

YERİNDE ENERJİ ÜRETİMİ - KOJENERASYON SİSTEMLERİ

Dr. Sinan PRAVADALIOĞLU

EMO İzmir Şubesi Enerji Verimliliği Komisyonu Üyesi
TAES ENERJİ Mühendislik Ltd.Şti.
Cumhuriyet Bulvarı, No: 26/508 35250, Konak, İzmir
info@taesenerji.com

ÖZET

Enerji uygulamalarında kojenerasyon, yani bileşik ısı-güç üretim sistemleri (CHP, Combined Heat and Power), buhar ve elektriğin birlikte üretildiği sistemlerdir. Bu sistemlerde atık ısı değerlendirilerek enerji verimliliği artırılır ve konvansiyonel sisteme göre enerjiden daha fazla yararlanılması sağlanır. Enerji tüketildiği yerde üretildiğinden, iletim ve dağıtım hatlarında oluşan kayıpları ortadan kaldırır, şebekeden etkilenmeden, kesintisiz ve kaliteli elektrik arzı sağlar.

GİRİŞ

Enerji ile Ekonomi arasında ayrılmaz bir ilişki vardır. Dünyada bugün kullanılan enerjinin yaklaşık olarak %86 fosil, %6 nükleer, %6 hidrolik ve %2 yenilenebilir enerji kaynaklardan elde edilmektedir. Gelişmekte olan ülkeler grubunda yer alan Türkiye'nin yerli üretimle karşılanan enerji ihtiyacı 1990 da %47,7 iken 2000 yılında %33 olmuş ve 2023 de %23,6 düşmesi beklenmektedir. Elektrik Üretim Kaynak /Yakıt Bazında Dağılımı 2010 yılı sonu itibarıyla %45.9 doğalgaz, %24.5'sini hidrolik enerji, %17.94 linyit, %6.84 ithal kömür, %2.3 sıvı akaryakıt ve 1.84 yenilenebilir enerji ve diğerleri karşılamaktadır[1].

Enerjinin üretimi doğrudan etkilemesinden dolayı enerji ile ekonomi arasında ayrılmaz bir ilişki vardır. Bu nedenle enerji kullanımındaki verimliliğin artırılmasının önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

Klasik güç santrallerinde fosil esaslı yakıt enerjisinin üçte biri elektrik enerjisine dönüştürülebilir, üçte ikisi ise soğutma suyu olarak çevreye atılır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji henüz yeterli seviyede değildir. Sanayileşmenin sürekli ve kaliteli enerji isteği, elektrik ve ısı enerjisine olan talebi hızla artırmakta, bu durum yatırımcıları kendi enerjilerini üretmeye zorlamaktadır.

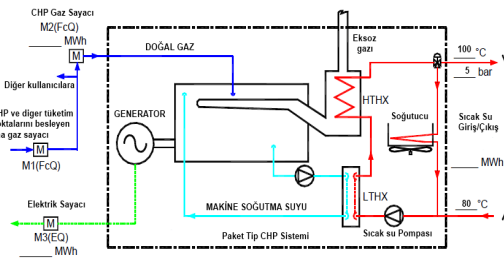
Ancak Dünyada Bölgesel (Dağıtık) Enerji Modeline geçilmektedir. Gelecek yerinde enerji üretimdir. Çünkü yerinde üretim daha temiz, daha ucuz ve daha güvenilirdir. Özetlersek,

- Enerji üretimi tüketildiği yerde gerçekleştirildiğinden, iletim ve dağıtım hatlarında oluşan kayıplar ortadan kalkar, verimlilik artar, şebekeden etkilenmeden, kesintisiz ve kaliteli elektrik arzı sağlanır. Ayrıca merkezi üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinin yatırım ve bakım maliyetleri önemli ölçüde düşer.
- Bölgesel, yerel hidroelektrik, güneş, rüzgar, jeotermal ve biyokütle kaynaklardan en yüksek düzeyde yararlanma sağlanır,
- Yakıt tasarrufu sağlanarak enerji giderleri azaltılır,
- Şebeke yükü dengelenerek arz güvenliği desteklenir,
- CO2 salımları azaltılarak, hava kirliliği ve küresel iklim etkisinin azaltılması sağlanır.

KOJENERASYON NEDİR

Kojenerasyon; Bileşik ısı-güç üretimi(CHP) demektir. Doğalgaz, Biomass, Biogaz gibi bir yakıt kaynağından, yüksek verimli olarak elektrik ve ısı enerjisinin birlikte üretimidir. Böyle bir sistemle, elektrik, sıcak su ve buhar, eş zamanlı olarak

birlikte üretilerek kullanıcıya sağlanır. Sadece elektrik üretimi yapan termik santrallerde verim %30-40'ı geçmez iken kojenerasyonda ikili üretim yapılarak %80-90 seviyelerinde yüksek verimlere ulaşılmaktadır. Kojenerasyon sistemleri, yakıtı, elektrik ve ısıya dönüştürmenin en verimli yoludur. Bu sistemle enerji üretim maliyetlerinizi %40 oranında düşürerek, azami tasarruf sağlarsınız. Gaz Motorlu Paket Tip Kojenerasyon Ünitesi Prensi Şeması Şekil 1 de gösterilmiştir.

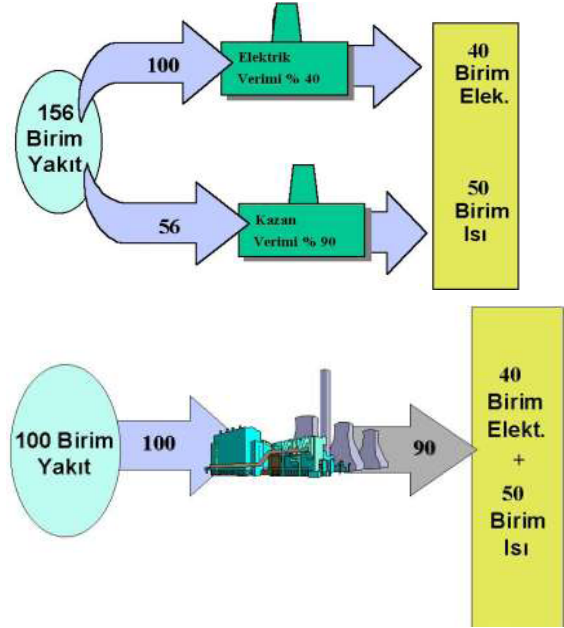


Şekil 1: Gaz Motorlu Paket Tip Kojenerasyon Ünitesi Prensi Şeması

Maksimum kapasitesi 50 kW' ın altında olanlar mikrokojenerasyon, 50kW dan büyük ve 1 MW' ın altında olan tesisler ise küçük ölçekli kojenerasyon tesisleri olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca toplam verimlilik değeri (ısıl verim + elektriksel verim) %70 ve üzerinde olan tesisler de, yüksek verimli tesisler olarak tanımlanmıştır.

Kojenerasyon sistemleri ile, elektrik, doğalgaz, kömür için ayrı, ayrı faturalar ödemek yerine, tek bir gaz faturası ödeyerek ihtiyaç duyulan enerjiler üretilir. Bu sistemler ile beslemede, işletmenizdeki kalitesiz elektrik, elektrik kesintileri ve ani gerilim düşümleri arıza halleri dışında, oluşmaz. Şekil 2 de Elektrik ve ısının ayrı ayrı üretilmesi halinde toplamda 90 birimlik enerji üretimi için 156 birim yakıt harcanırken, birlikte üretilmesi halinde 100 birim yakıt harcandığı gösterilmiştir. Bu durumda aynı enerjinin üretimi için; $100/156 = \%64$ oranında daha az yakıt harcanmakta ve dolayısıyla %36 oranında yakıttan tasarruf sağlanmaktadır.

Gaz motorları denilince, yakıt olarak ilk önce doğalgaz akla gelmekte fakat atık arıtma tesislerinden kanalizasyon gazı (Sewage gas), çöp depolama tesislerinden çöplük gazı (Landfill gas) ve benzer şekilde biyogaz, kok gazı vb. yakıtlarda kullanılabilir. Üstelik atıklardan elde edilen bu gazlar elektrik ve ısı üretmek için direkt olarak kullanılabilir.



Şekil 2: Elektrik ve ısının ayrı ayrı ve birlikte üretilmesi halindeki yakıt giderleri

Pistonlu bir gaz motorunda yanan yakıt enerjisinin (birincil enerjinin);

- %35-40'lık kısmı mekanik güce,
- %30-35'i motor gömlek ısısına,
- %25-30'luk kısmı egzoz ısısına
- %7-10'luk kısmı radyasyon enerjisi olarak kayıp enerjiye dönüşmektedir.

Atık ısının; gaz motorlarında yaklaşık %70'i sıcak suya, %30'u buhar fazına geçmektedir.

1 m³ doğal gazın içerisinde 10,64 KWh enerji değeri bulunmaktadır ve kabaca 10KW elektrik enerjisine karşılık gelmektedir. Kojenerasyon santrali toplam çevrim veriminin %90 olduğu düşünülerek, 1m³ doğal gazdan 9KW elektrik enerjisine karşılık gelen elektrik ve ısı enerjileri birlikte elde edilmektedir.

Kojenerasyon ile Sağlanan Birincil Enerji Tasarruf Oranı:

Kojenerasyon ile gerçekleştirilmek istenilen en temel amaç, yakıt tasarrufudur. AB Paramentosu 2004/8/CE tarihli Kojenerasyon direktifinde Primer (Birincil) Enerji Tasarruf Oranı(PES) [2];

$$PES = \left[1 - \left(\frac{CHP H\eta}{Ref H\eta} + \frac{CHP E\eta}{Ref E\eta} \right)^{-1} \right] \cdot 100 =$$
$$= \left[1 - \left(\frac{34\%}{90\%} + \frac{44,4\%}{48,49\%} \right)^{-1} \right] \cdot 100 \approx 23\%$$

olarak tanımlanmıştır. Bu eşitlikte,

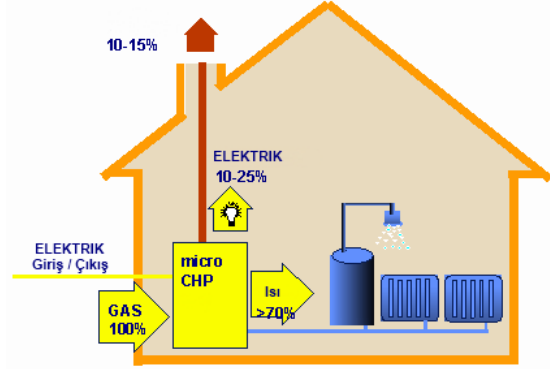
- PES : Birincil Enerji Tasarruf Oranı
- CHP H η : Kojenerasyon ile üretilen ısı verimlilik değeri
- CHP E η : Kojenerasyon ile üretilen elektrik verimlilik değeri
- Ref H η : Tek başına ısının üretilmesi halinde verimlilik referans değeri
- Ref E η : Elektriğin tek başına üretilmesi halinde verimlilik referans değeridir.

DÜNYADAKİ UYGULAMALARI

Kyoto Protokolü'yle birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarına ve enerji tasarrufu sağlayan Kojenerasyon teknolojileri gibi yeni enerji üretim yöntemlerine dünyada verilen önem çok artmıştır.

Enerji tasarrufu için AB içerisinde kojenerasyon sistemleriyle bileşik ısı-güç üretimi yapılarak mevcut tüketim odaklarının beslenmesi, topluluğun enerji politikasındaki önceliklerden birini oluşturmaktadır. Enerji tasarrufu sağlaması, şebeke kayıplarını önlemesi, sera etkisi yaratan gazların salınımlarının azaltılmasına katkıda bulunması gibi çok önemli faydaları nedeniyle AB, 11 Şubat 2004 tarihinde Kojenerasyon(CHP) Yönergesi'ni yayımlayarak, yüksek verimli enerji üretim tesislerinin tanıtımını ve teşvikini amaçlamıştır.

Bileşik ısı-güç üretimi Avrupa'da hızla yaygınlaşmaktadır ve 2010 yılı itibariyle, toplam ısı ve elektrik üretiminin %18' ini sağlamaktadır. Bu yöntem ile elektrik ve ısı üretimi, Danimarka gibi bazı AB ülkelerinde ise toplam üretim içinde %51 oranına kadar çıkmaktadır[3].



Şekil 3: Mikrokojenerasyon uygulaması

Avrupa Birliği'nde özellikle yüksek verimli küçük ölçekli ve mikro kojenerasyon birimleri için şebekeye bağlantı işlemleri kolaylaştırılarak, yönetmelikler basitleştirilerek ve finansal destekler verilerek, bu sistemlerin kullanımı teşvik edilmektedir

Örneğin Almanya'da Mikrokojenerasyon tesislerine oluşturulan yasalar çerçevesinde önemli teşvikler getirilmiştir. Bu sayede Mikrokojenerasyon birimleri elektrik ve gaz vergilendirilmesinden muaf tutulmaktadır. Ayrıca şebekeye fazla ürettikleri elektriği vermelerinde öncelik tanınmakta ve bu elektrik teşvikli fiyattan satın alınmaktadır. Ayrıca enerji verimliliğiyle ilgili standartların karşılanmasında kojenerasyon tesislerinden yararlanılabileceği yasa belirtilmiştir. Örneğin binalarda uyulması istenen enerji verimliliğiyle ilgili şartların mikrokojenerasyon tesisi kurulması halinde hafifletilmesi öngörülmüştür. İzolasyonla ilgili istenen sıkı düzenlemelerin Mikrokojenerasyon tesisi kurulması halinde azaltılacağı belirtilmiştir. Almanya'da bu tip Mikrokojenerasyon enerji üretim üniteleri genellikle küçük ticari binalara, apartmanlara, ofislere,

hastanelere kurulmaktadır. Bu teşviklerin sonucunda 2004 yılının Ekim ayına kadar 16.000 kojenerasyon ünitesi Almanya’ da kurulmuş olup, 2020 yılına kadar bu sistemler vasıtası ile elektrik üretiminin, toplam üretim içindeki oranının %25 çıkarılması hedeflenmektedir.

İngiltere’de yapılan düzenlemelerle mikrokojenerasyon sistemlerinin şebekeye bağlanması için şebekeyi işleten firmanın izni gerekmemektedir. İkametgah alanları dışındaki enerji kullanıcıları İngiltere’de iklim değişikliği vergisi ödemektedirler. Eğer mikrokojenerasyon ile enerji ürettiklerini ve üretim birimlerinin yüksek verimli olduklarını belgeleyebilirlerse bu vergiden muaf tutulmaktadır.

İngiltere, CO₂ azaltım yükümlülüğünün %18’ inin kojenerasyon teknolojisi ile azaltılabileceğini planlamaktadır. Çünkü 1 Evin yıllık CO₂ azaltımı, 1.7–9.0 ton arasında hesaplanmaktadır ve ülkenin yıllık CO₂ azaltımının 60 milyon ton olması beklenmektedir.

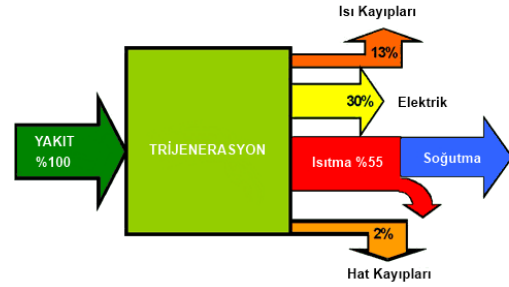
Bu arada Avustralya, gelecek 10 yıl içinde karbon emisyonunu sıfıra indirmeyi planlamış olup, yaptırım olarak da karbon vergisini %40 olarak yasalaştırmaya çalışmaktadır.

Mikrokojenerasyon üniteleri tamamen otomatik sistemlerdir ve yaygın olarak kullanılanları genellikle 3-12 kW elektrik ve 17-32kW ısı üretenlerdir.

Büyük ticari işletmeler, oteller, hastaneler, alışveriş merkezleri, okullar, kojenerasyon teknolojisinin uygulanarak çok verimli sonuçların alındığı yerlerdir. Bu tür işletmelerde bir adım daha öne gidilerek Kojenerasyon sistemine ek bir Absorbsiyon Çiller ünitesi eklenerek işletmenin soğutma ihtiyacı da elde edilen ısıdan karşılanmaktadır. Ancak Projenin hazırlanması aşamasında işletmede üretilen enerjilerin tümünün tüketilecek şekilde dizayn edilmesi gerekmektedir.

TRİJENERASYON SİSTEMLERİ

Trijenerasyon enerjinin güç, ısıtma ve soğutma olarak 3 farklı biçiminin eşzamanlı olarak birlikte üretimidir. İşletmeler böyle bir santral sayesinde kendi elektrik enerjisi ihtiyacının tamamını karşılayabildiği gibi, sıcak su, su buharı ve soğutma işlemlerini de çok daha ucuza mal edebilmektedir.

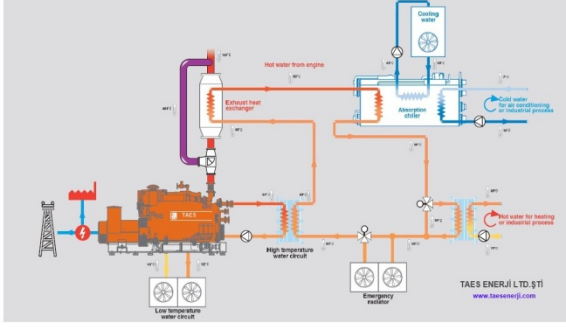


Şekil 4: Trijenerasyon Sistemi prensip gösterimi

Trijenerasyon sistemleri, tipik merkezi sistemlere göre %300 daha verimlidir. Böyle bir sistemin toplam verimi %86 - %93 aralığındayken, klasik merkezi bir sistemin verimi %33 civarlarındadır. Ancak temel felsefesi tasarruf sağlamak olan bu sistemlerinin etkin ve verimli hizmet vermesi için öncelikli olarak sistem kapasitesinin doğru belirlenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde verimsiz, hatta atıl tesislerin oluşması kaçınılmaz olacaktır.

Bir Trijenerasyon tesisi, Şekil 5’ de gösterilmiş olan ana ünitelerden oluşur.

- Gaz motor- generatör grubu ve yardımcı tesisleri; Elektrik üretmek için.
- Atık ısı kazanı ve yardımcı tesisleri; Sıcak su veya buhar üretimi için.
- Absorbsiyon Çiller ünitesi ve yardımcı tesisleri; Soğutma sistemine soğuk su üretmek için.
- Transformatör ve şalt tesisi, kontrol kumanda sistemleri; Şebeke ile bağlantı sağlamak ve üretilen enerjiyi şebekeye verebilmek için.



Şekil 5: Bir Trijenerasyon tesisi ana üniteleri

Kojenerasyon Sistemlerinin Avantajları:

- Santralin bir diğer önemli avantajı da yaşanan elektrik kesintilerinden ve kirli elektrikten kurtulmayı sağlamasıdır. Kesintisiz, harmoniksiz, ani voltaj düşüşlerinin yaşanmadığı kaliteli ve sürekli bir elektrik arzı işletmede kullanıma sunulmaktadır. Yine kojenerasyon ile reaktif enerji ceza bedeli ödeme, reaktif güç kompanzasyonu ve yedek dizel jeneratör yatırımları yapmaya da gerek kalmamaktadır.
- Kojenerasyon tesislerinin, sadece sera gazı salınımlarının azaltılmasında ve enerji tasarrufu sağlanmasında değil, enerjinin tüketildiği bölgede üretilmesiyle, enerji arzı güvenliğinin artırılması ve kayıp-kaçak oranlarının düşürülmesinde de ulusal açıdan çok önemli katkıları olmaktadır.
- Tek bir bağlantı noktası üzerinden şebekeden hem elektrik alışı hem de şebekeye elektrik satışı mümkün olduğundan, herhangi bir arıza durumunda, işletmede elektrik kesintisi meydana gelmez.
- Özellikle Ege ve Akdeniz bölgesi gibi ılıman iklime sahip illerde trijenerasyon uygulaması, sadece kojenerasyona uygulamasına göre daha avantajlıdır. Atık ısıdan soğutma amaçlı yararlanılmadıkça yaz aylarında sistem verimi çok düşecek, sadece elektrik üretir konuma gelinecektir. Sistemin bütün avantajlarından tam olarak

yararlanabilmek için trijenerasyon uygulaması yapmak işletmeye önemli katkı sağlar. Çünkü absorpsiyonlu sistemde kullanılan ısının tamamen atık ısı olduğu düşünülürse sistemin ne kadar verimli olduğu daha iyi anlaşılır.

Kojenerasyon Sistemlerinin Kazançları:

- Fizibilite olarak net rakamları hesaplandığında çıkarttığımız değerler daha üstünde kazançlar ortaya çıkmaktadır. Çünkü işletme sahiplerinin çoğunlukla hesaba katmadığı ilave kazançlarda vardır. Örneğin bir elektrik arızası olduğunda üretimin durması, üretimin zarar görmesi, iş ve üretim kayıpları gibi giderler de ortadan kaldırılmaktadır.
- Doğalgaz, fuel-oil, biyogaz ve biyo-yakıt ile çalışabilme seçeneklerine sahiptir. Sistem maliyeti, elektrik, sıcak su ve buharın tümünün kullanımı halinde kısa süre içinde karşılanmaktadır.
- Sanayi tesisleri, hastaneler, oteller, alışveriş merkezleri, öğrenci yurtları, okullar ve üniversiteler için bu sistem ideal bir sistemdir. Yatırımın karşılığı kısa bir süre içinde alınmakta ve işletmeler büyük karlara geçmektedir. Kojenerasyonu asıl verimli kılan; çalışma saatini maksimuma çıkartıp, elektrik ve atık ısının sürekli olarak birlikte kullanılmasını sağlamaktır.
- Elektrik üretiminin tüketimi karşılamadığı durumlarda şebekeden elektrik çekerek, fazla üretim halinde de şebekeye elektrik satarak, sistemin tam yük ve maksimum verimde çalışması sağlanırsa, en yüksek kazanç sağlanır.

EKONOMİK DEĞİŞKENLER NELERDİR

Bir kojenerasyon tesisinin kurulup kurulamayacağına karar verme aşamasında en önemli değişkenler, ekonomik değişkenlerdir. Bunun için ayrıntılı bir çalışma yapılması gerekir. Yapılacak böyle

bir çalışmada dikkate alınması gereken önemli değişkenleri aşağıda gösterildiği gibi sıralayabiliriz[4].

- Sistem tarafından satın alınacak olan gücün birim değeri,
- Satın alınacak yakıtın birim değeri,
- Sistemin bakım ve işletme giderleri için yapılacak olan birim harcamalar,
- Sisteme yapılan yatırımın geri dönmesi esnasında uygulanan faiz, vergi oranı ve sigorta giderleri,
- Personel ve yönetim giderleridir.
- Yakıt harcamaları sistemin kurulu gücüne göre değişir. Yakıt tüketimi sistemin çalışma yükünün değişmesiyle artar veya azalır.
- Bakım ve işletme giderleri önemli değişkendir. Bütün kurulu tesisler periyodik bakım ihtiyacı duyarlar, ancak tahmin edilemeyen bakım harcamalarını da dikkate almak gerekir.
- Ekonomik incelemede kojenerasyon sisteminin yıllık elektrik ve buhar üretimi, sistemin işletme süresi ve kısmi çalışma yükü mutlaka dikkate alınmalıdır.
- Kojenerasyon sistemlerinin optimum ekonomik ömürleri 100.000 ila 150.000 saat mertebelerindedir. Bu ise yaklaşık 12-20 yıla tekabül etmektedir.
- Sistemlerin uzun sürelerde ve kesintisiz çalışması çevrimlerin karlılığını önemli ölçüde değiştirmektedir. Sistemin tam yükte yıl boyunca kesintisi çalışması, karlılığı maksimum yapmakta ve yatırımın geri ödeme süresini kısaltmaktadır.

SONUÇLAR

2009 yılı içinde dünyada doğalgaz bolluğu olduğu için fiyatlar m³ itibariyle 52 cent'ten 33 cent'e düşmüştür ve halen de bu fiyat yürürlüktedir. Doğal gaz Birim Fiyatı TL/m³ olarak 0,54TL dir. Bu nedenle, doğal gaz yakan kojenerasyon tesisleri ve kombine çevrim santralleri kurulumları son yıllarda ülkemizde hızlı bir şekilde artmıştır. Halen yaklaşık

6000MW'lık doğal gaz santrali lisansı alınmış ve kurulma aşamasına gelinmiştir.

Yasal mevzuatların bir an önce AB standartlarında düzenlenmesi ve şebekeye bağlantı yönetmeliklerinin sadeleştirilmesi ile çok önemli ekonomik tasarruflar vaat eden kojenerasyon ve trigenerasyon uygulamalarının önü ülkemizde de açılacaktır. Özellikle Kyoto Protokolüne imza konulmasıyla birlikte Kojenerasyon'un önemi daha da artmıştır.

Sonuç olarak Enerjiyi akılcı ve verimli kullanan özel ve resmi bütün kurum ve kuruluşlar daha fazla rekabet etme imkânına kavuşacaklardır.

KAYNAKLAR

1. Dr. Mustafa GÖZEN, "Düzenleme Perspektifinden Ülkemiz Elektrik Piyasası: Geline Aşama ve Hedefler", ICCI 2011, İstanbul.
2. <http://www.cogeneurope.eu/2009/07/16/cogeneration-directive/>
3. Jan De Wit, "Mini and Micro Cogeneration" Danish Gas Technology Centre, ICCI 2011, İstanbul.
4. Gürhan, L., 2003, Kojenerasyon Sistemleri ve Amortisman Süresine Etki Eden Parametrelerin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü.