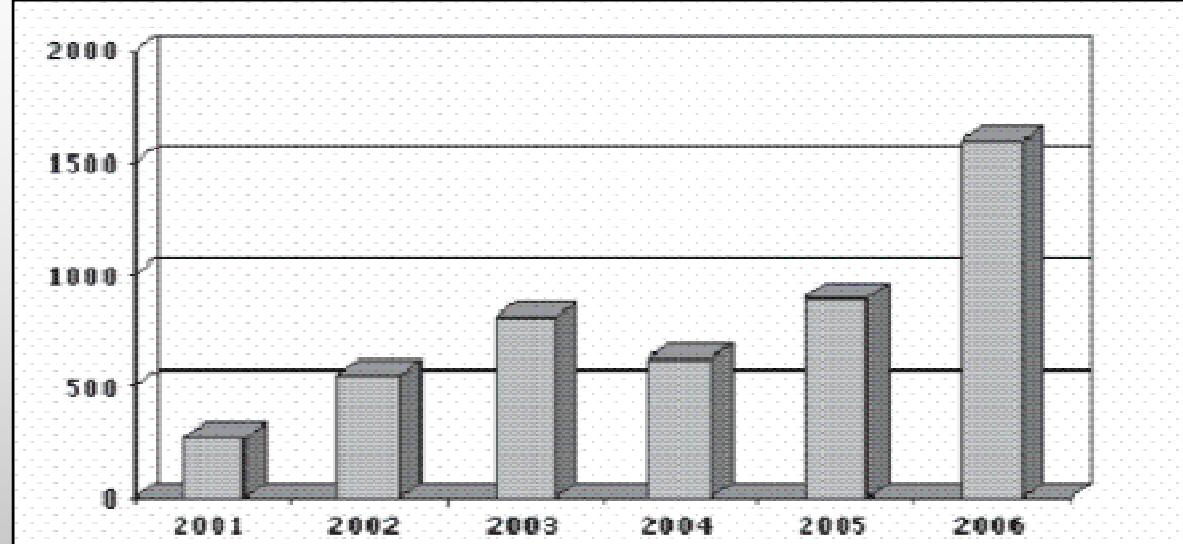


Şekil de görüleceği üzere, üretilen prototiplerin yaklaşık %80'inde PEM yakıt pilleri kullanılmaktadır^[1].

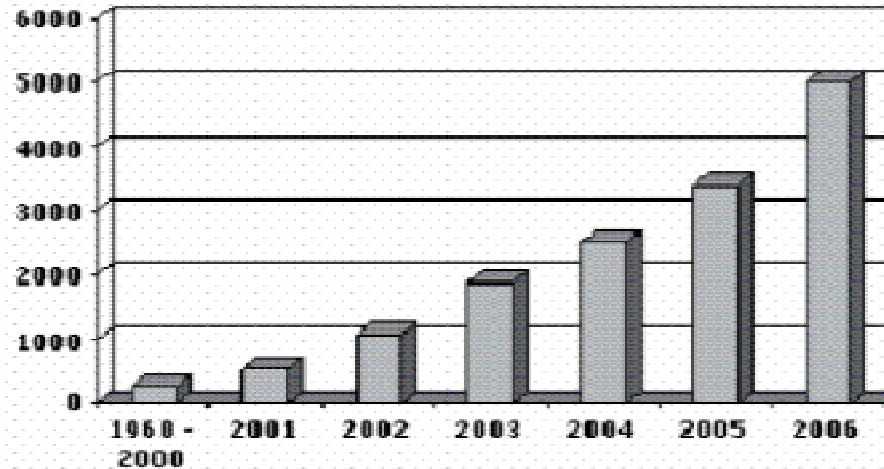
Yakıcı olarak katalitik veya katalitik olmayan yakıcılar kullanılabilir

Yakıt Pili Mikro CHP Sistemleri

Yakıt Pili Mikro CHP Ünitesi Yıllık Satış Adedi-Japonya



Toplam Yakıt Pili Mikro CHP Ünitesi Sayısı



Japonya'da mikro-CHP kurulumu gerçekleştiren firmalar

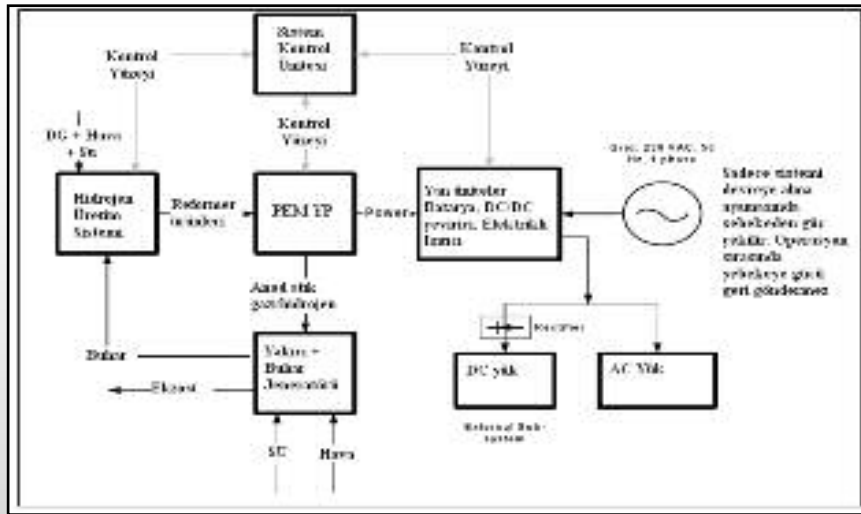
2005'den beri Japonyada kurulan PEMYP sistemi

Enerji tedarikçisi	Kurulu sistem sayısı		
	FY05	FY06	Toplam
Tokyo Gas	150	160	310
Osaka Gas	63	80	143
Nippon Oil	134	301	435
Japan Energy	30	40	70
Idemitsu Kosan	33	40	73
Kyusyu Oil	8	10	18
Taiyo Oil	8	13	21
Toho Gas	12	40	52
Saibu Gas	10	10	20
Iwatani International	10	34	44
Cosmo Oil	10	19	29
Kamata	6	0	6
Showa Shell Sekiyu	6	10	16
Hokkaido Gas	0	10	10
Nippon Gas	0	10	10
Total	480	777	1257

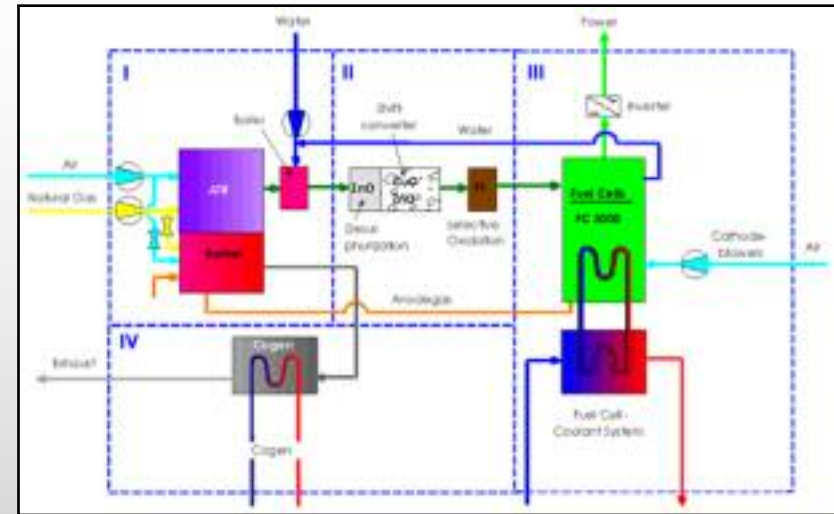
Yakıt	Kurulu sistem sayısı			
	FY05	FY06	FY07	Toplam
Natural Gas	235	303	355	893
LPG	245	399	424	1068
Kerosene	0	75	151	226
Total	480	777	930	2187

Entegratör	Kurulu sistem sayısı			
	FY05	FY06	FY07	Toplam
Sanyo	179	266	304	749
Toshiba FCP	125	216	204	545
Ebara Ballard	102	183	271	556
Matsusita	74	88	123	285
Toyota	0	24	28	52
Total	480	777	930	2187

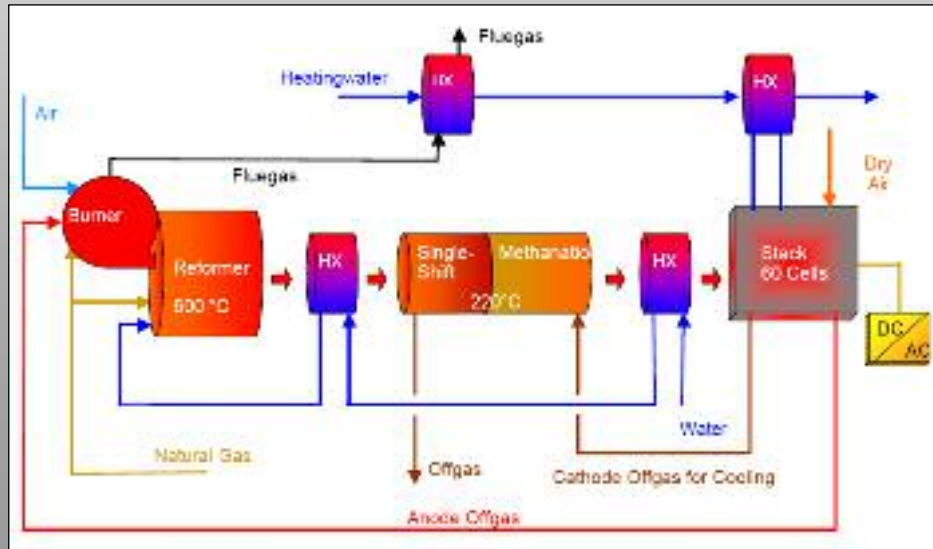
Mevcut Yakıt Pili Mikro CHP Sistemleri



Johnson Matthey CHP Sistemi



European Fuel Cell GmbH CHP sistemi



Viessmann CHP sistemi



Viessmann
The
EtaGen™5
sistemi

Mevcut Yakıt Pili Mikro CHP Sistemleri

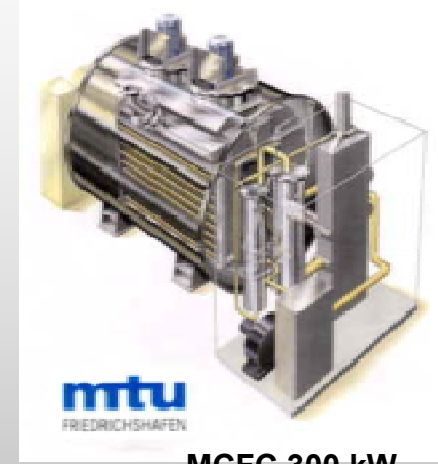
Yakıt Pili Demo Ürünler/Sistemler



PAFC 200 kW



MCFC 1 MW



MCFC 300 kW



PEMFC 200 kW



MCFC 500 kWe
TUBITAK MAM
Gebze



SOFC CC 250 kW

Yakıt Pili Mikro Kojenerasyon Sistemi

AMAÇ

Evsel uygulamalar için doğal gazdan hidrojen üreterek PEMYP teknolojisine dayalı 5 kWe gücünde bir mikro CHP sistemini prototip olarak geliştirmektir.

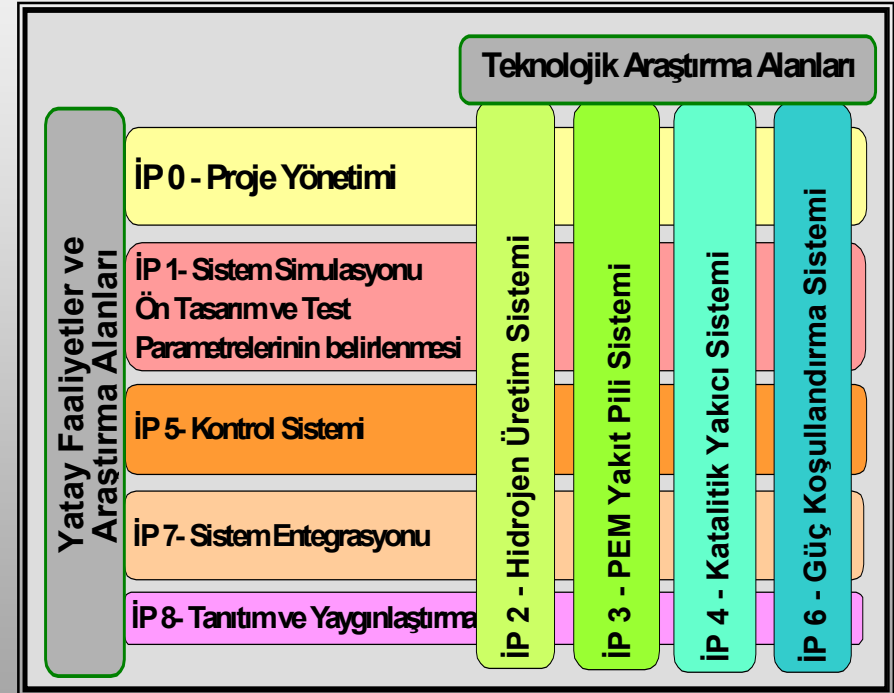
Başlama tarihi : 15 Temmuz 2006
Bitiş Tarihi : 15 Nisan 2010
Toplam Süre : 45 ay

Müşteri Kurum : EİE İdaresi
Destek : TÜBİTAK 1007

Proje Ortakları : TÜBİTAK MAM,
KOÜ, İTÜ ve
DemirDöküm

Kullanım Alanları: Ev, site, hastane vb alanlarda elektrik ve ısı üretimine yönelik kojenerasyon uygulamaları

Mikro Kojen

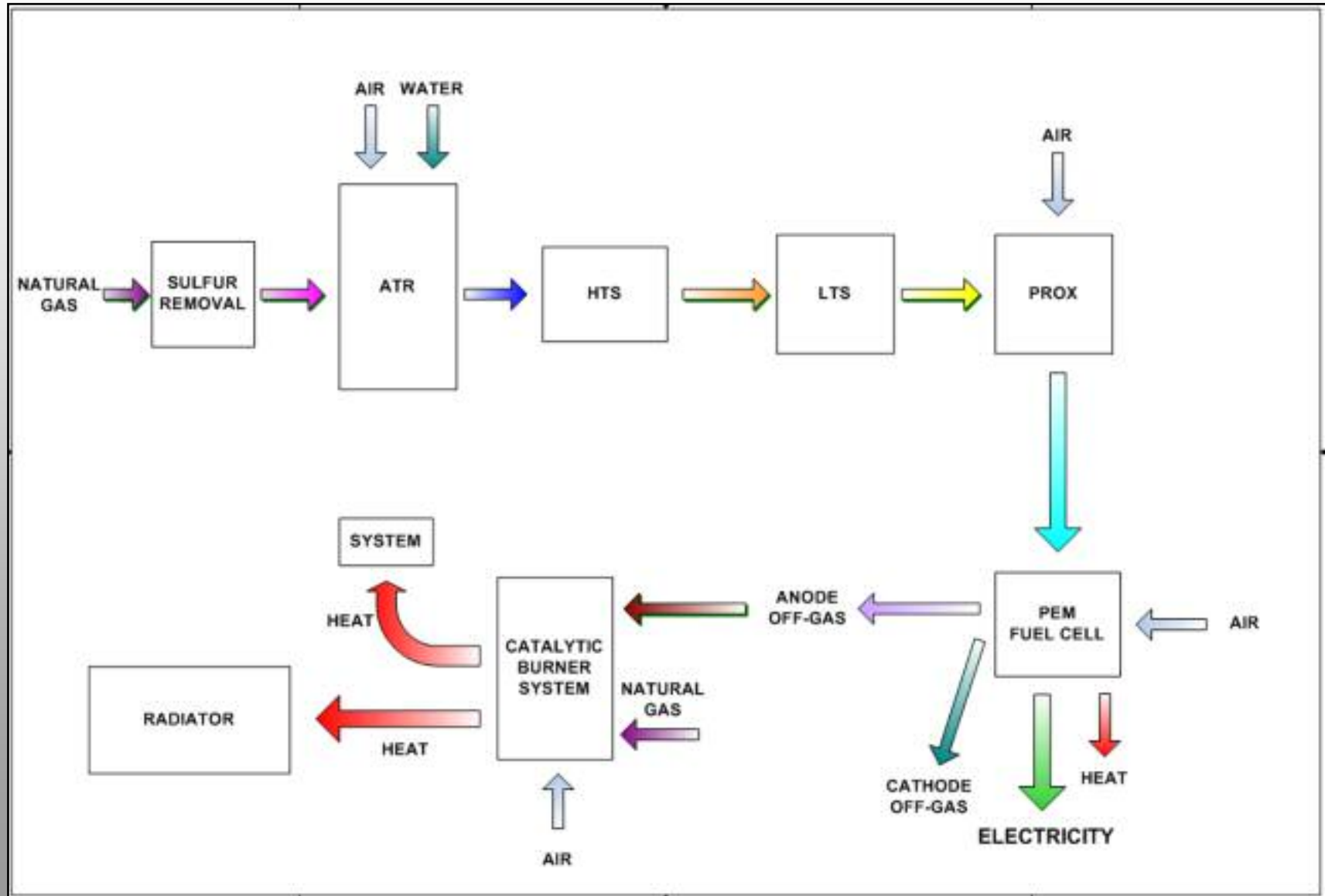


Yakıt Pili Mikro Kojenerasyon Sistemi

5 kWe ve 30 kW ısııl güç üretmek üzere proje çıktıları:

- PEM tipi yakıt pili için bir ototermal **reformer ünitesi**,
- **Gaz temizleme reaktörleri** (HTS, LTS, PROX),
- DG, H₂ ve CO karışımını yakan **katalitik yakıcı sistemi**,
- 5 kW'lık PEMYP **modül bileşenleri, modülü ve sistemi**,
- Tüm birimlerin işletimine yönelik **kontrol sistemi**,
- **Güç koşullandırma ünitesi**
- Evsel uygulamalar için mikro **CHP sistem prototipi**

Yakıt Pili Mikro Kojenereasyon Sistemi Birimleri



Yakıt Pili Mikro Koenerasyon Sistemi Proje Zaman Planı

İP1: Sistem simülasyonu ve parametrelerin belirlenmesi

İP2: Hidrojen üretim ve saflaştırma sistemi tasarım ve imalatı

İP3: Yakıt pili tasarım ve imalatı

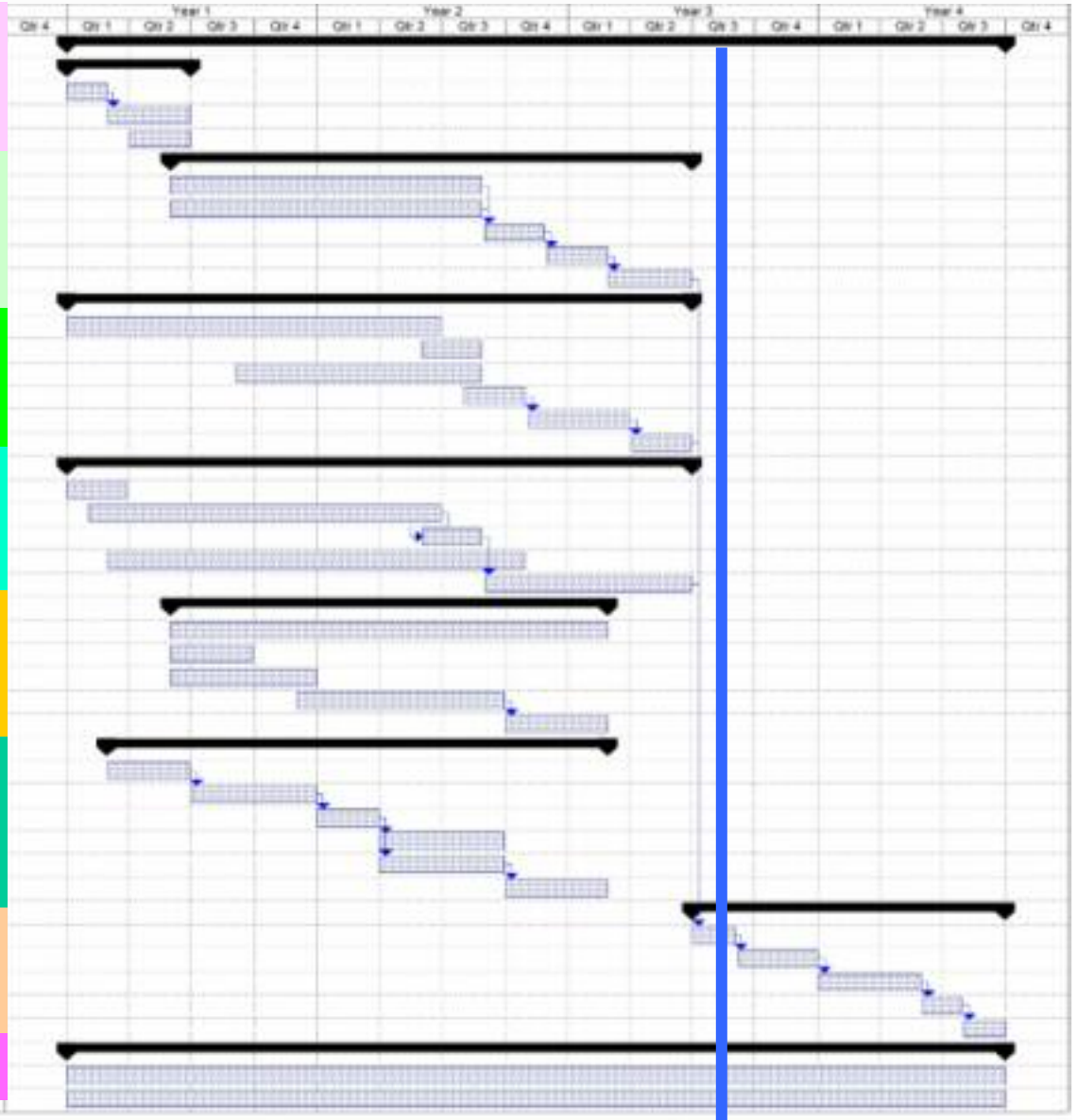
İP4: Katalitik yakıcı tasarım ve imalatı

İP5: Kontrol sistemi

İP6: Güç şartlandırma sistemi

İP7: Sistem entegrasyonu

İP8: Tanıtım ve yaygınlaştırma



Hidrojen Üretim Sistemi & Katalitik Yakıcı Sistemi

HİDROJEN ÜRETİM SİSTEMİ

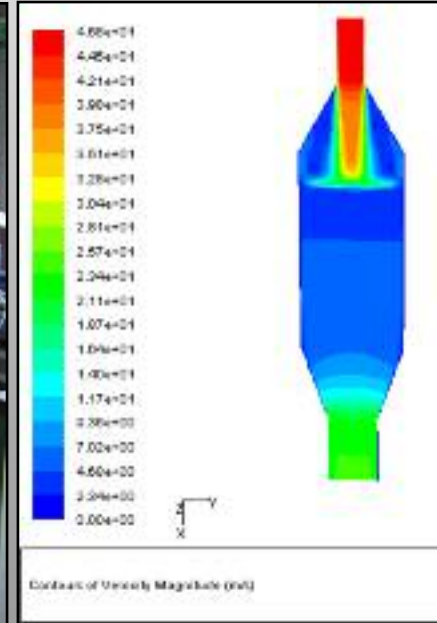
Ototermal dönüşüm reaktörü (ATR) ve hidrojen saflaştırma reaktörlerinden (HTS, LTS, PrOx) oluşan **5 kWe** kapasiteye sahip Hidrojen Üretim Sistemi kurulmuş, ön ve işletim testleri gerçekleştirilmiştir. Yakıt olarak doğal gaz kullanılmaktadır.



Hidrojen üretim sistemi deney düzeneği

KATALİTİK YAKICI SİSTEMİ

Isıtma amaçlı sıcak su üretiminde kullanılan **30 kW**'lık yakıcı sistemi ve Hidrojen Üretim Sisteminin devreye alınmasında ve işletilmesinde kullanılan **10 kW**'lık yakıcı sistemi. Yakıt olarak 5 kWe PEM yakıt pilinin anot atık gazı ve doğal gaz kullanılmaktadır.



10 kW'lık katalitik yanma reaktörünün Fluent ile modellenmesi



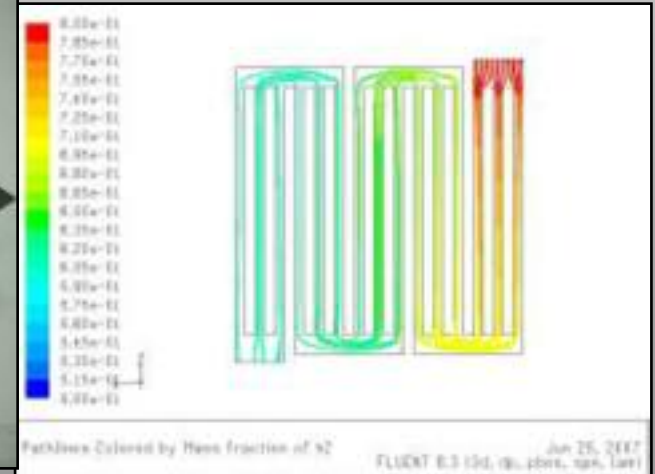
10 ve 30 kW'lık katalitik yanma reaktörleri 21 deney düzeneği

PEM Yakıt Pili Sistemi

5 kW'lık PEM yakıt pili modülü tasarım parametreleri

Nominal Güç	5	kW
Nominal Modül Voltajı	72	Volt
Nominal Akım	69,44	A
Maximum Voltaj	108	Volt
Ortalama Akım Yoğunluğu	0,39	A/cm ²

- ❖ 125 x 250 x 5 mm boyutlarında 310 adet bipolar plaka.
- ❖ Akış kanalı tasarımı,
- ❖ Üretilen plakalar üzerine 100 x 180 mm boyutlarında aktif alana sahip anot, katot ve soğutma akış kanalları,
- ❖ Pt-Ru katalizör kullanılarak membran elektrot ünitesi.



Güç Koşullandırma Sistemi

Faz Kaydırmalı PWM DC-DC Yükseltici Konverter Devresi

Giriş gerilimi: 60-120 VDC

Çıkış gerilimi: 200 VDC

Güç: 7 kW

Amaç: Yakıt pili çıkış geriliminin regülasyonu



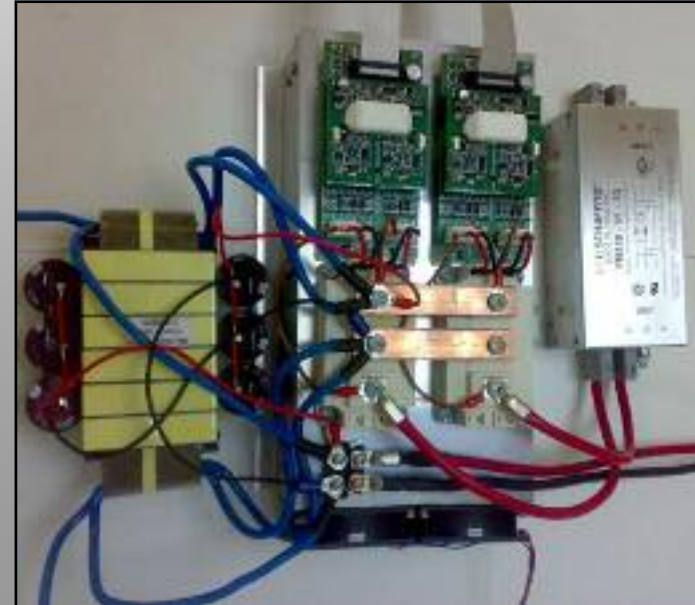
Z Source DC-AC Inverter Devresi

Giriş gerilimi: 200 VDC

Çıkış gerilimi: 220 VAC

Güç: 7 kW

Amaç: Evsel yüklerin beslenmesine yönelik 220 VAC 50 Hz değerinde gerilim üretimi



Kontrol Sistemi

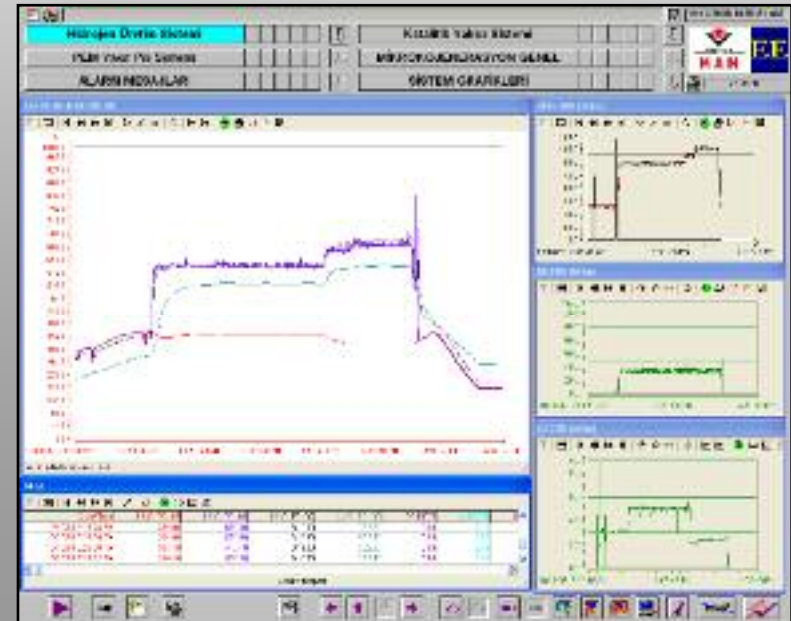
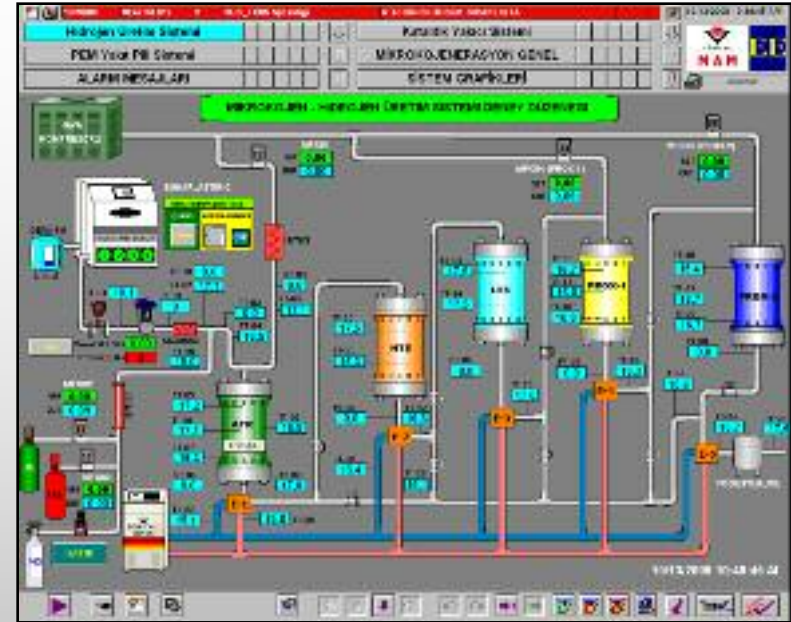
Yakıt pili mikro kojenerasyon sistemine ait tüm alt sistemlerin uygun işletimini sağlamak ve emniyet prosedürlerini uygulamak için gerekli kontrol sistemi oluşturulmuştur.



Kontrol panosu



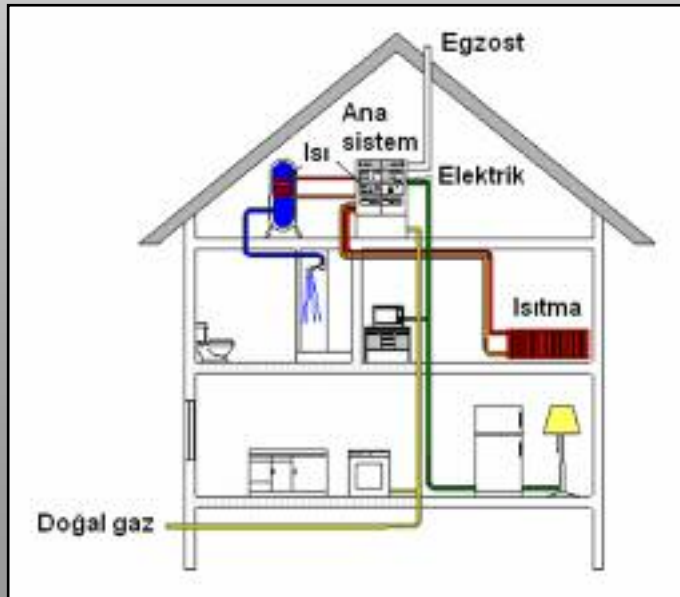
Klemens yerleşimi



Sonuçlar - 1

Beklenen Ekonomik Fayda:

- ❖ Elektrik ve ısının birlikte üretimi ile sistemin toplam verimini %85'lere çıkarmak mümkündür.
- ❖ Artan verimle birlikte konutun elektrik ve ısınma maliyetleri %20-40 oranında azalmaktadır.
- ❖ Avrupa'da 5 kW'dan küçük mikro kojenerasyon sistemlerinin 2015 yılı itibari ile yıllık 250,000 adet sistem satılacağı ve bu durumda pazar değerinin yıllık 5-6 Milyar Avro mertebesinde olacağı öngörülmektedir.
- ❖ Buna göre, 2015 yılında Türkiye'deki pazarın yıllık 350-450 Milyon Avro olacağı kabul edilebilir.



Sonuçlar – 2

Mikro CHP sistemleri kullanılarak:

- ❖ İletim kaybını azaltılabilir,
- ❖ Daha yüksek enerji dönüşüm verimi mümkün,
- ❖ Yakıt daha verimli kullanılabilir. (~ 50% varan oranda artış)
- ❖ CO₂ gaz emisyonu, verim ile orantılı olarak düşmektedir.
- ❖ Enerji üretiminde esneklik
- ❖ Yüksek güvenilirlik

Sonuçlar – 3

- Mikrokojen projesi kapsamında;
 - Bütün reaktörlerin tasarım, imalat ve testleri büyük ölçüde tamamlanmıştır.
 - Hidrojen Üretim Sisteminde, gerekli kapasite ve kalitede hidrojen zengin gaz karışımı üretilebilmektedir.
 - Yakıt pili modülleri üretilmektedir.
 - Katalitik yakıcı ile anot çıkış gazları yakılabilmektedir.
- Hidrojen Üretim Sistemi, Yakıt pili ve Katalitik Yakıcı ile entegrasyonu ve sistemin minyatürizasyonu konusunda çalışmalar devam etmektedir.

TEŞEKKÜRLER

Murat BARANAK

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü

P.K. 21 41470 Gebze / KOCAELİ

Tel: 0262 677 27 25

Faks: 0262 642 35 54

Murat.Baranak@mam.gov.tr

www.mam.gov.tr

<http://www.mam.gov.tr/mikro-kojen/>