

# KOJENERASYON (BİLEŞİK ISI GÜÇ) SİSTEMLERİ

Tanıtım, Eğitim ve Etüt Dairesi Başkanlığı

Ocak, 2020



T.C. ENERJİ VE TABİİ  
KAYNAKLAR BAKANLIĞI

# Kojenerasyon Nedir ?

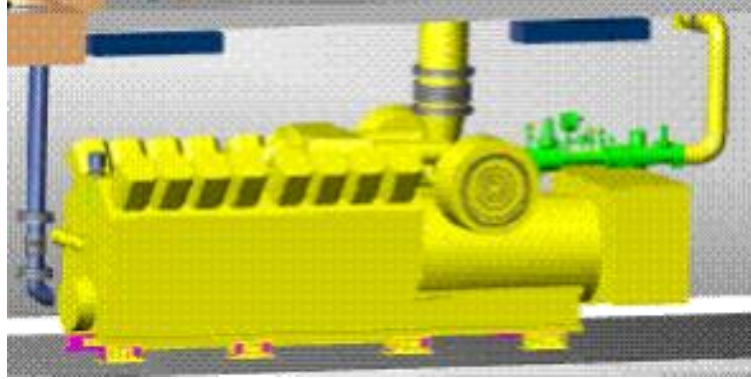
Doğal gaz

Kömür

Biyogaz

Yenilenebilir  
enerji

.....



Elektrik

Isı

- Buhar

- Sıcak su

# Kojenerasyon Tipleri

- **Buhar Türbinli**
- **Gaz Türbinli**
- **İçten Yanmalı Motorlu**
- **Kombine Çevrimli (Gaz + Buhar Türbinli)**
- **Organik Rankine Çevrimli**
- **Yakıt Hücreli**
- **Mikro Kojenerasyon ( < 100 kWe )**

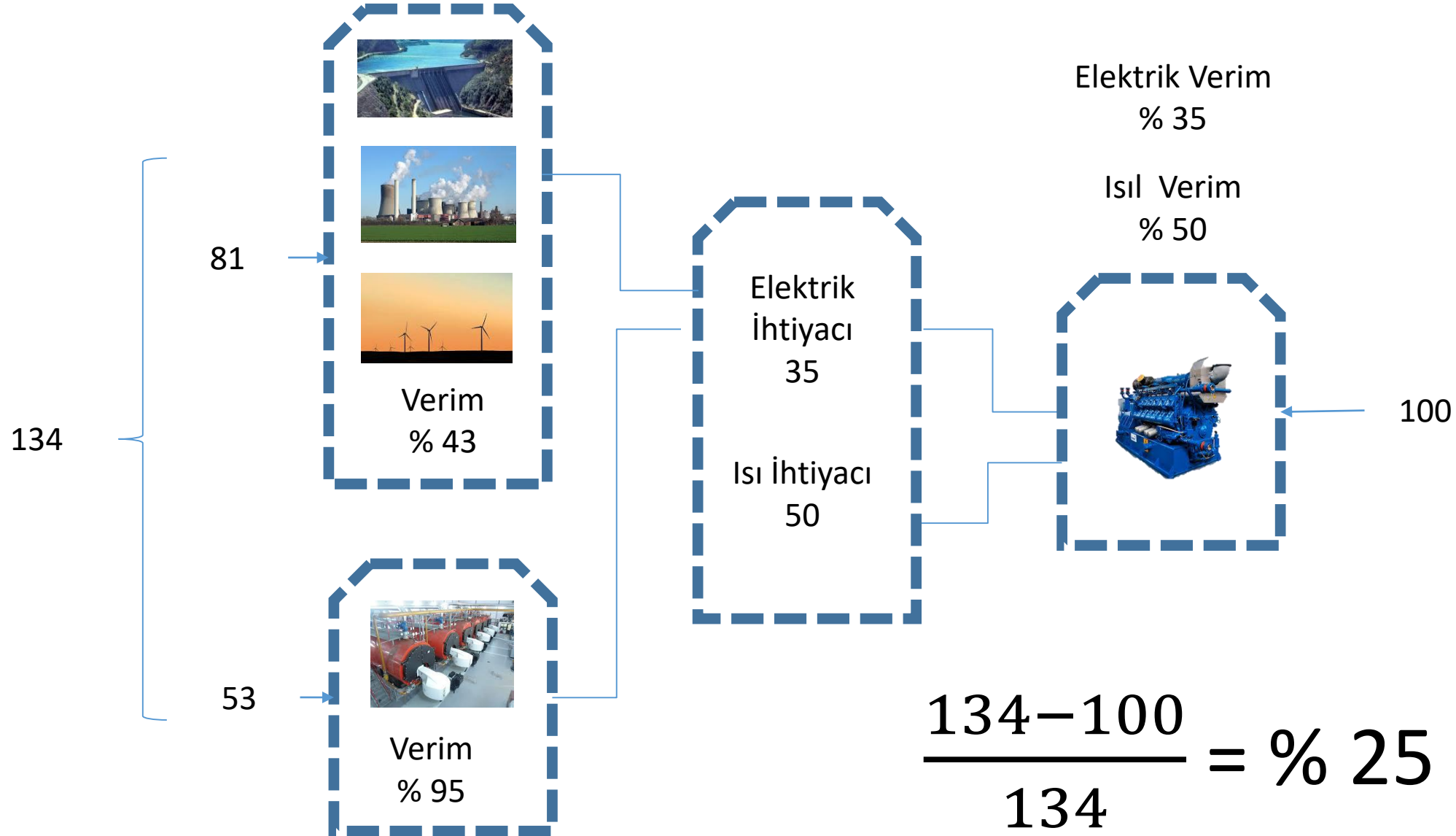
# Neden Kojenerasyon?

- **Kullanılabilir elektrik ve ısının aynı tesiste birlikte üretilebilmesine olanak vermesi,**
- **Enerji tasarrufu sağlaması, (Daha yüksek enerji dönüşüm verimi mümkün)**
- **Üretimin, tüketimin olduğu yerde yapılmasıyla şebeke kayıplarının azaltılması, (İletim ve Dağıtım kayıpları azaltılabilir)**
- **Enerji üretiminde esneklik,**

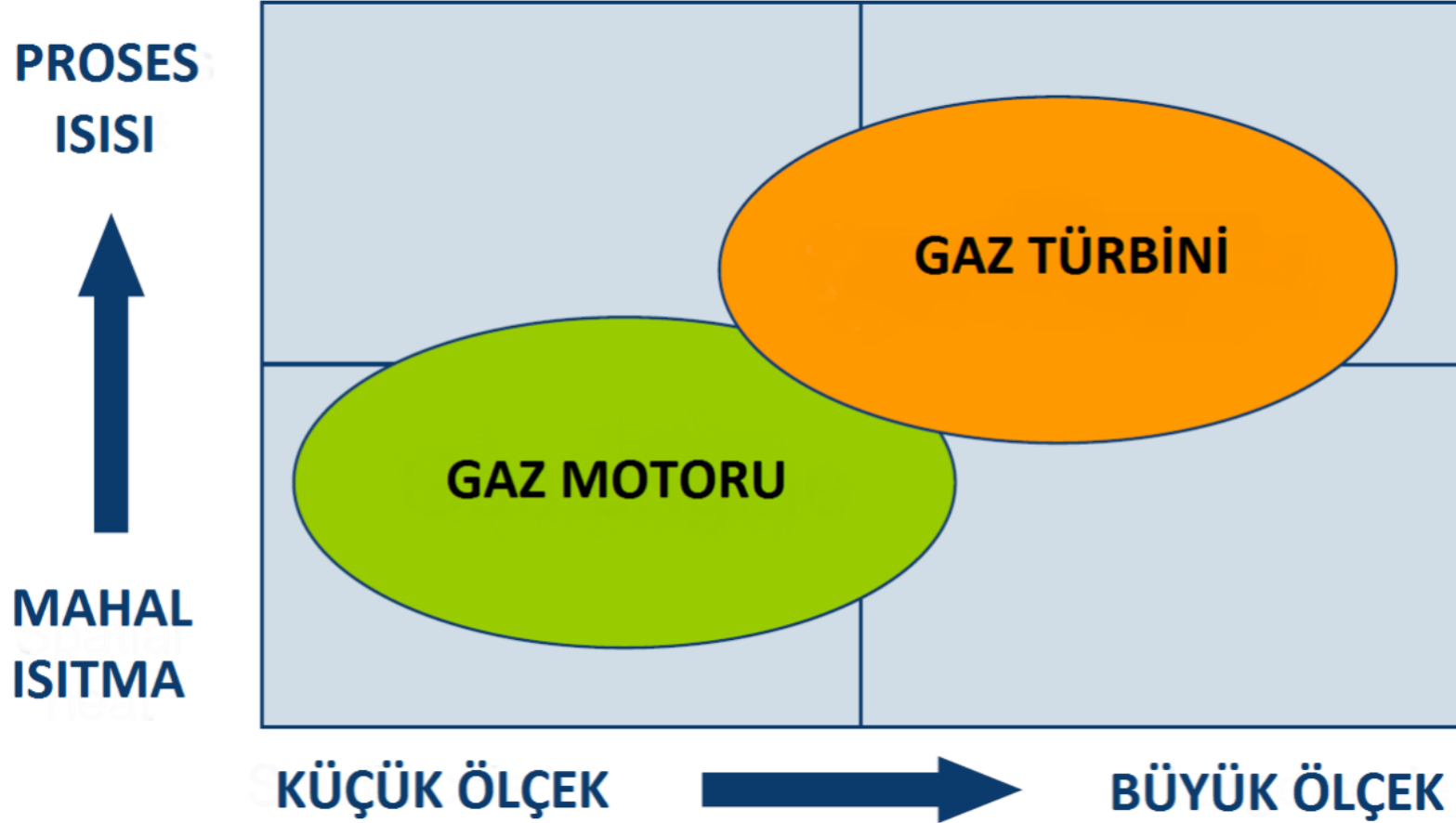
# NEDEN KOJENERASYON?

- **Zararlı gazların salınımının azaltılmasına katkı, (CO2 gaz emisyonu, verim ile orantılı olarak düşmektedir)**
- **İlk yatırım gideri daha düşüktür. (Santral ve iletim alt yapısı dikkate alındığında)**

# Birincil Enerji Kazancı

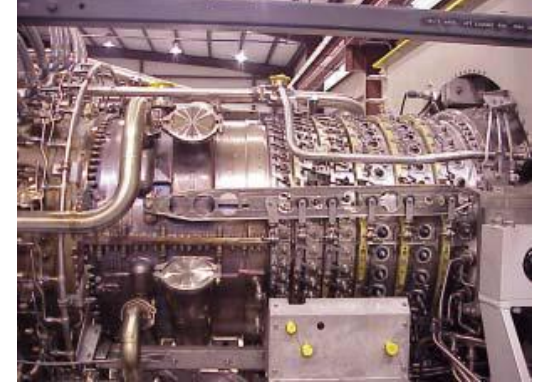


# Kojenerasyon Uygulamaları

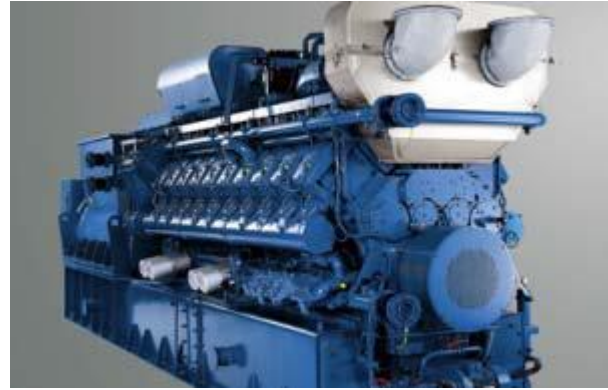


# Kojenerasyon Uygulamaları

**Gaz/Buhar trübin**  
Yanan yakıtdan elde edilen  
sıcak gazlar veya buhar  
türbin kanatlarını  
Döndürür



**Gaz motor**  
Yanan yakıtPistonların silindir  
İçinde hareketini sağlar





# Isı Enerjisi Nereden Geliyor ?

## 1-BACA GAZI

## 2-HT DEVRESİ

Ceket suyu soğutma devresi

Yağlama soğutma devresi

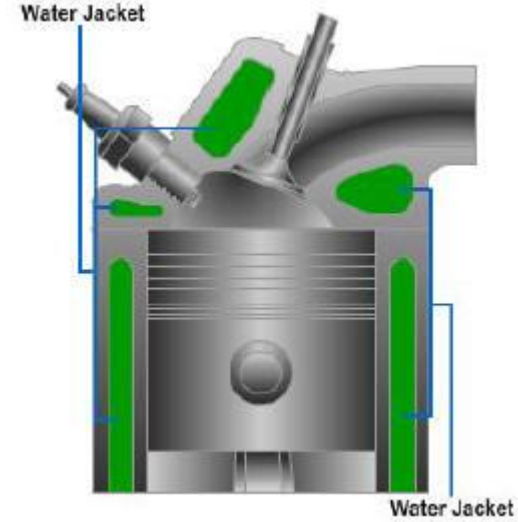
Turbo şarj after cooler

Devresi 1. Kademe

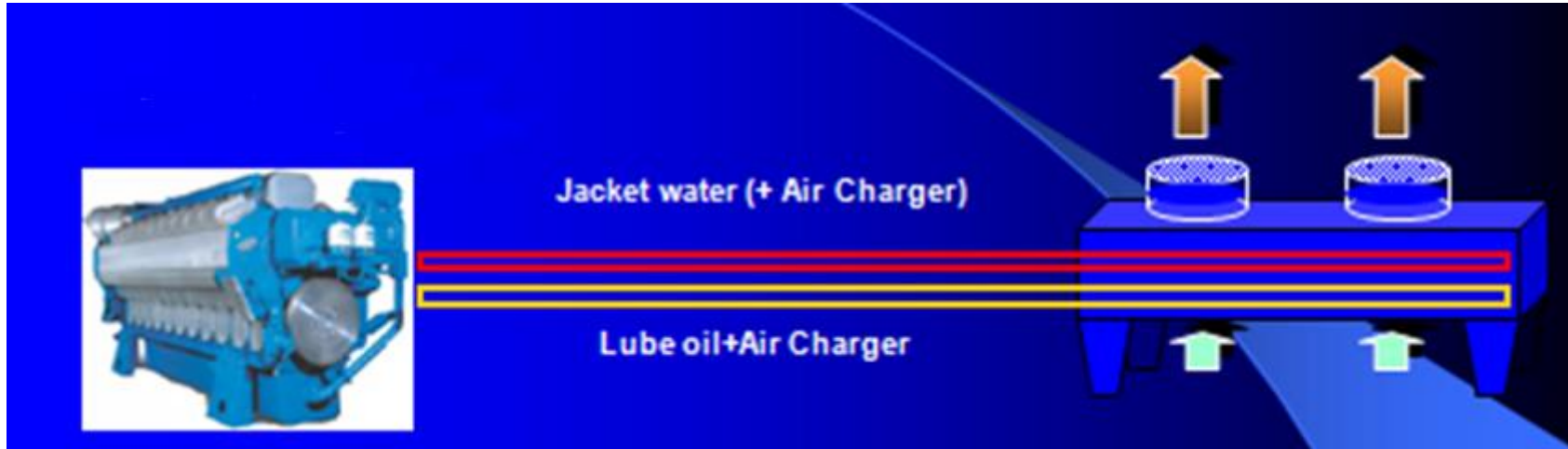
## 3-LT DEVRESİ

Turbo şarj after cooler

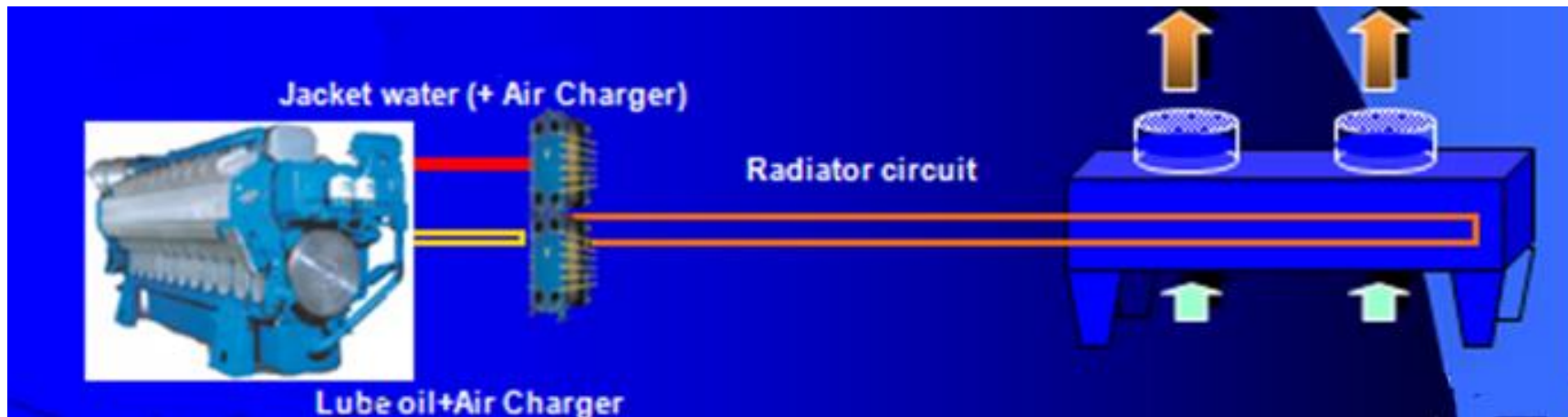
Devresi 2. Kademe



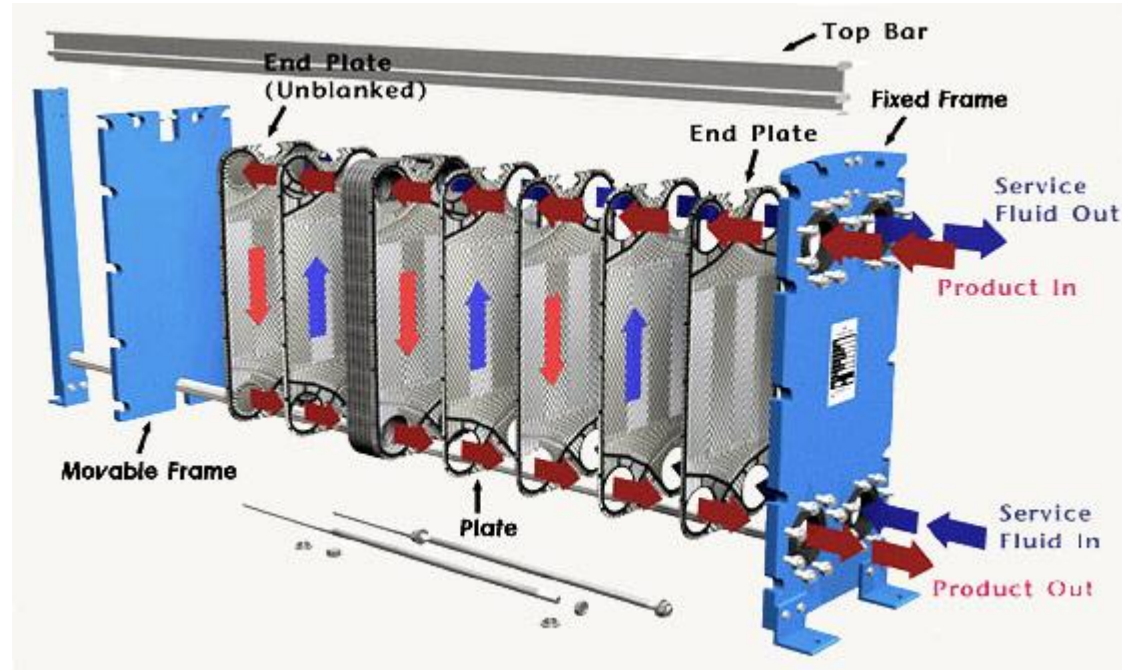
# Soğutma Devresi



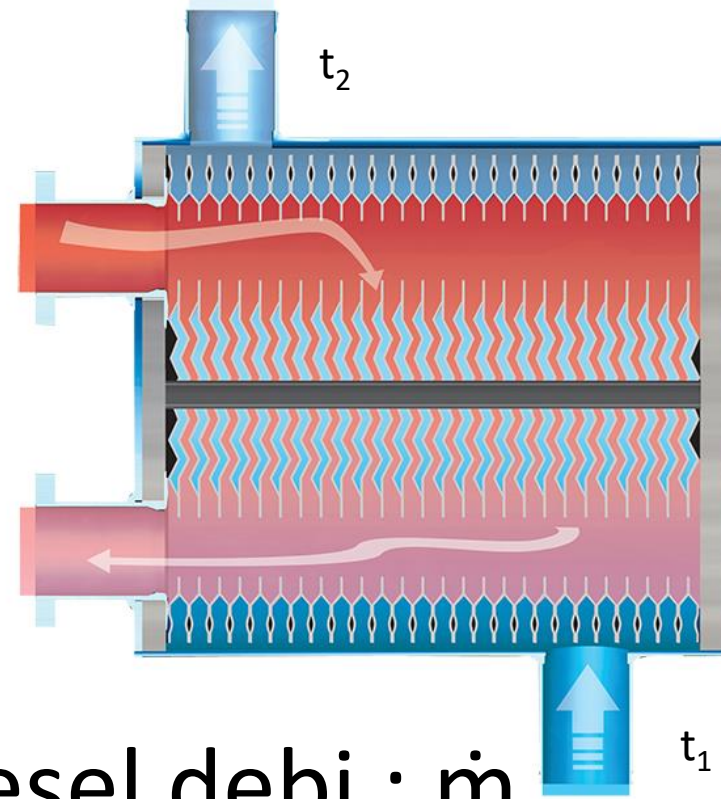
# Soğutma Devresi



# Isı Değiştirici (Eşanjör, Heat Exchanger)



# Isı Değiştirici (Eşanjör, Heat Exchanger)

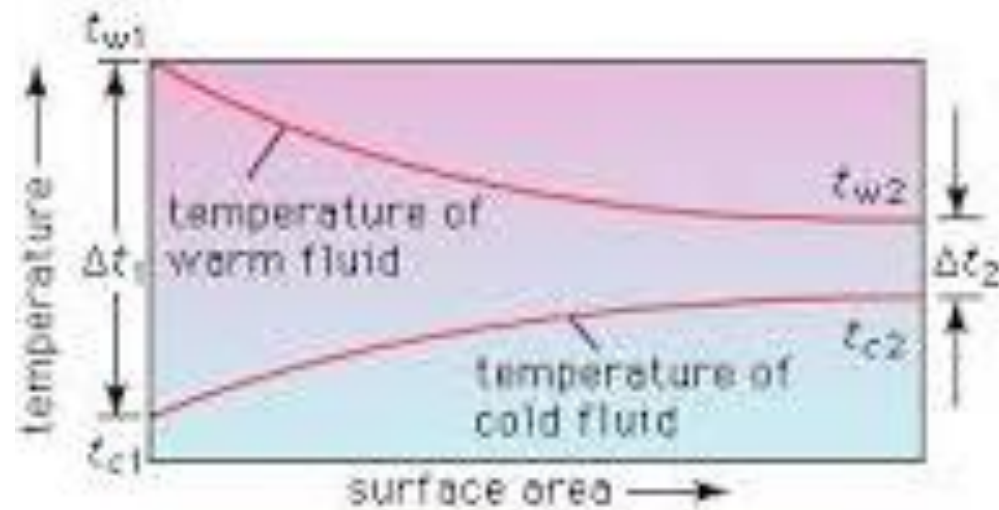


Kütlesel debi :  $\dot{m}$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

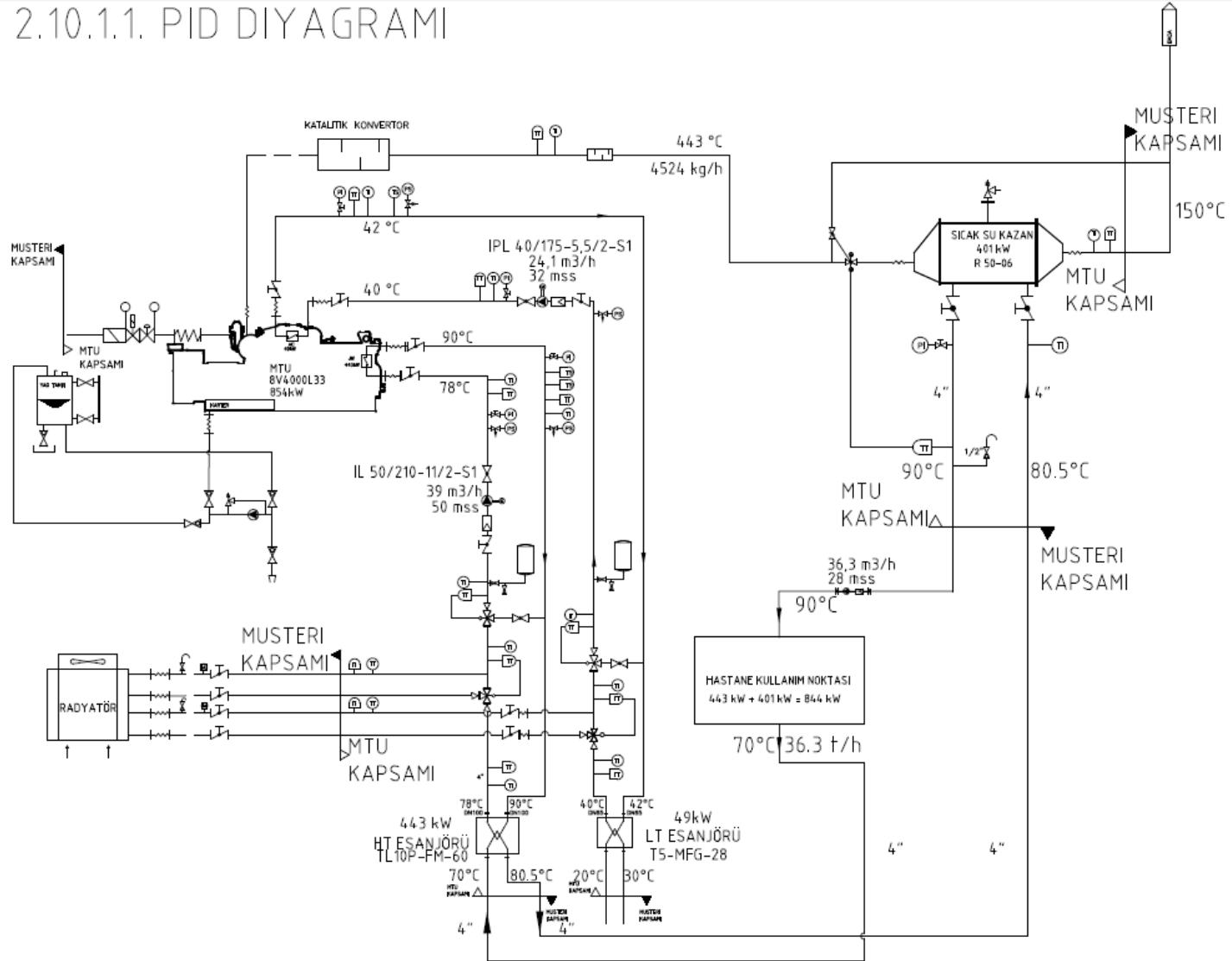
# Isı Değiştirici (Eşanjör, Heat Exchanger)

$$Q = m \times c_p \times \Delta t$$



# Kojenerasyon Uygulama P&I Diyagramı

## 2.10.1.1. PID DIYAGRAMI





# Baca Gazından Alınan Enerjinin Hesabı

		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O			CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O		
küçük değer =	427 °C	1,1260	1,0310	1,0980	2,0800	küçük değer =	127 °C	0,9390	0,9410	1,0440	1,9010		
büyük değer =	477 °C	1,1480	1,0430	1,1100	2,1130	büyük değer =	177 °C	0,9780	0,9560	1,0490	1,9260		
interp.değeri =	<b>443</b> °C	1,1330	1,0348	1,1018	2,0906	interp.değeri =	<b>150</b> °C	0,9569	0,9479	1,0463	1,9125		
	Bacagazı Bileşenleri	Hacimsel Bileşim (%)	Mol ağırlığı (gr / mol)	Ağırlık (gr)	Kütlesel Bileşim (%)	443 °C de orijinal Cp	443 °C de hesaplanan kısmi Cp	150 °C de orijinal Cp	150 °C de hesaplanan kısmi Cp				
		a	b	c	d	e	f	g	h	443 °C de hesaplanan Cp =	1,1288 (kJ / kg K)		
				a x b	% c		d x e / 100		d x g / 100	150 °C de hesaplanan Cp =	1,0514 (kJ / kg K)		
	CO <sub>2</sub>	<b>8,00</b>	44	352,0	12,06	1,1330	0,1367	0,9569	0,1154	Ortalama Cp =	<b>1,0901</b> (kJ / kg K)		
	O <sub>2</sub>	<b>10,00</b>	32	320,0	10,97	1,0348	0,1135	0,9479	0,1040		<b>0,2604</b> (kCal / kg K)		
	N <sub>2</sub>	<b>77,00</b>	28	2.156,0	73,89	1,1018	0,8141	1,0463	0,7731				
	H <sub>2</sub> O	<b>5,00</b>	18	90,0	3,08	2,0906	0,0645	1,9125	0,0590				
		100,00	Toplam =	2.918,0	100,00	Toplam Cp =	<b>1,1288</b>	Toplam Cp =	<b>1,0514</b>				

$$Q = m \times c_p \times \Delta t$$

$$Q = 4.524 \text{ kg/h} \times 1.09 \text{ kJ/(kg K)} \times (443-150) \times 1 \text{ h}/3600 \text{ sn}$$

$$Q = 401 \text{ kW}$$



# Soğutma Suyundan Alınan Enerjinin Hesabı

PROJE DEĞERLERİ	
Çıkış sıcaklığı	78 °C
Giriş sıcaklığı	90 °C
Debi	39 m3/h
Etilen Glikol Su Oranı	35 %

HESAPLANAN DEĞERLER	
Ortalama sıcaklık	84 °C
Yoğunluk	1.025,04 kg/m³
Cp değeri	3,75 kJ/kg.K
Debi	0,01 m³/sn
Enerji	500,35 kW

$$Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta t$$

$$Q = 39 \text{ m}^3/\text{h} \times 1,03 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 3,75 \text{ kJ}/(\text{kg } ^\circ\text{K}) \times (90 - 78) (^\circ\text{K}) \times 1 \text{ h}/3.600 \text{ sn}$$

$$Q = 500 \text{ kW}$$

# Verim Hesabı

**Kojenerasyondan sistemde üretilen ısı enerjisi toplamı :**

$$500 \text{ kW} + 401 \text{ kW} = 901 \text{ kW}$$

**Kojenerasyondan sistemde üretilen elektrik enerjisi :**

$$454 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{1.355}{1.500} = \% 90$$

**Toplam alınan enerji :**

$$901 + 454 = 1.355 \text{ kW}$$

**Toplam giriş enerjisi : 1.500 kW**

# Ekonomik Yönü

**1,6 TL/S m<sup>3</sup> Botaş 2019 Kasım Ayı Doğalgaz Fiyatı**

**0,68 TL/kWh Tek Terimli OG abonesi 2019 Ekim**

**Kojende harcanan doğal gaz;**

$$\frac{1.500 \text{ kW}}{8.250 \text{ kcal/m}^3} \times 4.000 \text{ h} \times 860 \frac{\text{kcal}}{\text{kWh}} = 625.455 \text{ m}^3$$

$$625.455 \text{ m}^3 \times 1,6 \text{ TL/ m}^3 = 1.000.728 \text{ TL}$$

**Kojende üretilen ısı enerjisinin doğal gaz karşılığı;**

$$\frac{901 \text{ kW}}{8.250 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3} \times 0,9} \times 4000 \text{ h} \times 860 \frac{\text{kcal}}{\text{kWh}} = 417.432 \text{ m}^3$$

$$(625.455 \text{ m}^3 - 417.432 \text{ m}^3) = 208.023 \text{ m}^3$$

$$208.023 \text{ m}^3 \times 1,6 \text{ TL/m}^3 = 332.837 \text{ TL}$$

# Ekonomik Yönü

Kojende üretilen elektriğin parasal karşılığı;  
 $454 \times 4000 \text{ h} = 1.816.000 \text{ kWh}$   
 $1.816.000 \text{ kWh} \times 0,68 \text{ TL/ kWh} = 1.234.880 \text{ TL}$

Üretilen Enerji		Harcanan Doğalgaz	
1.816.000 kWh	1.234.880 TL	625.455 m <sup>3</sup>	1.000.728 TL
417.432 m <sup>3</sup>	667.891 TL		
<b>TOPLAM</b>	<b>1.902.771 TL</b>	<b>TOPLAM</b>	<b>1.000.728 TL</b>

$$\text{Kar} = 1.902.771 - 1.000.728 = 902.043 \text{ TL}$$

# Uygulanma Örnekleri



**2.000 kW gücünde  
Kojenerasyon tesisi**

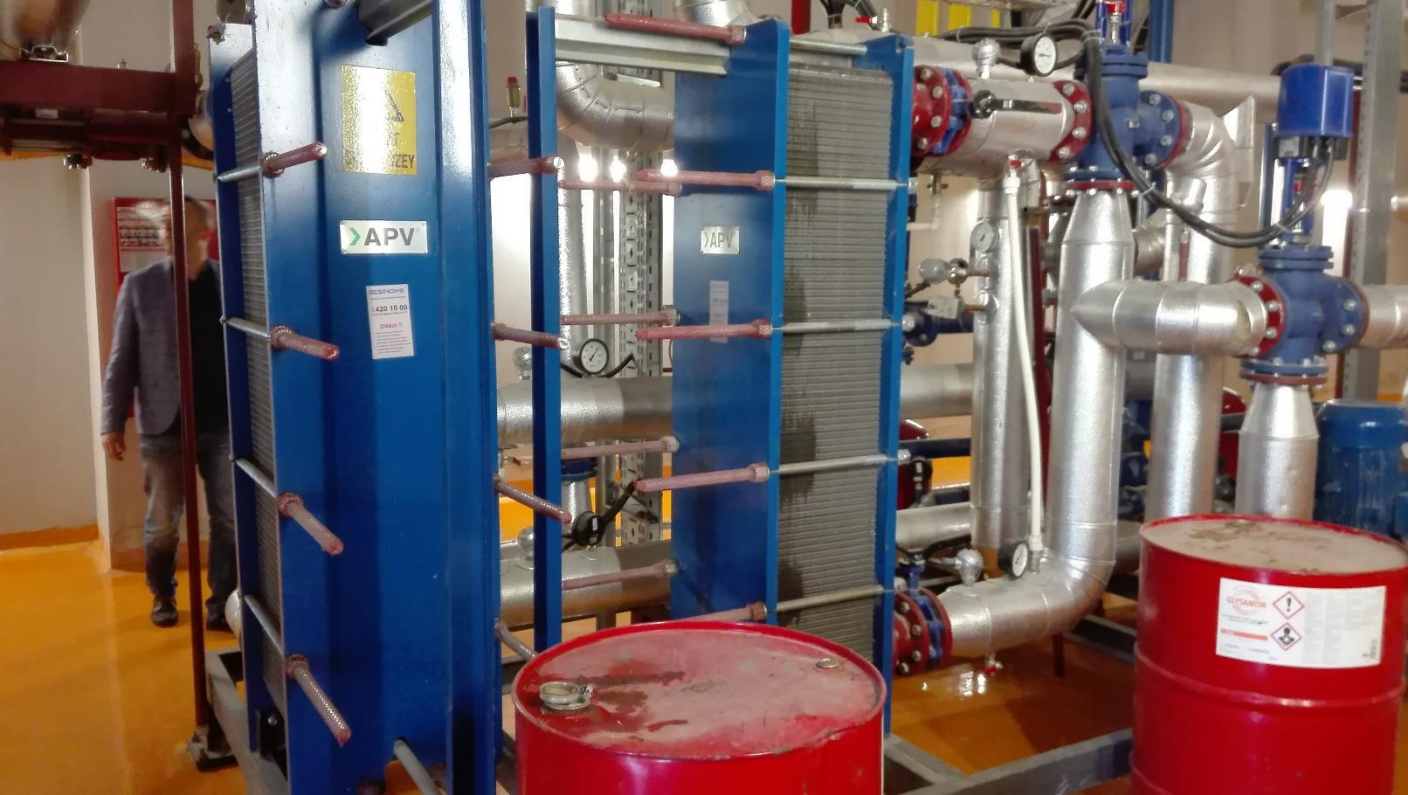
# Uygulama Örnekleri



**LT Eşanjörü**

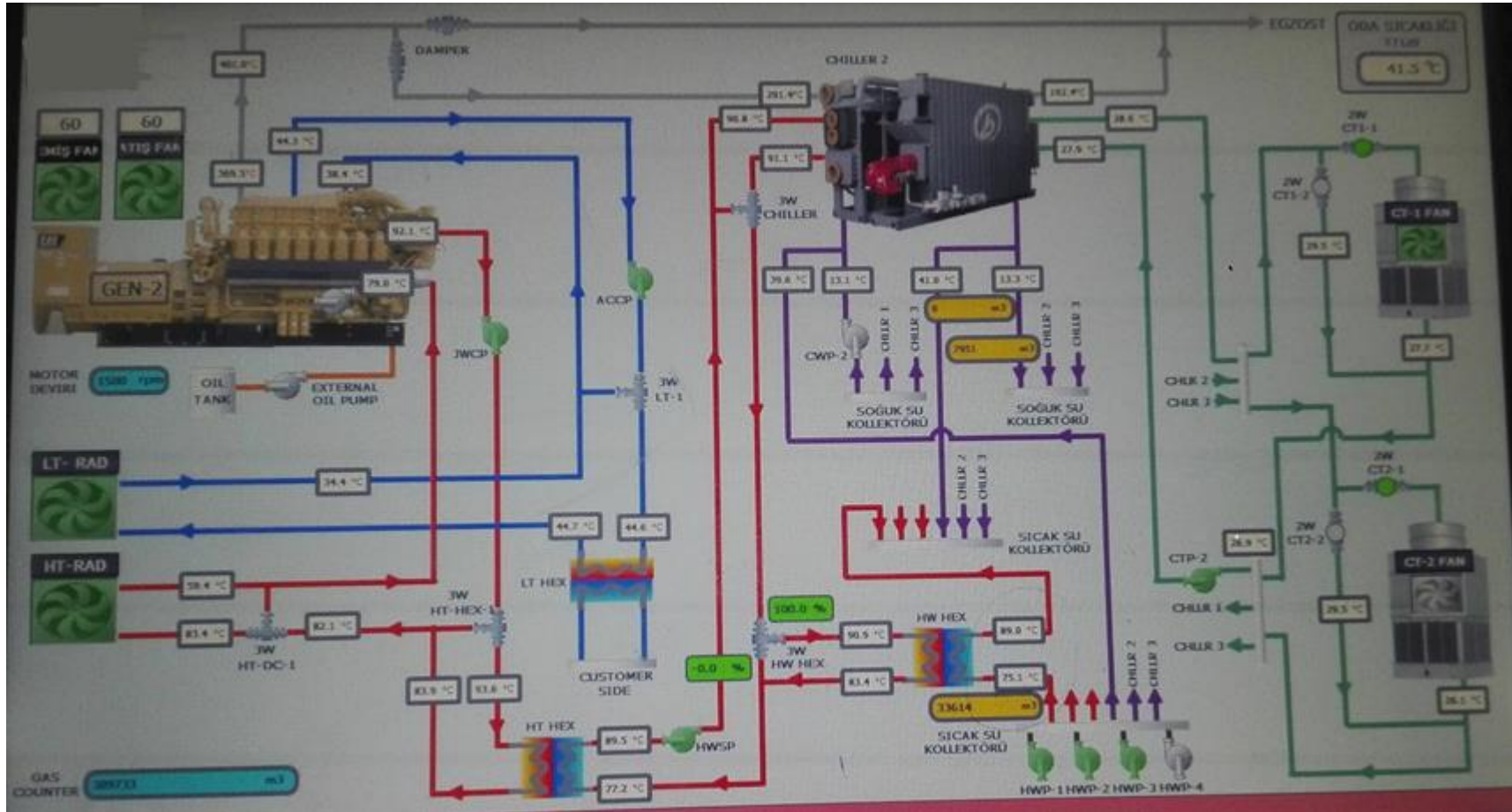


# Uygulama 6rnekleri



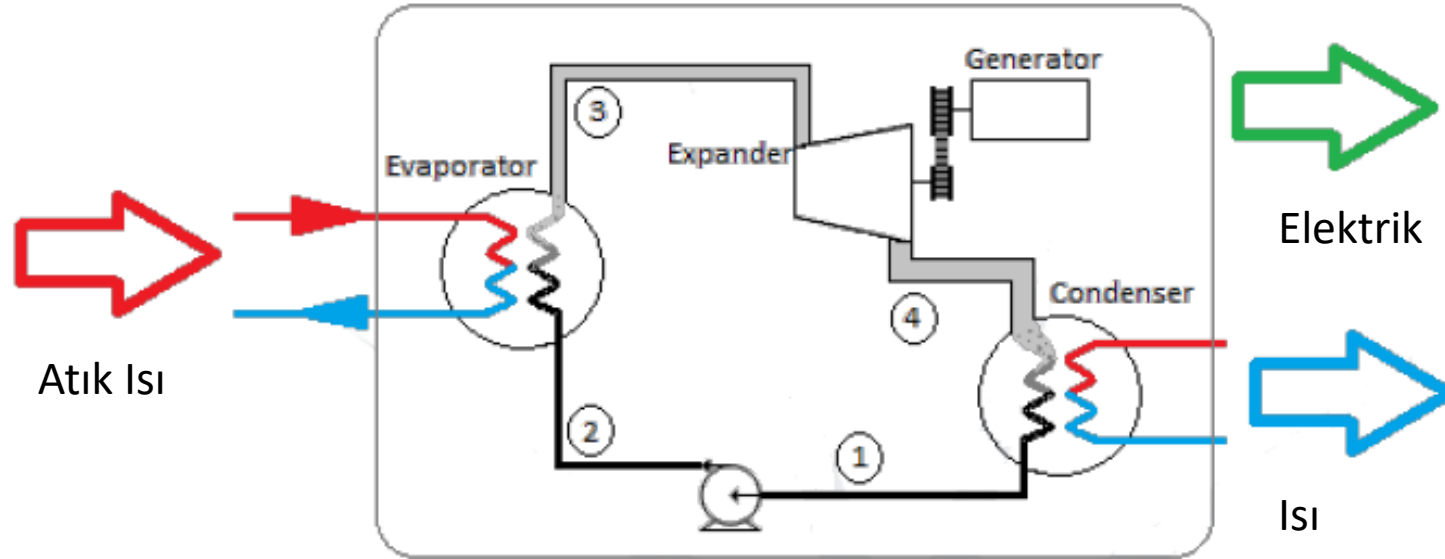
**HT EŖanj6r6**

# Uygulama Örnekleri





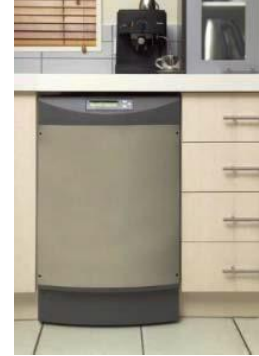
# Organik Rankin Çevrimi



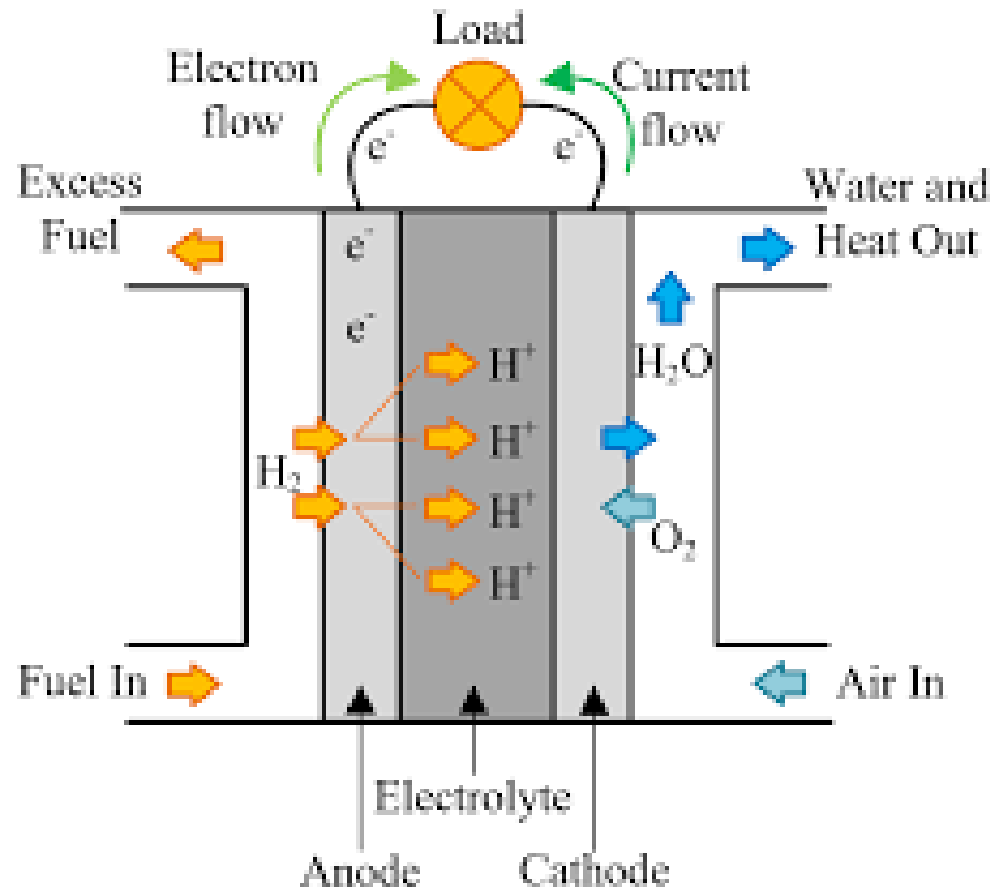
- 1 Düşük basınç sıvı
- 2 Yüksek basınç sıvı
- 3 Yüksek Basınçlı buhar
- 4 Düşük Basınçlı buhar

# Küçük Ölçeğe Doğru Gelişme

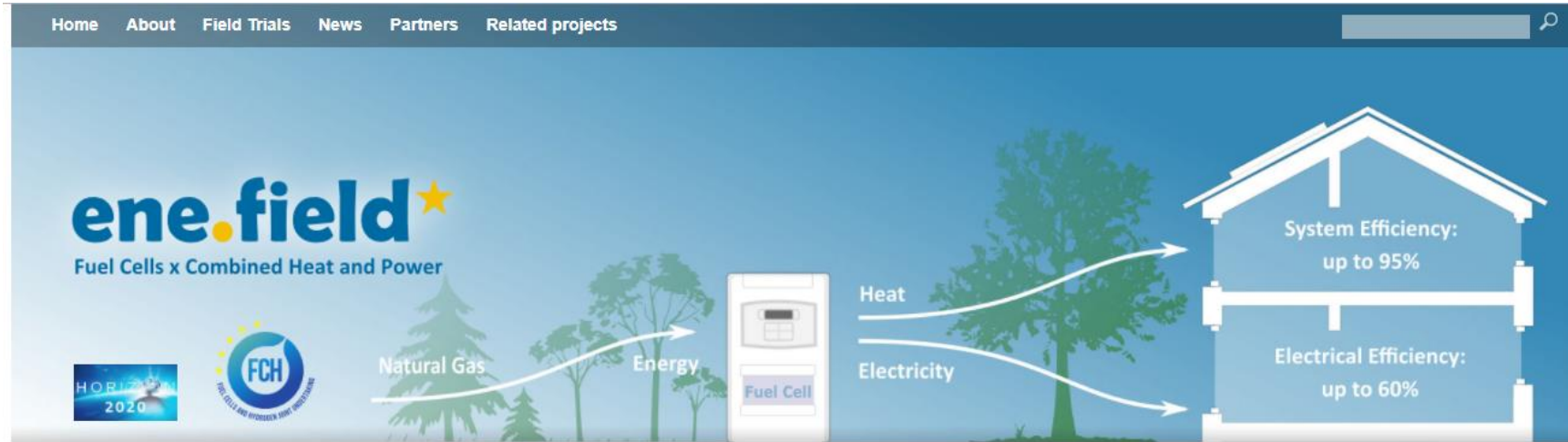
- **Sanayi**
- **Sera bahçe uygulamaları**
- **Hastaneler**
- **Oteller**
- **Ofis binaları**
- **Aparmanlar, siteler**
- **Bir ev**



# Yakıt Pili Mikro Kojenerasyon



# Yakıt Pili Mikro Kojenerasyon

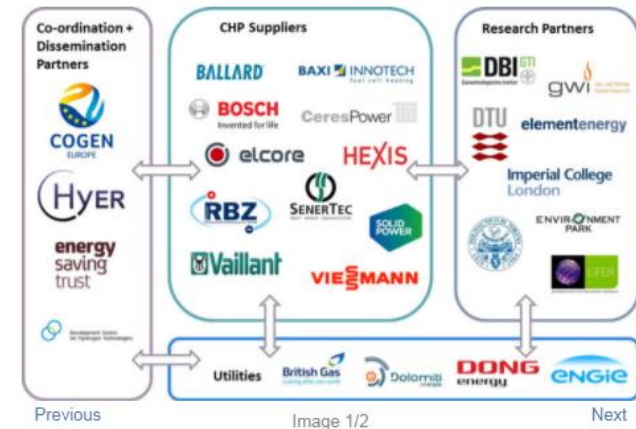


## About

ene.field will deploy up to **1,000 residential fuel cell Combined Heat and Power (micro-CHP) installations, across 11 key European countries**. It represents a step change in the volume of fuel cell micro-CHP (micro FC-CHP) deployment in Europe and a meaningful step towards commercialisation of the technology.

The programme brings together **11 mature European micro FC-CHP manufacturers** into a common analysis framework to deliver trials across all of the available fuel cell CHP technologies. Fuel cell micro-CHP trials will be installed and actively monitored in dwellings across the range of European domestic heating markets, dwelling types and climatic zones, which will lead to an invaluable dataset on domestic energy consumption and micro-CHP applicability across Europe.

By learning the practicalities of installing and supporting a fleet of fuel cells with real customers, ene.field partners will take the final step before they can begin commercial roll-out. An increase in volume deployment for the manufacturers involved will **stimulate cost reduction** of the technology by enabling a move from hand-built products towards serial production and tooling.



# Yakıt Pili Mikro Kojenerasyon

**Elektrik gücü 0,7 kW, ısıl gücü  
yoğuşma ünitesi ile birlikte  
25 kW' a kadar çıkabiliyor**



**Bir evin enerji giderlerini % 20 - % 40, CO2  
emisyonlarını ise geleneksel yöntemlere göre %  
50 azaltabilecek.**

# Yakıt Pili Mikro Kojenerasyon

**Elektrik gücü 3 kW**

**Isıl güç 30 kW**



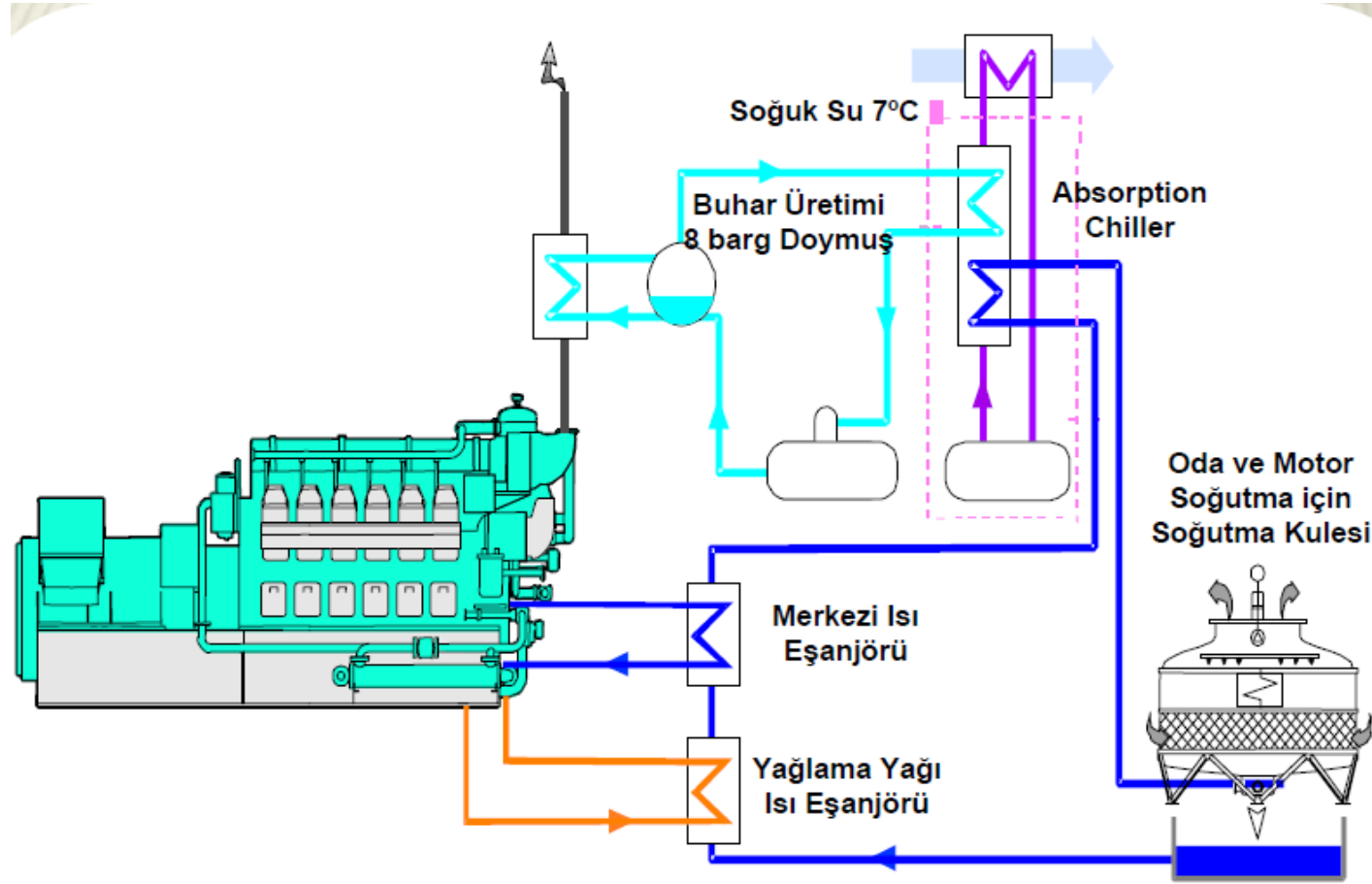
# Yakıt Pili Mikro Kojenerasyon



## »»» What are the benefits?

- Typically 20% saving in energy costs which is projected to rise to over 30% by year ten.
- Free use of electricity: 13000+ kWh/year
- Free use of heat: 6000+ kWh/year
- CO2 reduction: 3.6+ tonnes /year
- Uninterruptible Power Supply

# Trijenerasyon





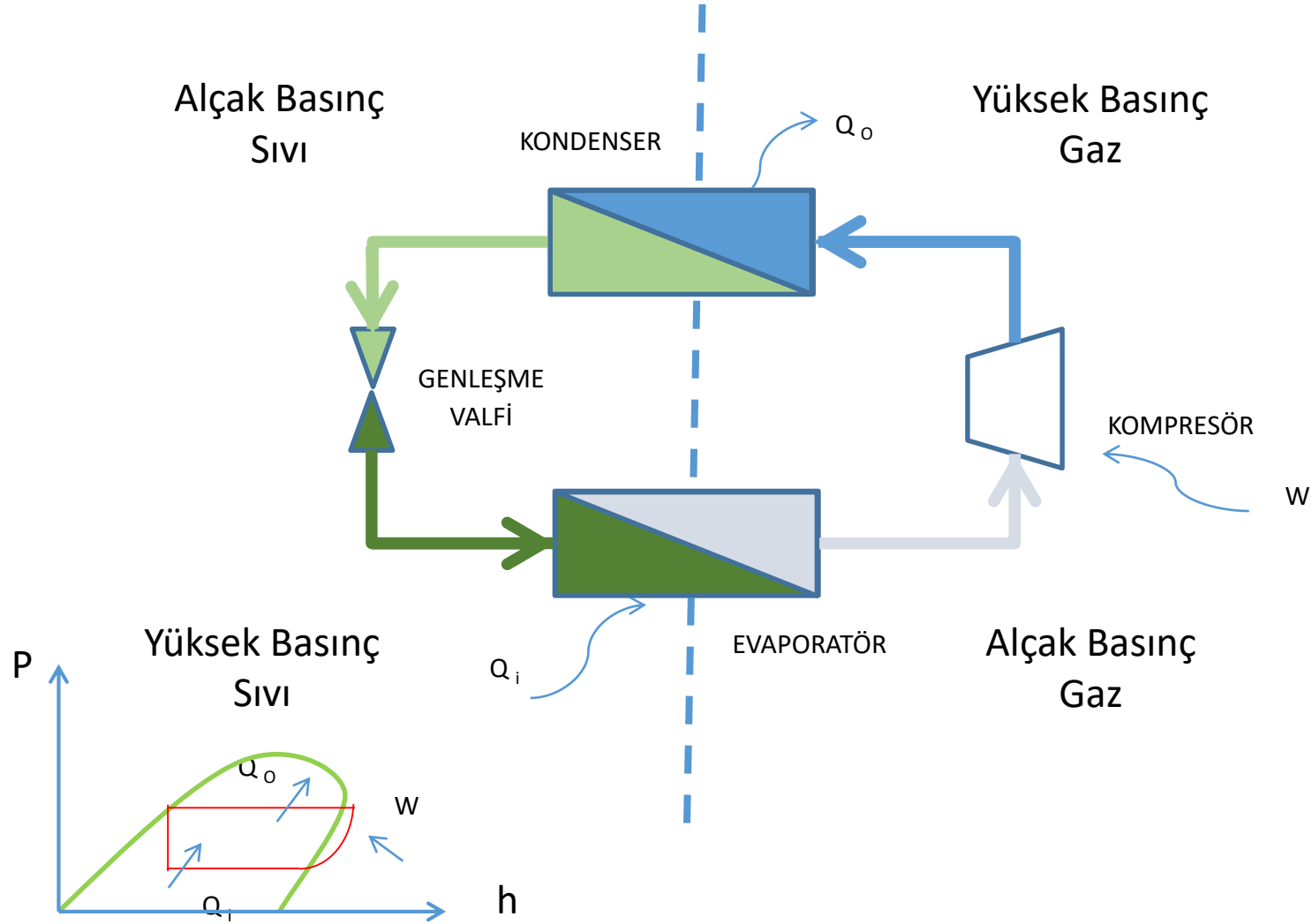
# Absorpsiyonlu Soğutma Sistemleri

**Isıyı kullanarak soğutma enerjisi üreten ekipmana  
“Absorpsiyonlu Soğutucu” denir**

**Kojenerasyonun atık ısısından sıcak su ve/veya buhar  
üretilerek Absorpsiyonlu soğutucu ile soğuk su üretilmekte ve  
üçlü üretime geçilmektedir**

**Bu çevrim genellikle sıcak suyun kış aylarında ısıtma için  
kullanılması ve yaz aylarında da atık ısının atmosfere  
atılmasının önlenmesi için kullanılmaktadır**

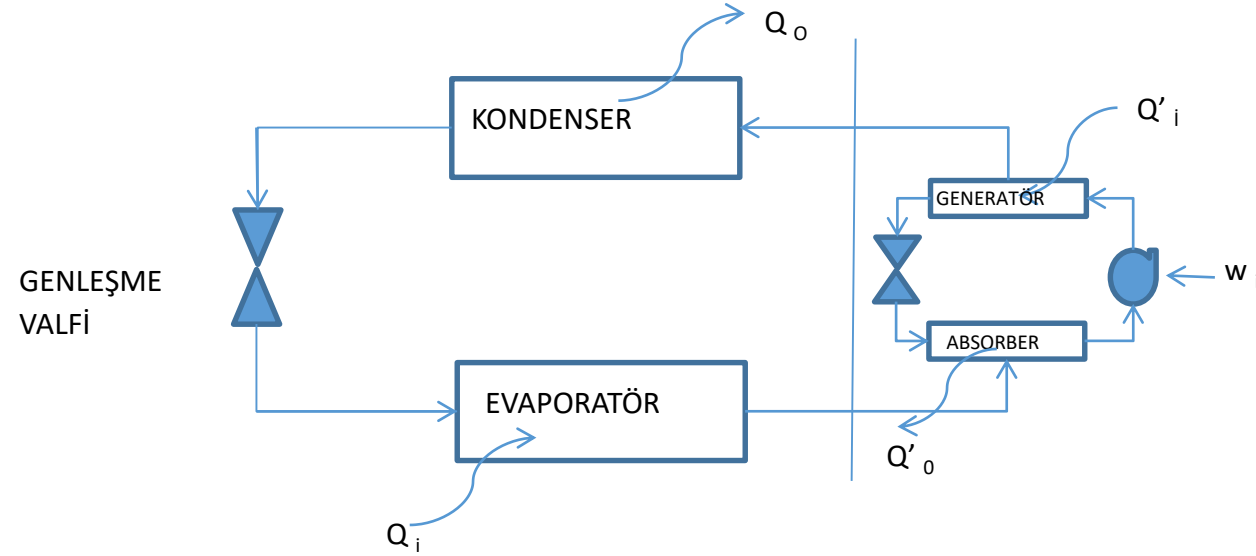
# Buhar Sıkıştırımlı Soğutma



# Buhar Sıkıştırmalı Soğutma



# Absorbsiyonlu Soğutma



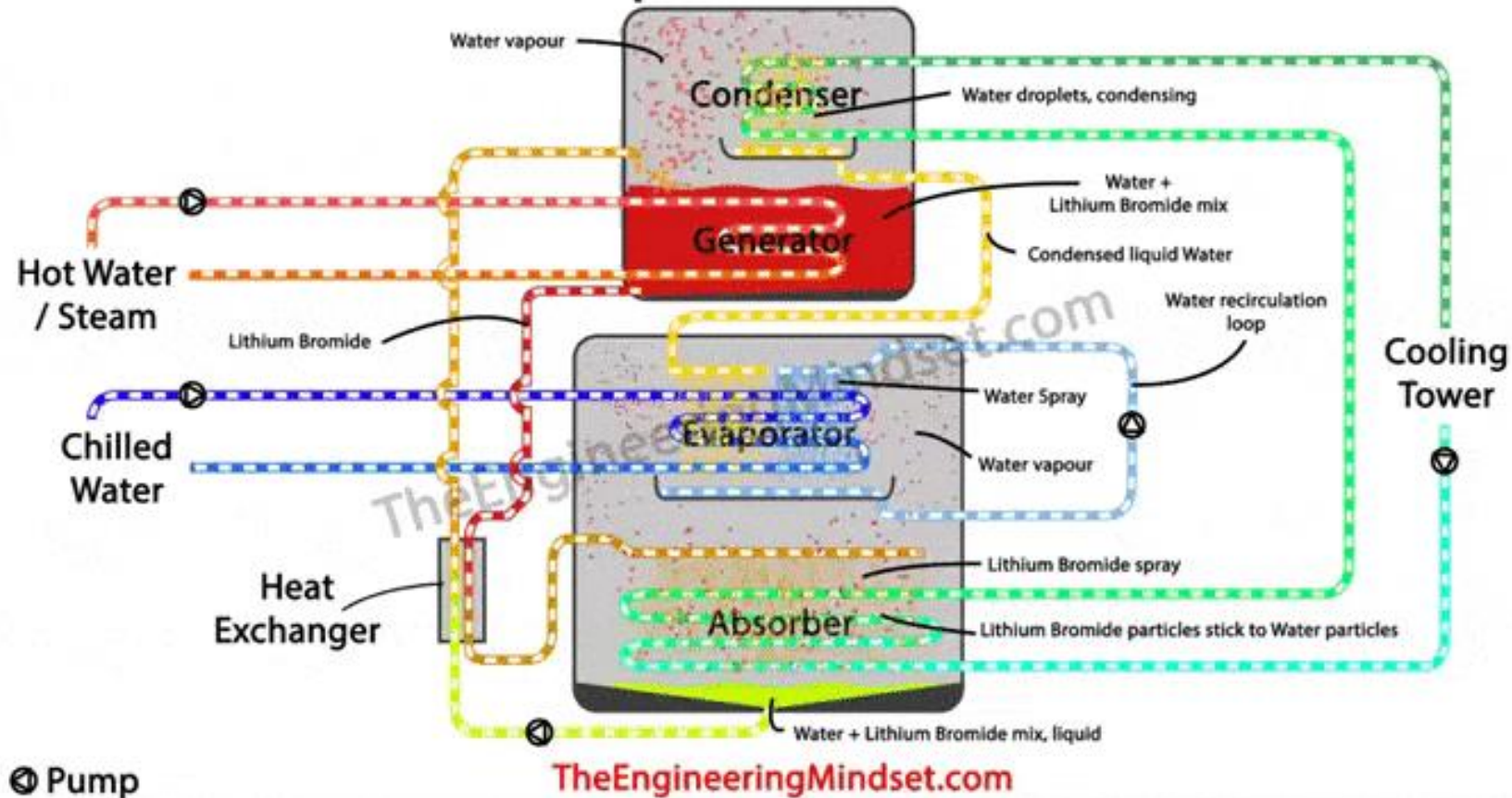
- LiBr çevrimli sistemler : Aborbent LiBr, soğutucu akışkan H<sub>2</sub>O
- NH<sub>3</sub> çevrimli sistemler : Aborbent H<sub>2</sub>O, Soğutucu Akışkan NH<sub>3</sub>
- COP değerleri ~ 0,7

# Absorbsiyonlu Soğutucu Genel Görünüş



# Absorbsiyonlu Soğutucu Nasıl Çalışır ?

## How Absorption Chillers Works





# Absorpsiyonlu Soğutma Avantajları

- Çalışan parça sayısı diğer soğutma gruplarına göre daha az olduğundan arıza yapma olasılığı da çok daha az olmaktadır. Bakım ihtiyacı azdır.
- Sistemdeki parça sayısının azlığı nedeniyle gürültü seviyesi düşük olmaktadır.
- Enerji maliyeti düşüktür. Absorpsiyonlu soğutma grubu yerine elektrikle çalışan başka bir soğutma grubu kullanılması durumunda, tüketilecek olan elektrik enerjisi önemli bir miktarda fazla olacaktır.
- Kompresör olmadığı için gaz da kullanılmamaktadır. Gaz kaçağı olmadığı için çevreyi kirletme etkisi “0” dır.

# Trijenerasyon Uygulama Alanları

- Hastaneler
- Alışveriş Merkezleri
- Oteller
- Kampüsler
- Toplu Konut Alanları





# Lisanssız Elektrik Üretimi Kapsamında Kojenerasyon

02.10.2013 tarih ve 28783 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğinde kojenerasyon tesislerinin Bakanlıkça belirlenecek olan verim kriterlerini sağlaması şartıyla şirket kurma ve lisans muafiyetinden faydalanılabileceği belirtilmektedir. Bu kapsamda 18/09/2014 tarihli ve 29123 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren *Kojenerasyon ve Mikrokojenerasyon Tesislerinin Verimliliğinin Hesaplanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Tebliği* ile verimlilik kriterleri belirlenmiş olup Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından bu kriterleri sağlayan kojenerasyon tesislerine verim belgesi düzenlenmektedir.

Söz konusu süreçte lisanssız elektrik üretim tesisi kurmak isteyen gerçek veya tüzel kişiler;

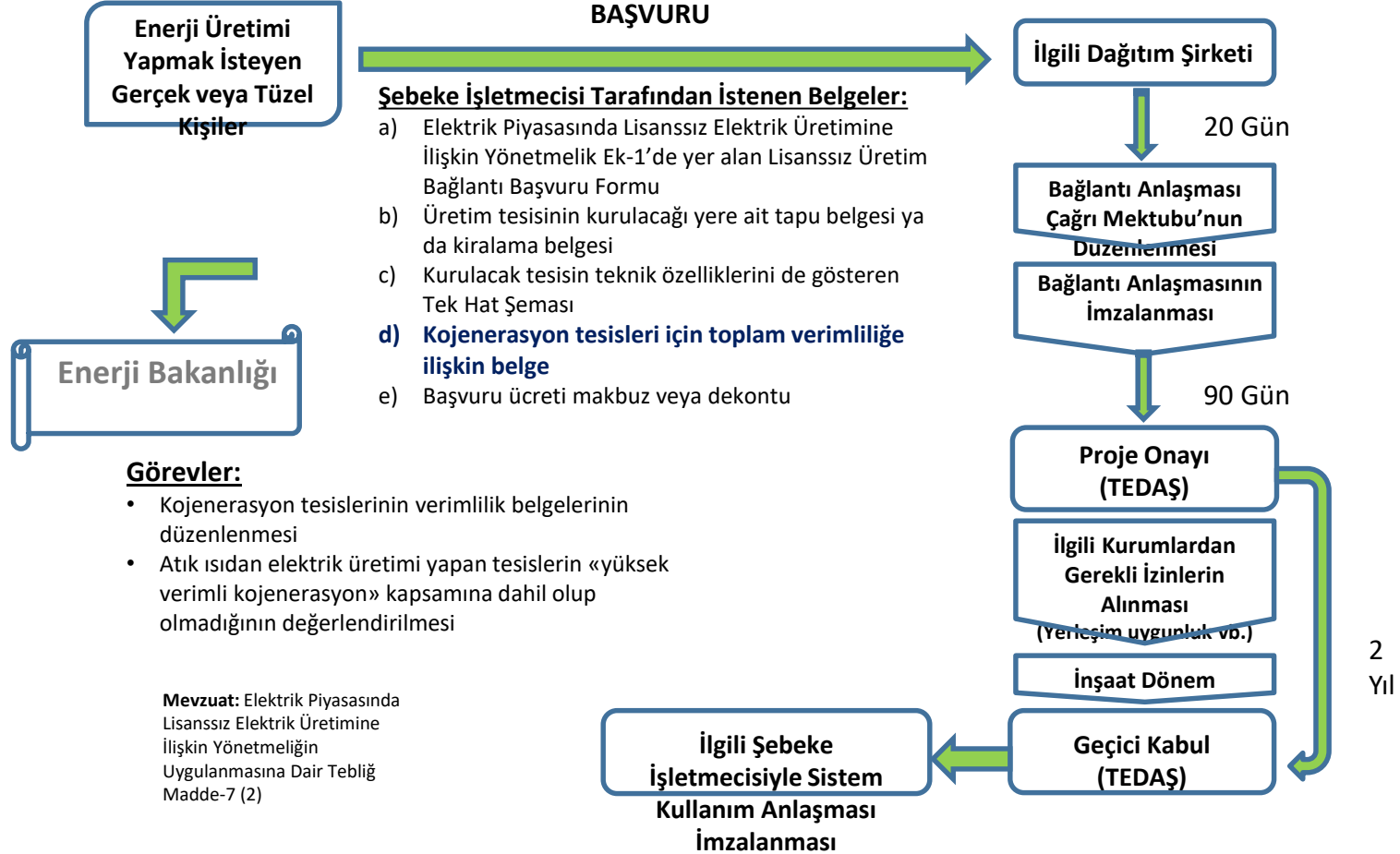
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğünden verim belgesi alır,
- Bölgesel dağıtım şirketine çağrı mektubu alır,
- TEDAŞ Genel Müdürlüğüne projeyi onaylatır,
- Tesisin 2 yıl içinde kurulmasını müteakip TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından proje kabulü gerçekleştirilir.

# Verim Belgesi Kriterleri

İçten Yanmalı Motorlu sistemler için ;

- 1- Elektrik Enerjisi /Üretilen Isı enerjisi Oranı  $\leq 1,5$
- 2- Verim ( $\eta$ )  $\geq 0,75$
- 3- Birincil enerji kaynağında en az yüzde on ve üzeri tasarruf sağlama

# Akış Şeması



# Uygulamada Karşılaşılan Sıkıntılar

- 1- Yetersiz fizibilite,**
- 2- Ekonomik Dalgalanmalar (Doğalgaz, Döviz Kuru Değişimleri)**
- 3- Kamu uygulamaları açısından; ihale yasası, kontrollük hizmetleri vb.**

# Fizibilite

Gaz Jeneratörü Sayısı		2	
Jeneratör Modeli		TJ400MNNC-5A	
Elektrik Üretim		400	kWe
Isı Üretim		513	kWth
Çiller Soğutma Kapasitesi		700,00	kWth
Elektrik Birim Fiyatı		0,4	TL
Doğalgaz Birim Fiyatı		0,75	TL
Doğalgaz Alt Isıl Birimi		8250	kcal
Jeneratör Gaz Tüketimi		108	m3/h
Yıllık Çalışma Saati Elektrik	12 ay	8000	saat
Yıllık Çalışma Saati Isıtma	8 ay	5200	saat
Yıllık Çalışma Saati Soğutma	4 ay	2800	saat
Gaz Jeneratörü Yağ Tüketimi		0,23	lt/h
Motor Yağ Kapasitesi		90	litre
Kazan Verimi		0,9	
1 m3 Doğalgaz Isıl Gücü		9,60	kW
1 kW güç		860	kcal/h
Çiller COP		4	
Yağ Yoğunluğu		0,90	g/ml
Döviz Kuru		4	Euro/TL
<b>Kojenerasyon Kazancı</b>			
Elektrik Kazancı		1.286.208,00 ₺	TL/yıl
Isı Kazancı		231.731,00 ₺	TL/yıl
Soğutma Kazancı		147.000,00 ₺	TL/yıl
Toplam		1.664.939,00 ₺	TL/yıl
<b>İşletme Giderleri</b>			
Gaz Tüketimi		653.600,00 ₺	TL/yıl
Isıtma İç Tüketimi		48.000,00 ₺	TL/yıl
Bakım & Servis Gideri		68.000,00 ₺	TL/yıl
Yağ Gideri		14.193,00 ₺	TL/yıl
Toplam		783.793,69 ₺	TL/yıl
<b>Net Kar</b>			
(Elektrik + Isı + Soğutma Geliri) - İşletme Gideri		881.145,22 ₺	TL/yıl

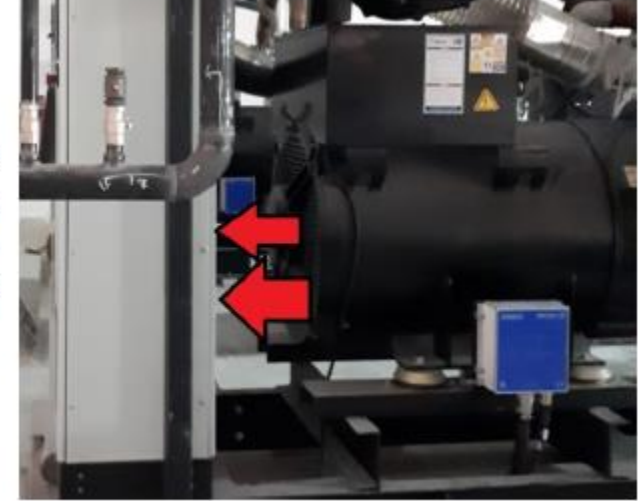
Bakım Maliyetleri ?  
Yağ değişim ?

# Kötü Uygulamalar

Doğalgaz tesisatının yere yakın kottan gelerek gensete giriş yapmak için yükseldiği noktaya kadar olan kısımda gerek genset etrafında çalışacak personel; gerekse konumu değiştirilmesi gereken herhangi bir ekipman için engel teşkil edecektir.



Yandaki resimde, genset panosunun alternatöre en yakın noktaya yerleştirilmiş olması yüksek sıcaklığa sahip olacak olan alternatörün havalandırılmasına engel olacağı gibi panonun da ısınmasına neden olacaktır.



# Kötü Uygulamalar

Tesis genelinden yayılacak olan gürültüyü önleyici önlemler bulunmamaktadır.



Aşağıdaki diğer resimde görüleceği üzere, her iki gasetin tüketeceği doğalgazın ayrı ayrı ölçülmesine uygun ölçüm sistemi bulunmamaktadır.





