



KOJENERASYON DEĞERLENDİRME RAPORU

***ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ÇEVRE
DAİRESİ BAŞKANLIĞI***

PROJE DESTEKLERİ DAİRE BAŞKANLIĞI

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|----|
| GİRİŞ | 5 |
| KOJENERASYON HAKKINDA BİLGİLER..... | 7 |
| Kojenerasyon Nedir?..... | 7 |
| Teknoloji Türlerine Göre Kojenerasyon Sistemleri | 9 |
| Buhar Türbinli Sistemler | 9 |
| Gaz Türbinli Sistemler | 10 |
| Kombine Çevrim Sistemleri..... | 12 |
| Şekil 6: Kombine Çevrim Sistemleri..... | 12 |
| İçten yanmalı Motorlu Sistemler | 12 |
| Trijenerasyon..... | 13 |
| Mikro-kojenerasyon | 14 |
| Kullanım Alanlarına Göre Kojenerasyon Sistemleri..... | 14 |
| Sanayi Sektöründeki Kullanım Alanları..... | 15 |
| Bina ve Hizmetler Sektöründeki Kullanım Alanları | 17 |
| DÜNYA'DA SEKTÖRÜN GÖRÜNÜMÜ..... | 18 |
| AB ve Dünyadaki Gerçekleşmeler | 18 |
| Kojenerasyon Sistemlerine Verilen Destekler..... | 21 |
| TÜRKİYE'DE SEKTÖRÜN GÖRÜNÜMÜ | 22 |
| Türkiye'deki Mevzuat ve Verim Belgesi | 22 |
| Verim Belgesi Alan Kojenerasyonların Yıllara Göre Başvuru Sayıları..... | 26 |
| Verim Belgesi Alan Kojenerasyonların Yıllara Göre Kurulu Güçleri | 27 |
| Verim Belgesi Alan Kojenerasyon Sistemlerinin Sektörel Dağılımı | 28 |
| Verim Belgesi alan Tesislerin İllere Göre Dağılımı..... | 30 |
| Kojenerasyon Tesislerinin İstihdama Olan Etkisi | 30 |
| Kojenerasyon Tesisi Yatırımı Sürecinde Yapılması Gerekenler..... | 31 |
| Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planında Kojenerasyonun Yeri | 33 |
| SONUÇ VE DEĞERLENDİRME | 34 |

| | |
|--|----|
| Şekil 1: Kojenerasyon Verimliliği | 7 |
| Şekil 2: Karşı Basıncılı Sistemler | 9 |
| Şekil 3: Ekstraksiyon Kondenserli Sistemler | 10 |
| Şekil 4: Gaz Türbinli Sistemler | 11 |
| Şekil 5: Gaz Türbinli Sistemler | 11 |
| Şekil 6: Kombine Çevrim Sistemleri | 12 |
| Şekil 7: İçten yanmalı Motorlu Sistemler | 13 |
| Şekil 8: Trijenerasyon | 14 |
| Şekil 9: Harita | 30 |
| Şekil 10: Seçim Grafiği | 31 |
| Şekil 11: Mevcut Durum Yük Grafiği | 32 |
| Şekil 12: Kojenerasyon Eklenmiş Yük Grafiği | 32 |
| Şekil 13: Büyük Seçilmiş Kojenerasyon Sistemi Eklenmiş Yük Grafiği | 33 |

| | |
|---|----|
| Tablo 1: Kojen Referans Değerleri Tablosu | 8 |
| Tablo 2: Kojenerasyon Sistemlerine Verilen Destekler | 21 |
| Tablo 3: Kojenerasyon Tesisleri Üretim ve Tüketim Verileri Tablosu | 22 |
| Tablo 4: Verim Belgesi Alan Kojenerasyonların Yıllara Göre Başvuru Sayıları Tablosu | 26 |
| Tablo 5: Verim Belgesi Alan Kojenerasyonların Yıllara Göre Kurulu Güçleri Tablosu | 27 |
| Tablo 6 :Kojenerasyon Sistemlerinin Sektörel Dağılımı Tablosu | 28 |

| | |
|---|----|
| Grafik: 1: AB Kojenerasyon Üretim Verileri | 19 |
| Grafik: 2: Dünya Kojenerasyon Kurulu Güç Verileri | 20 |
| Grafik: 3 Kojenerasyon Elektrik Üretimi (GWh) | 23 |
| Grafik: 4 Kojenerasyon Isı Üretimi (GWh) | 23 |
| Grafik: 5 Başvuru Sayılarının Yıllara Göre Değişimi | 26 |
| Grafik: 6 :Yıllara Göre Elektriksel Kurulu Güç MWe | 27 |
| Grafik: 7: Yıllara Göre Isıl Kurulu Güç MWt | 28 |
| Grafik: 8 Elektriksel Kurulu Güç Sektörel Dağılım (MWe) | 29 |
| Grafik: 9 Isıl Kurulu Güç Sektörel Dağılım (MWt) | 29 |

YASAL UYARI

Raporda yayımlanan bilgilerin güncelliği, doğruluğu, güvenilirliği ve tamliğı konusunda tüm titiz çalışmalara rağmen, olabilecek hatalardan Enerji Verimliliği ve evre Dairesi Başkanlığı (EVÇED) hiçbir taahhüt ve sorumluluk kabul etmez. Rapordaki bilgilerin yanlış kullanımı/yorumlanması sonucunda veya teknik nedenlerle siteye ulaşılamamasından (www.enerji.gov.tr) ötürü doğrudan veya dolaylı bir zarar doğması halinde, EVÇED'e hiçbir borç, sorumluluk veya mükellefiyet yüklenemez.

EVÇED raporda yer alan bütün bilgileri ve tasarımı önceden bildirimde bulunmaksızın değiştirebilir veya kullanım dışı bırakabilir.

Rapor; EVÇED Proje Destekleri Daire Başkanlığı Isı ve Kojenerasyon Grubu tarafından hazırlanmıştır. Telif hakkı ve diğer her türlü hakları EVÇED'e aittir. Rapor içerisindeki bilgiler kaynak bildirmek kaydıyla kullanılabilir.

GİRİŞ

Enerji verimliliği; enerji maliyetlerinin ekonomiye olan yükünün hafifletilmesi, enerjide arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılıktan kaynaklanan risklerin azaltılması, düşük karbonlu ekonomiye geçiş ve çevrenin korunması gibi ulusal stratejik hedefleri tamamlayan ve bunları yatay kesen bir alandır. Sürdürülebilir kalkınmanın giderek önem kazanması enerji verimliliğine yönelik çabaların değerini de artırmaktadır. Bu durum, bütün ülkeleri enerji verimliliğine yöneltmiş ve bu konudaki kararlı adımları hızlandırmıştır. Nüfus artışı, refah düzeyinin yükselmesi, hizmet sektörünün güçlenmesi ve sanayileşme gibi nedenlerden dolayı ülkemizin enerji kullanımı gelişmiş ülkelere göre daha hızlı artmaktadır.

Türkiye birincil enerji tüketimi 2018 yılı itibari ile 143,6 MTEP, nihai enerji tüketimi 109,1 MTEP olarak gerçekleşmiştir. Ülkemiz enerjide dışa bağımlılığı yüksek olan ülkeler arasında yer almaktadır. Ülkemiz, enerji ve doğal kaynaklarını verimli ve çevreye duyarlı şekilde değerlendirerek ülke refahına en yüksek katkıyı sağlama misyonu, enerji ve doğal kaynaklarda güvenli bir gelecek vizyonu ile enerjinin üretiminden nihai tüketimine kadar bütün süreçlerde verimliliğin artırılmasını hedeflemektedir.

Bu bağlamda, 2007 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu ile yeni bir dönüşüm süreci başlatılmıştır. Kanun kapsamında yayımlanan yönetmelik ile kojenerasyon santrallerinin destek programlarından faydalanabilmeleri sağlanması öngörülmüş ancak yerli üretim ile ilgili getirilen kriterler ve tesislerin yatırım maliyetlerinin destek miktarının üzerinde olması sebebiyle faydalanılamamıştır.

2012 yılında yayımlanan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi ile de 2023 yılı enerji verimliliği hedefleri oluşturulmuş ve Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı hazırlanarak etkin bir biçimde uygulamaya geçirilmesi ve izlenmesi öngörülmüştür. Ülkemiz güncel ihtiyaçlarını ve dünyadaki iyi uygulamaları dikkate alarak hazırlanan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planında yer alan birçok eylemde kojenerasyon sistemlerinin özendirilmesi, teşvik edilmesi ve yaygınlaştırılması hedeflenmiştir.

Ülkemizde ilk kez 2012 yılında yayımlanan lisanssız elektrik üretim yönetmeliği ile kendi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kurulacak kojenerasyon santrallerine lisans alma ve şirket kurma muafiyeti sağlanmıştır.

Enerji Verimliliği Kanununda yer alan desteklerden yararlanacak kojenerasyon tesislerinin ve lisanssız elektrik üretim yönetmeliği kapsamında muafiyet sağlanacak kojenerasyon tesislerinin verim kriterlerinin belirlenmesi amacıyla Bakanlığımız tarafından hazırlanan “Kojenerasyon ve Mikrokojenerasyon Tesislerinin Verimliliğinin Hesaplanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Tebliğ” 18/09/2014 tarihli ve 29123 sayılı Resmî Gazete ‘de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Tebliğ uyarınca teknolojisine bağılı verim değerini, elektrik/ısı oranı (c katsayısı) değerini ve birincil enerji kaynağında en az yüzde on ve üzeri tasarruf sağlayan kojenerasyon tesislerine Başkanlığımız tarafından “Kojenerasyon Tesisi Verim Belgesi” dzenlenmektedir.

Bilindiği gibi, kojenerasyon sistemleri tek bir yakıt kaynağından elektrik enerjisi ve faydalı termal enerji üretmek için etkili ve temiz bir yaklaşımdır. Bir endüstriyel işletme veya bina dağıtım şebekesinden elektrik almak veya işletmede bir fırında veya kazanda ayrıca yakıt yakmak yerine, her iki hizmeti de enerji verimli bir adımda sağlayabilecek kojenerasyon sistemleri kurabilir. Kojenerasyon sistemleri, aşağıda yer alan faydaları da içeren doğrudan ulusal öncelikleri ele alan temiz bir enerji çözümdür:

- Enerji işletme maliyetlerini azaltmak
- Enerji verimliliğini artırmak
- Sera gazı emisyonlarını azaltmak
- Enerji altyapısını geliştirmek
- Enerji güvenliğinin ve esnekliğinin iyileştirilmesini sağlamak

Kojenerasyon sistemleri, elektrik şebekesi üzerindeki gerilimi azaltabilir ve sera gazı gibi diğer zararlı emisyonları azaltabilir. Kojenerasyon sistemleri ile yeni iletim ve dağıtım altyapısına olan ihtiyaç azaltılabilir, doğal gaz ve biyokütle gibi bol miktarda temiz yerli enerji kaynağı kullanılabilir.

Dünyada kojenerasyon sistemleri oldukça etkin biçimde kullanılmakta ve desteklenmektedir. Örneğin Avrupa Birliğinde daha sonraları yerini Enerji Verimliliği Direktifine bırakacak bir Kojenerasyon Direktifi 2004 yılında yayınlanmıştır. Söz konusu direktif ile üye ülkelere yapılacak çalışmalar ve nitelikleri hakkında yükümlölükler getirilmiştir.

Kojenerasyon sistemleri ABD'de 100 yıldan fazla bir süredir kullanılmakta olup řu anda ABD üretim kapasitesinin yaklaşık %8'ini temsil etmektedir. Bu oran Danimarka, Finlandiya ve Hollanda gibi ülkelere %30'dan daha fazladır.

Raporda kojenerasyon sistemlerinin teknoloji türleri, sektörlere göre teknolojik altyapı gereksinimi, Dünyada ve Avrupa Birliğinde kojenerasyon sistemlerinin gelişimi ve mevzuatsal durumları, Türkiye'deki durumu ve Bakanlığımız tarafından verimlilik belgesi verilen tesislerin gerçekleşmeleri gibi konular ele alınarak kojenerasyon sistemlerinin enerji verimliliği ve karbon salınımı açasından sağladığı faydalar ortaya konulmaya çalışılmıştır.

KOJENERASYON HAKKINDA BİLGİLER

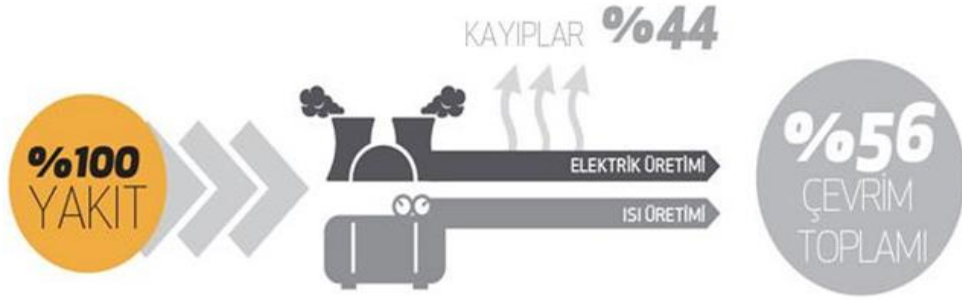
Kojenerasyon Nedir?

18/04/2007 tarihli ve 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununa dayanılarak hazırlanan, 18/10/2014 tarih ve 29123 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Kojenerasyon ve Mikro Kojenerasyon Tesislerinin Verimliliğinin Hesaplanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Tebliğde Kojenerasyon “Isı ve elektrik ve/veya mekanik enerjinin aynı tesiste eş zamanlı olarak üretimi” olarak tanımlanmaktadır.

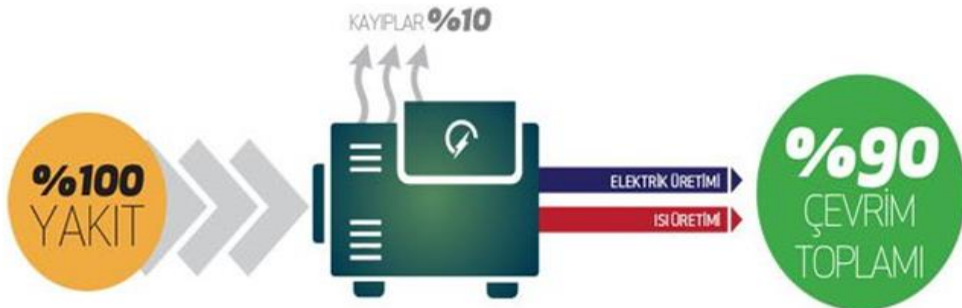
Kojenerasyon kelime olarak “Combined Generation” terimlerinin kısaltılmasından oluşmuştur. Isı ve elektriğin birlikte üretildiği “birleşik üretim” anlamına gelmektedir. Aynı yakıt kaynağından daha fazla kullanılabilir enerji açığa çıkarttığı için tek amaçlı üretim sistemlerinden daha verimlidirler. Verimli olmasının yanında egzoz gazlarını da değerlendirdiğinden CO₂ emisyonu azdır.

Tebliğ ile ihtiyaç duyulan ısı ve elektrik ve/veya mekanik enerjinin aynı tesiste eş zamanlı üretimi için kullanılan sistemlerin desteklenmesinde aranacak asgari verimlilik gereksinimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Lisansız elektrik üretimi yapmak isteyen tesislerin Bakanlığımıza başvurarak verimlilik belgesi alma zorunluluğu vardır.

Ayrı Üretim



Birleşik Üretim



Şekil 1: Kojenerasyon Verimliliği

Isı ve elektrik enerjisi talebine göre iyi optimize edilmiş bir kojenerasyon sistemi, hem makro düzeyde hem de mikro düzeyde önemli getiriler sağlar.

Kojenerasyon sistemlerinde kullanılan yakıt türleri;

1. Fosil yakıtlar: 2012 Avrupa Merkez Bankası'nın verilerine göre, doğalgaz kojenerasyon sistemlerinde %49,5 pay ile en çok kullanılan yakıttır.
2. Yenilenebilir Yakıtlar
 - a. Biyokütle
 - b. Biyogaz yakıtlı uygulamalar
 - c. Biyodizel yakıtlı uygulamalar
3. Jeotermal

| KOJENERASYON REFERANS DEĞERLERİ | | | | | | |
|---------------------------------|-------|--|----------------|-------|-------------------|-----|
| Yakıt Türü | Tanım | Elektrik Verimi % | Kazan Verimi % | | | |
| | | | Sıcak Su | Buhar | Doğrudan Kullanım | |
| Katı | 1 | Antrasit, bitümlü kömür, subbitüminli kömür, kok, yarı kok, evcil hayvan kok dahil olmak üzere taş kömürü | 44.2 | 88 | 83 | 80 |
| | 2 | Linyit, linyit briketleri, shell yağı | 41.8 | 86 | 81 | 78 |
| | 3 | Turba, turba briketleri | 39.0 | 86 | 81 | 78 |
| | 4 | Odun yakıtları, işlenmiş odun peletleri ve cipsleri, saman, fındık kabukları, kabukları ve koçanı, zeytin taşları, temiz atık odunu ve küspe dahil | 37.0 | 86 | 81 | 78 |
| | 5 | Kütükler, yuvarlak odun, tarımsal kalıntılar, budama, öğütme artıkları, ormancılık artıkları ve damıtıcı tahıllar, kontamine atık odunlar dahil olmak üzere tarımsal biyokütle | 30 | 80 | 75 | 72 |
| | 6 | Belediye ve endüstriyel atıklar (yenilenemez) ve yenilenebilir / biyolojik olarak parçalanabilir atıklar | 25 | 80 | 75 | 72 |
| Sıvı | 7 | Ağır akaryakıt, gaz / mazot, diğer petrol ürünleri | 44,2 | 85 | 80 | 77 |
| | 8 | Biyo-metanol, biyoetanol, biyo-butanol dahil biyo-sıvılar, biyodizel, diğer sıvı biyoyakıtlar | 44,2 | 85 | 80 | 77 |
| | 9 | Biyobozunur ve yenilenemeyen atıklar dahil atık sıvılar (piroliz yağları, siyah ve kahverengi likör, donyağı dahil) | 29 | 75 | 70 | 67 |
| Gaz | 10 | Doğal gaz, LPG ve LNG | 53 | 92 | 87 | 84 |
| | 11 | Rafineri gazları hidrojen ve sentez gazı | 42 | 90 | 85 | 82 |
| | 12 | Anaerobik sindirim, düzenli depolama ve kanalizasyon arıtımından üretilen biyogaz | 42 | 80 | 75 | 72 |
| | 13 | Kok fırını gazı, yüksek fırın gazı ve diğer geri kazanılmış gazlar (rafineri gazı hariç) | 35 | 80 | 75 | 72 |
| Diğer | 14 | Atık ısı (yüksek sıcaklık proses egzoz gazları, ekzotermik kimyasal reaksiyonlardan kaynaklanan ürünler dahil) | 30 | 100 | 100 | 100 |
| | 15 | Nükleer | 33 | 92 | 87 | 84 |
| | 16 | Solar Termal | 30 | 100 | 100 | 100 |
| | 17 | Jeotermal | 30 | 100 | 100 | 100 |

Tablo 1: Kojen Referans Değerleri Tablosu- Ricardo-AEA/ED59519/Final report

Teknoloji Türlerine Göre Kojenerasyon Sistemleri

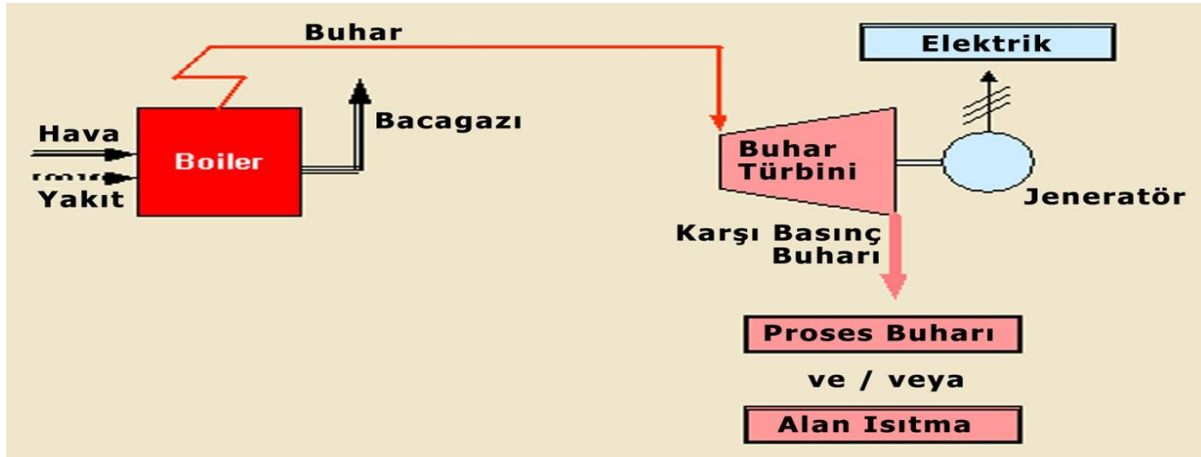
Kojenerasyon sistemlerinde teknoloji türlerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir;

- Buhar Türbinli
- Gaz türbinli
- Motorlu (Otto ve Dizel,
- Kombine Çevrimli (Gaz+Buhar Türbinli)
- Mikro Kojenerasyon

Buhar Türbinli Sistemler

Karşı Basıncılı Sistemler

Bu sistemlerde buharın üretildiği bir kazan ve elektrik enerjisinin üretildiği bir buhar türbin-jeneratör sistemi esas elemanlardır.

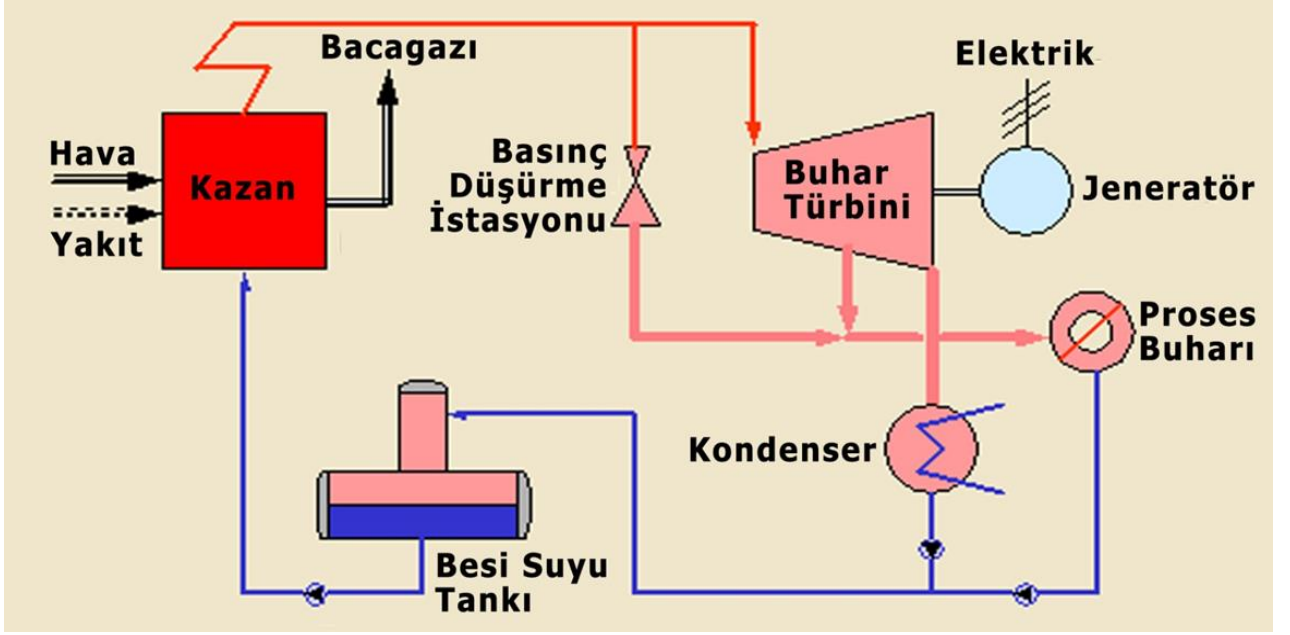


Şekil 2: Karşı Basıncılı Sistemler

Ekstraksiyon Kondenserli Sistemler

Bu sistemlerde ısı miktarının artırılabilmesi amacıyla türbinden bir miktar buhar türbin son kademesine ulaşmadan dışarıya alınır ve ısısı bir kondenser vasıtasıyla alınarak yoğunlaştırılır. Karşı basınçlı türbinde buharın tamamı belirli bir basınç seviyesine kadar genişir. Buna karşın ekstraksiyon/yoğuşma türbininde, buharın bir bölümü proses ihtiyaçlarını karşılamak üzere, gereken basınç ve sıcaklıkta türbinden alınırken, geri kalan buhar 0,05 bar düşük basınca kadar genişir ve türbini çevirir.

Kondenser ve düşük basınç ekipmanları sebebiyle ekstraksiyon/yoğuşma türbininin ilk yatırım maliyeti, karşı basınçlı türbine oranla daha yüksektir. Bu sebeple, ekstraksiyon/yoğuşma türbinleri sanayide sadece büyük ölçekli bileşik ısı-güç üretimi sistemi projeleri ile merkezi ısıtma sistemlerinde başarı ile uygulanmaktadır. Buhar türbinlerinin verimleri büyük ölçüde buhar giriş ve çıkış şartlarına bağlıdır.



Şekil 3: Ekstraksiyon Kondenserli Sistemler

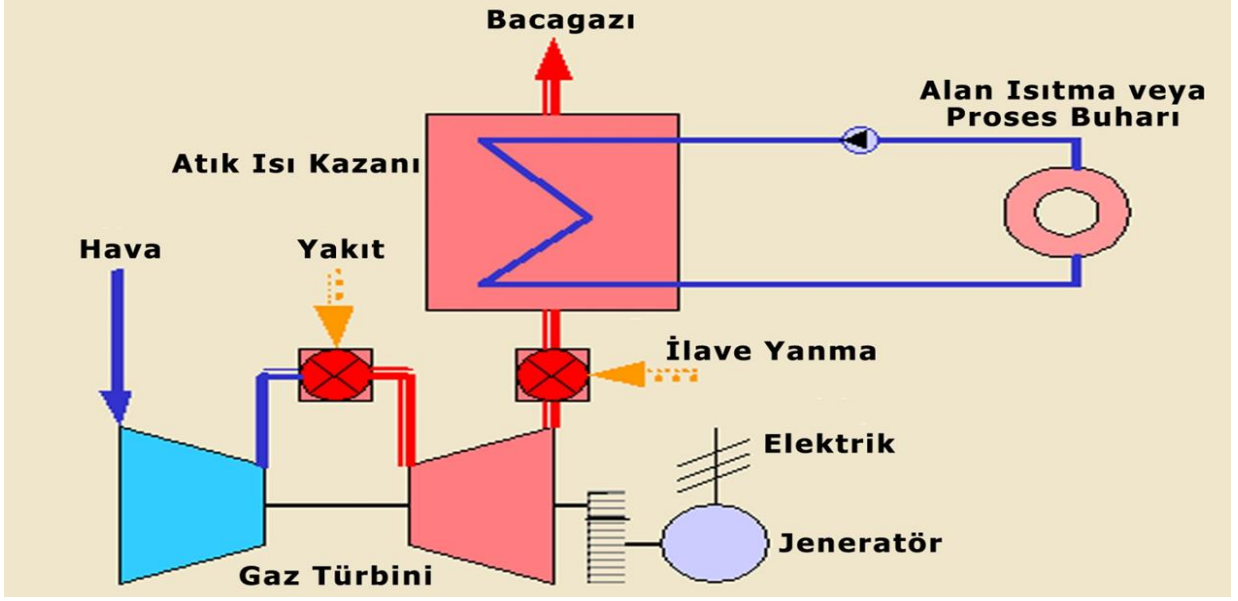
Gaz Türbinli Sistemler

Bu sistemlerde bir gaz türbini, jeneratör ve baca gazından atık ısının alınmasını sağlayan atık ısı kazanı esas elemanlardır. Gaz türbinli bir tesisin üç önemli elemanı vardır. Bunlar, kompresör, yanma odası ve türbinin kendisidir. Ortam havası kompresör tarafından emilir ve sıkıştırılır. Bu sırada havanın sıcaklığı yükselir. Sıkıştırılmış sıcak hava, bir fosil yakıtla birlikte (doğalgaz, rafineri gazı veya hafif fuel-oil) yanma odasına basılır ve burada yanma gerçekleşir. Yanma odasından gelen yaklaşık 1000°C civarındaki sıcak gazlar, gaz türbininde atmosfer basıncına genişler. Üretilen gücün yaklaşık % 65'i kompresörü çevirmek için kullanılır, kalanı mekanik soft gücüdür.

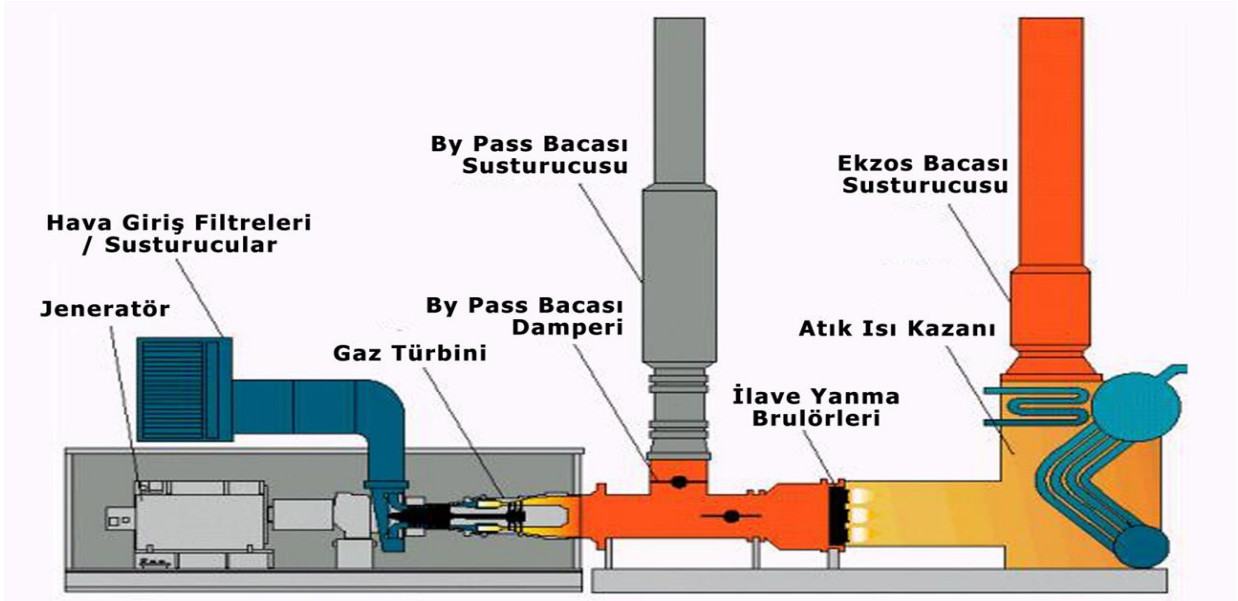
Türbinden çıkan gazlar 400-600°C civarında sıcaklıktadır. Sıcak egzoz gazlarını bir atık ısı kazanından geçirerek, bu gazların içerdiği ısının çoğu geri kazanılabilir. Geri kazanılan ısı 80°C'de sıcak su veya 10 bar basınçta buhar olarak kullanılabilir. Üretilen buharın miktarı, buharın basınç ve sıcaklığına bağlıdır. Buhar basıncı düştükçe debisi artar.

Yüksek sıcaklıktaki egzoz gazlarından geri alınabilecek yararlanılabilir ısı miktarı, ısı değiştirici sonrası dışarıya atılan egzoz gazı sıcaklığının asit çiğlenme noktası sıcaklığının altına düşmesi durumunda korozyon yapabileceği riski ile ve ısı değiştirici boyutları çok büyük yapılamayacağından sınırlıdır. Sülfirik asitin çiğlenme noktası kükürtsüz doğalgaz için 50°C, % 2 den fazla kükürt içeren fuel-oil için 150°C arasında değişmektedir.

Gaz türbinli bileşik ısı-güç üretimi sistemlerinin toplam verimi % 70-80 arasında değişir. Üretilen elektrik miktarı ile verim, ortamın sıcaklık ve basıncı ile yakından ilgilidir. Gaz türbinli bileşik ısı-güç üretimi sistemleri genellikle Gıda, Süt ürünleri, Çimento, Petrokimya, Tekstil, Kağıt ve Kağıt Hamuru gibi endüstriyel sektörlerde kullanılır.



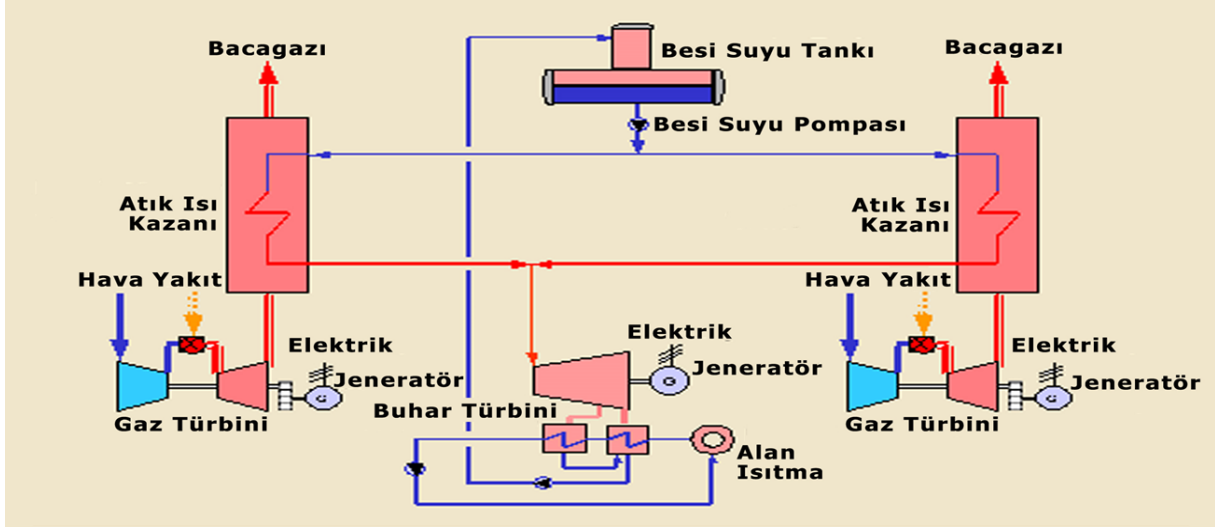
Şekil 4: Gaz Türbinli Sistemler



Şekil 5: Gaz Türbinli Sistemler

Kombine Çevrim Sistemleri

Bu sistemlerde bir gaz türbini, jeneratör, bacagazından atık ısının alınmasını sağlayan atık ısı kazanı ve bu atık ısıdan elde edilen buharla elektrik üretimi imkanı sağlayan buhar türbini-jeneratör sistemi esas elemanlardır. Buhar türbini çıkışında elde edilen buhar ise ısıtma amaçlı kullanılmaktadır.



Şekil 6: Kombine Çevrim Sistemleri

İçten yanmalı Motorlu Sistemler

Bu sistemlerde içten yanmalı bir motor, jeneratör, baca gazından ve motor soğutma suyu ve motor yağından atık ısının alınmasını sağlayan atık ısı geri kazanım sistemleri esas elemanlardır.

Gaz Motorlu Sistemler

Termodinamik olarak otto çevrimi prensibine göre çalışır. Yakıt ve yanma havası karbüratörde karıştırılarak sıkıştırılır. En yüksek sıkıştırma oranı 12,5'tir. Daha yüksek basınçlarda vuruntu olabilir. Sıkıştırılan karışım bir buji vasıtasıyla ateşlenir ve motor mekanik güç üretir. Yakıt olarak genellikle doğal gaz kullanılır.

Bir gaz motorunun ömrü yaklaşık 60.000 çalışma saati kadardır. Bir bileşik ısı-güç üretim sisteminin ortalama olarak yılda 5.000-7.500 saat çalıştığını göz önüne alırsak gaz motorunun ortalama ömrü 10 yıl kadardır. Gaz motoru kullanılan bir bileşik ısı-güç sisteminin genel hatları Şekil 7'de gösterilmiştir.

Gaz motorlarının elektrik verimi % 50'e kadar çıkmaktadır. Gaz motorunda üretilen ısının egzoz gazları, gövde soğutma sistemi veya ara soğutucu gibi sistemlerle büyük ölçüde geri kazanılabilir ve 90-120°C sıcaklığında sıcak su üretilebilir. Egzoz gazları 400-600°C gibi yüksek sıcaklıkta olduğundan, bu gazların ısısından bir miktar buhar üretmekte mümkündür. Gaz motorlarının ısı verimi % 50-60 arasındadır.

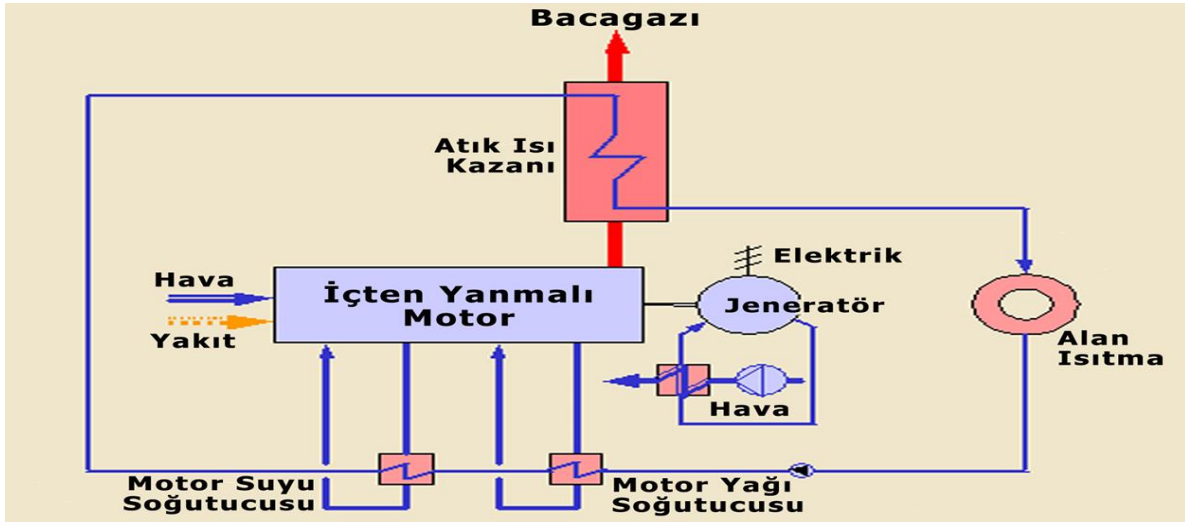
Bu sistemler genellikle; Okullar, Yüzme Havuzları, Hastaneler, Tarımsal Seralarda ve Sanayi Tesislerinde kullanılmaktadır.

Dizel Motorlu Sistemler

Termodinamik olarak dizel çevrimine dayanır. Dizel motorda hava, gaz motoruna oranla daha yüksek basınca ve sıcaklığa sıkıştırılır. Dizel yakıt, sıkıştırılmış sıcak havanın içine püskürtülerek ateşleme yapılır.

Dizel motorlarda sıkıştırma oranları; Küçük motorlarda sıkıştırma oranı 22, büyük motorlarda sıkıştırma oranı ise, 13'tür. Yakıt olarak doğal gaz kullanılmaktadır. Toplam enerjinin % 95-99'u doğal gaz, % 1-5'i ise dizel yakıtı ile sağlanmakta, 200-250 bar yüksek basınçtaki doğal gaz, dizel yakıt ile silindire basılmaktadır.

Doğal gaz ile çalışan motorların az bakım gerektirmesi, daha uzun ömürlü olması, egzoz gazlarındaki atık ısının daha çok geri kazanılması iyi bir avantaj sağlamaktadır.



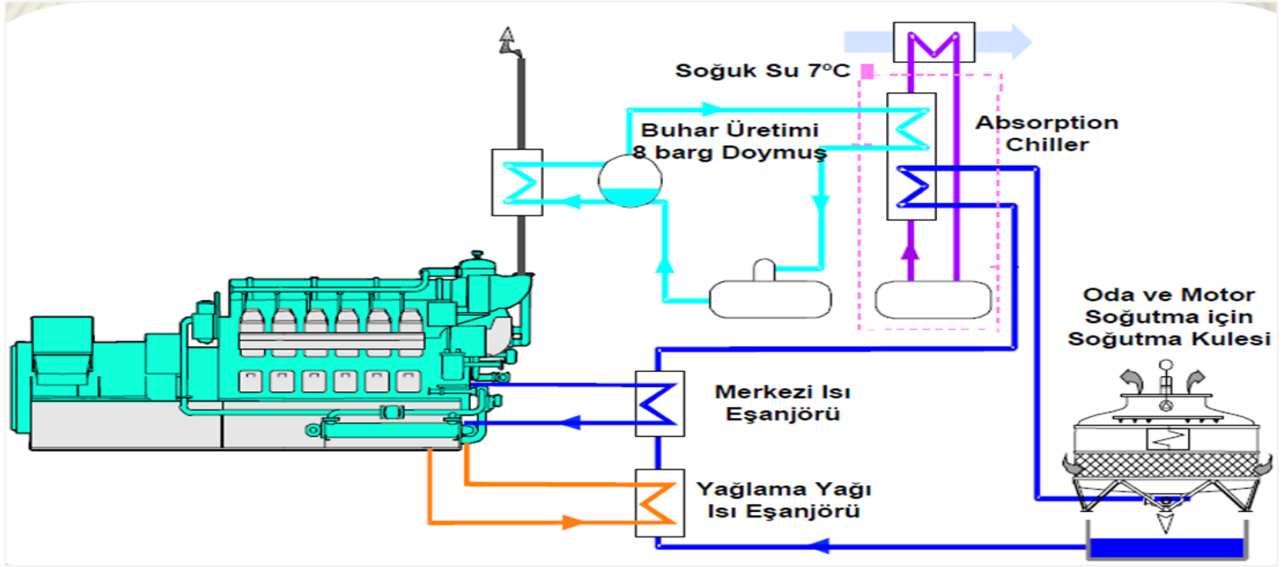
Şekil 7: İçten yanmalı Motorlu Sistemler

Trijenerasyon

Tek bir enerji kaynağından elektrik ve ısının yanında soğutmanın da eş zamanlı olarak üretilmesidir. Kojenerasyon sistemlerine entegre edilen absorpsiyonlu çiller ile soğutma enerjisi elde edilerek istenilen işletme şartlarında kullanılabilir. Absorpsiyonlu çillerler düşük verimlilik ile çalışırlar bu sebeple kojenerasyon santralının kurulduğu işletme şartlarında ısıtma ve soğutma ihtiyacı eş zamanlı olarak var ise öncelikle ısının direkt olarak kullanılması tavsiye edilmektedir.

Hastane, Alışveriş Merkezi ve Veri merkezi gibi elektrik yükünün yanında soğutma yükünün de stabil olduğu yerlerde başarılı uygulamalar yapılabilmektedir. Veri merkezlerinde PUE (Güç

Kullanımı Etkinliği) değerinin 1,5 değerinin altına çekebilmek adına trijenerasyon uygulamaları yaygınlaşmaktadır. PUE değeri “1” e yaklaştıkça verimlilik artmaktadır.



Şekil 8: Trijenerasyon

Mikro-kojenerasyon

Özellikle konut kullanımları için kullanılan 100 kWe altında elektriksel güce sahip sistemlerdir.

Kullanım Alanlarına Göre Kojenerasyon Sistemleri

Kojenerasyon tesislerinin gelişmiş enerji üretim sistemi olarak, kentsel yerleşimler ve sanayi alanında birçok uygulama alanı bulmaktadır. Kullanılacak tesislerin kapasiteleri gereksinim duyulan ısı ve elektrik enerjisi miktarına göre belirlenmektedir.

Kojenerasyon tesisleri;

- Petrol rafinerileri
- Petrokimya kompleksleri
- Kimya tesisleri
- Tekstil boyama tesisleri
- Kağıt ve selüloz işleme tesisleri
- Ağaç işleme tesisleri
- Gıda üretim tesisleri
- Gübre tesisleri
- Tuğla ve seramik tesisleri
- Toplu konut ve hizmet binaları

Sanayi Sektöründeki Kullanım Alanları

Kimya Sektörü

Bu sektör farklı tip ve özelliklerde çok sayıda şirketleri kapsamaktadır. Bu sektörde önemli miktarlarda tüketilen ısı enerjisi buhar olarak, ısıtma ve kaynatma proseslerinde kullanılmaktadır.

Bu mertebedeki bir enerji ihtiyacı ve enerji kullanımındaki yüksek verim kimya sektörü için bileşik ısı güç üretimini ekonomik hale getirmektedir. Sektörde değişik şekillerde faaliyet gösteren şirketlerin bulunması sebebiyle her şirket için en yararlı sistem tipi hakkında bir genelleme yapmak mümkün olamamaktadır.

Kağıt Sektörü

Kağıt üretiminde büyük oranlarda ısı ve elektrik enerjisi tüketilir. Kağıt üretiminde hammadde selüloz ya da atık kağıttır. En önemli ısı enerjisi tüketimi ise, 5-10 bar basıncında buhar olarak kağıt kurutma makinalarında olmaktadır. Elektrik enerjisi ise, prosesteki değişik makinaların tahrik edilmesinde ve aydınlatmada kullanılmaktadır. Kağıt üreten şirketlerin enerji tüketimleri ve imalatları yıl boyunca süreklilik arz etmektedir. Bileşik ısı-güç üretim sistemlerinin uygulanması bu sektörde büyük faydalar sağlamaktadır. Türkiye'de ve Avrupa'da çok sayıda bu tür tesisler bulunmaktadır.

En uygun olacak olan bileşik ısı-güç üretim sistemi, buhar türbinlerinin de kullanılacağı kombine çevrimli gaz türbinli ve tek çevrimlidir. Bu sistemlerin yararlılığı fabrikanın buhar tüketimine bağlıdır. Kombine çevrim daha çok buhar tüketimi 15 ton/saatin üzerinde olan işletmeler için daha ekonomik olmaktadır.

Petrokimya Sektörü

Bu sektör ısı enerjisinin çok yoğun olarak kullanıldığı bir sektördür. Isı tüketiminde aynı zamanda yüksek oranda dengesizlik söz konusudur. Isı genellikle 20 bar civarında buhar olarak, petrol ürünlerinin ayrıştırılması işlemlerinde tüketilmektedir.

Bu üretim prosesinde petrol ürünlerinin ayrıştırılması sırasında genellikle yan ürün olan atık gazların üretimi de gerçekleşir.

Bu gazlar, fabrikada tüketilen, mekanik yada elektrik enerjisi üretimi amacıyla, tek çevrimli sistem olarak gaz türbinli bir bileşik ısı güç üretim tesisinde yakıt olarak kullanılabilir. Uygun basınçtaki buhar ise proseste kullanılır.

Yakıt olarak atık gazların kullanılması bu tip sistemleri oldukça ekonomik hale getirmektedir.

Gıda Sektörü

Gıda sektörü çok sayıda alt sektörlere bölünmektedir. Isı tüketimi ise genellikle düşük basınçta buhar, sıcak su ve kurutma prosesleri için sıcak hava olarak gerçekleşmektedir.

Bu sektörde ayrıca soğutma da gerekmektedir. Arbsorbsiyonlu sistemlerin ve bileşik ısı güç üretim sisteminin bir arada kullanılmasıyla soğutma ihtiyacını da karşılamak mümkün olmaktadır.

Bu sektör tek çevrimli gaz türbinli ve pistonlu motorlu tesislerin kullanılmasının yaygın olduğu ve bileşik ısı güç üretim teknolojisinin en yaygın olarak uygulanabildiği sektörlerden birisidir. Gün boyunca talepte aşırı bir dalgalanmanın olmadığı durumlarda yüksek ve orta basınçta buhar talebinin yüksek olduğu pistonlu motorlu tesisler tercih edilir. Eğer doğal gaz kullanma imkanı yoksa, buhar türbinli tesislerde ekonomik olabilir.

Tekstil Sektörü

Tekstil sektöründe boyama ve apre bölümleri boyama ve yıkama amacıyla sıcak suyun en çok kullanıldığı yerlerdir. Kurutmada da buhar kullanılmaktadır. Yüksek oranlarda tüketimin gerçekleştiği bu sektör için, ısı ve elektrik enerjisi talebindeki dalgalanmalar sektörün özelliğindedir.

Çok sayıda tekstil şirketinin küçük ve orta ölçekli olması gerçeğinin bu faktörlerle birleştirilmesi sonucunda, gaz türbinlerinin ekonomik olabilmesi için tüketim miktarlarının çok düşük kalması sebebiyle, içten yanmalı motorlu bileşik ısı güç üretim sistemleri bu sektör için en uygun seçim olmaktadır.

Yine de yüksek miktarlarda ısı tüketimi olan büyük şirketler, gaz türbinli bileşik ısı güç üretim sistemlerini cazip bulabilirler.

Seramik Sektörü

Bu sektördeki fabrikalar ısı enerjisini, sprey kurutucular ve fırınlar gibi bölümlerde kullanırlar. Elektrik ise, preslerde ve değirmenlerde ağırlıklı olarak kullanılır. Seramik sanayiinde, enerji tüketimi ürünün maliyeti üzerinde önemli bir yer tutmaktadır. Bileşik ısı güç üretimi bu işletmelerde önemli miktarlarda enerji tasarrufu sağlayarak rekabet gücünün de artmasını sağlamaktadır.

Bu sektör için en uygun bileşik ısı güç üretim sistemi ısı geri kazanımına da elverişli olan gaz türbinli ve pistonlu motorlu tesislerdir.

Spray kurutucuların ısı tüketimlerinin yüksek olması ve 500°C civarında sıcak gazlara ihtiyaç duyulması ve ayrıca egzoz gazlarının direkt olarak kullanılabilmesinden dolayı gaz türbinli tesisler bu işletmeler için en uygun seçim olmaktadır. Ayrıca spray kurutucuların günde 24 saat çalışıyor olması, kesintili işletmeler için pek uygun olmayan gaz türbinli tesis için bir avantaj daha sunmaktadır.

Kurutucularda girişteki gaz sıcaklığının düşük olması (200-250 °C) ve ısı tüketimlerinin de az olması sebebiyle, buralarda içten yanmalı motorlu tesislerin kullanılması daha uygun olmaktadır.

Bu sistemlerde soğutma sisteminden gelen sıcak havanın ve motordan çıkan sıcak gazların ısısından yararlanır. Kurutma işlemi için gerekli olan sıcaklığın elde edilebilmesi için ilave bir ısıtma da gerekebilir.

Tuğla ve Toprak Sanayii

Bu sektörde ısı enerjisi pişirme ve kurutma işlemlerinde tüketilir. Elektrik ise, değirmenlerde ve preslerde tüketilmektedir.

Kurutma için gerekli ısı genellikle 100-200 °C civarında sıcaklığa sahip gazlardan elde edilir. Bu durumda yüksek oranlarda ısı geri kazanımı sağlayan ve dolayısıyla da o oranda enerji tasarrufu imkanını sağlayan pistonlu motorlu bileşik ısı güç üretim tesislerinin kullanılması daha uygun olmaktadır

Büyük miktarlarda ısı üretimi ve tüketimi olan işletme şartlarında, gaz türbinli, tesisler de cazip olmaktadır. Her iki durumda da kurutuculara direkt olarak sıcak gazların verilmesi yolu ile geri kazanılan ısıнын kullanılacağı düşünülürse, tesis çok basit olacaktır.

Motor Sanayii

Bu sektördeki firmalar, yıl boyunca kesintisiz bir şekilde ve büyük miktarlarda ısı ve elektrik tüketirler. Isı tüketimi, 10-12 bar basınçta buhar olarak gerçekleşir. Tüketim miktarı günden güne değişebilir. Bileşik ısı güç üretimi tesisinin ekonomik olması için en uygun sistem tek çevrimli gaz türbinli ve kombine tesistir.

Mobilya (Kereste) Sanayii

Yarı mamul orman ürünleri imalatında elektrik tüketimi, hammaddelerin işlenmesi için gerekli olan çok sayıda motorlar arasında dağıtılır. Isı enerjisi ise, kerestelerin biçimlendirilmesi için yapılan kurutma ve presleme işlemi sırasında tüketilir.

En çok ısı tüketimi, ya direkt olarak sıcak gazlar şeklinde ya da endirekt olarak bir ısıtıcı akışkan şeklinde uygulanabildiği durumlarda kurutma sırasında gerçekleşmektedir.

Burada da seçilmesi en uygun olan bileşik ısı güç üretimi sistemi ya gazların direkt olarak geri kazanıldığı ya da tek çevrimli gaz türbinli tesistir. Bu seçim ısı enerjisini nasıl kullanılacağına bağlıdır.

Bina ve Hizmetler Sektöründeki Kullanım Alanları

Bu sektörde, amaç farklı olsa da bileşik ısı güç üretim teknolojisinin uygulama imkanları bulunmaktadır. Bu sektörde temel ısı ihtiyacı genellikle, hastanelerde, otellerde, spor salonlarında, veri merkezlerinde, su tasfiye işlemlerinde ve özellikle bölgesel ısıtma gibi alanlarda, ısıtma, iklimlendirme ve değişik amaçlı buhar üretimi amacıyla kullanılmaktadır.

Tesis için en uygun bileşik ısı güç üretim sisteminin seçimi elektrik/ısı oranı, ısı enerjisinin niteliği (sıcaklık seviyesi) mevcut yakıtlar, talepteki dalgalanmalar vb. gibi faktörlere bağlıdır. Bu nedenlerle; bir sistem kurulurken genelleştirme yapmak mümkün olamamaktadır. Her bir uygulama için derinliğine bir araştırma ve çalışma yapılmadadır.

DÜNYA'DA SEKTÖRÜN GÖRÜNÜMÜ

AB ve Dünyadaki Gerçekleşmeler

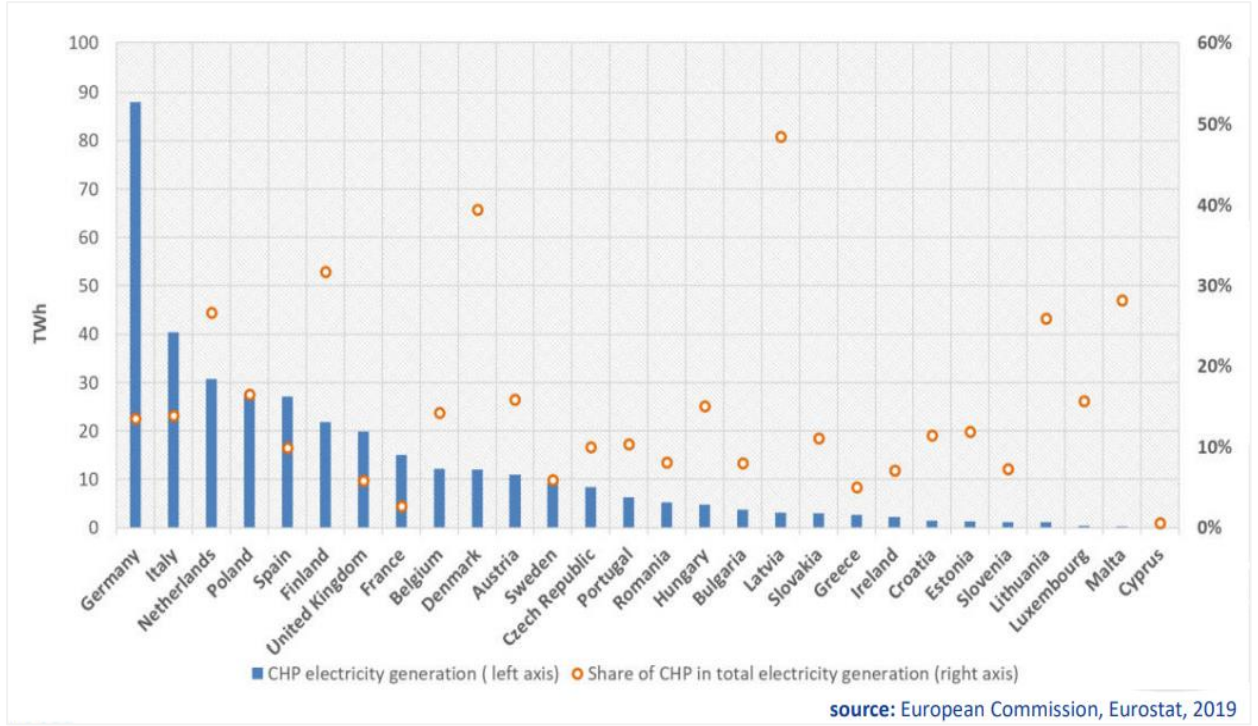
Avrupa Birliği 2004 yılında yayınladığı direktif (2004/8/EC) ile birlikte enerji verimliliği hedeflerinin gerçekleştirilmesinde önemli bir unsur olan kojenerasyon tesislerinin yaygınlaştırılmasına yönelik düzenleyici çerçeveyi belirlemiştir. Direktif kapsamında kojenerasyon, aynı yakıt girdisi ile elektrik ve/veya mekanik gücü ve tüketicinin ısıtma, soğutma veya benzer taleplerini ekonomik ve sürdürülebilir bir şekilde karşılayan faydalı ısıyı ölçerek ve verimli olarak üreten sistemler olarak tanımlanmakla birlikte kurulacak sistemlerin kojenerasyon tesisi kapsamına dahil edilmesi için ek olarak kojenerasyonun teknoloji türüne bağlı olarak değişen ve yönerge ekinde belirtilmiş olan asgari verim değerlerini geçmesi şartı getirilmiştir.

Günümüzde Avrupa'daki konvansiyonel santrallerin toplam kurulu gücü yaklaşık 500 GW olup bunun yaklaşık % 20'si Kojenerasyon kapasitesidir. Avrupa'da kojenerasyondan elektrik üretimi son yıllarda giderek artmaktadır. Eurostat verilerine göre göre, AB genelinde toplam kurulu kojenerasyon kapasitesi 2005 yılında 102 GW iken 2012'de 109 GW'ye yükselmiştir. AB-28 için, Uluslararası Enerji Ajansı geçmiş verilerinin analizine baktığımızda, 1990'dan beri kojenerasyon tesislerinden üretilen elektrik enerjisi % 60 artmıştır. 2005 yılından bu yana % 1,2'lik bir artış göstermektedir. AB-28'de, kojenerasyondan üretilen ısı enerjisi de 1990'dan bu yana % 1,1 artmıştır. Ancak 2005 yılından bu yana ise % 7,2 azalmıştır. (Ricardo-AEA/ED59519/Final report)

Birleşik Krallık kojenerasyonu aktif olarak desteklemektedir. Kojenerasyonun büyümesini teşvik etmek için finansal teşvikler, hibe desteği gibi önemli düzenleyici çerçeveler oluşturulmuştur.

G8 ülkeleri için kojenerasyon genişlemesinin IEA 2008 modellemesine göre, Fransa, Almanya, İtalya ve Birleşik Krallık'taki kojenerasyonun genişlemesi, 2030 yılına kadar mevcut birincil yakıt tasarrufunu etkili bir şekilde iki katına çıkaracağı öngörülmüştür. Bu durumda 2030'a kadar, Avrupa'nın tasarruflarını 155,69 TWh'den 465 TWh'ye artacaktır. Ayrıca, 2030 yılına kadar her ülkenin toplam kojenerasyondan elde edilen elektriğinde %16 ila %29 oranında bir artışa neden olacağı değerlendirilmektedir.

AB düzeyinde ve birçok üye devlette kojenerasyondaki büyüme, enerji tasarrufu, karbon emisyonu azaltımı, endüstriyel rekabet gücü, büyüme açısından önemli faydalara dönüşmektedir. COGEN Europe'un tahminlerine göre, kojenerasyon sistemlerinin yaklaşık 630 TWh birincil enerji tasarrufu ve 280 milyon ton CO2 indirimi sağlayacağı ve bu değerlerinde AB genelinde 61 milyon arabanın trafikten çekilmesine eşdeğer olacağı öngörülmektedir.

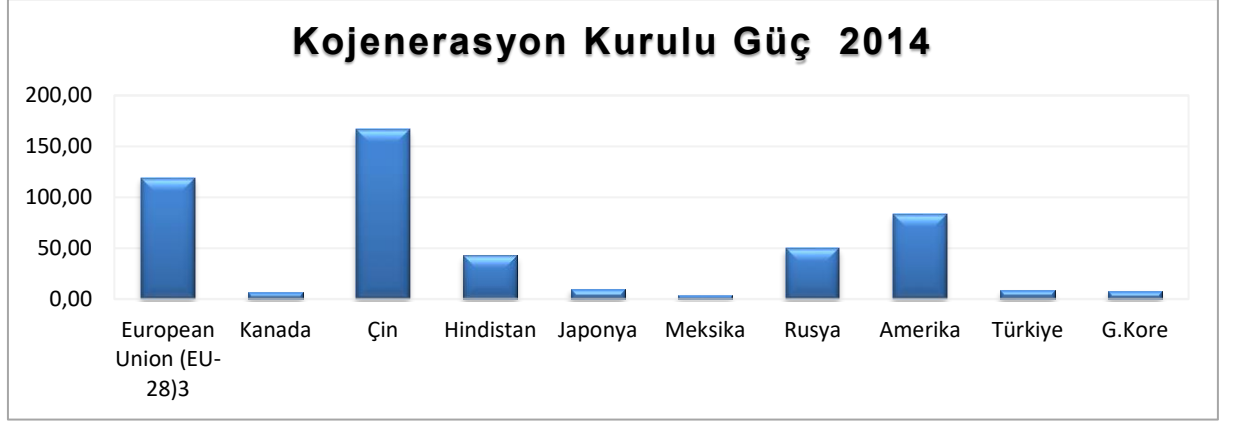


Grafik: 1: AB Kojenerasyon Üretim Verileri

Amerika'da Kojenerasyon 1900'lerin başında, yerel yönetimler tarafından yönetilen merkezi tesislerin inşası yoluyla kırsal elektrifikasyonu sağlamak için ortaya çıkmıştır. Bu düzenlemeler sadece kırsal alanda elektrifikasyonu teşvik etmekle kalmadı, aynı zamanda kojenerasyon gibi merkezi olmayan enerji üretimini de teşvik etmiştir.

Kojenerasyon tesisleri ile Amerika Birleşik Devletleri'ndeki tüm enerjinin yaklaşık %8'i üretilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı, 2030 yılına kadar kojenerasyonun üretim kapasitesinin %20'sini oluşturmasını yüksek bir hedef olarak görmektedir. New England ve Orta Atlantik'teki yüksek elektrik tüketim oranları, ABD'nin bu bölgelerini kojenerasyon sistemleri için önemli hale getirmektedir.

Çin, kojenerasyon sistemlerini bölgesel ısıtma amaçlı olarak Kuzey Çin'de 1980'lerde kullanmaya başlamıştır. 1980'lerin sonlarından itibaren kojenerasyon ticari gelişimi hızla Çin'e yayılmıştır. Son on yılda, Çin enerji üretimi sektöründe muazzam bir yatırım yaşamıştır. Termik santrallerin kurulu gücü (kömür, petrol ve gaz kaynakları dahil) 2001 yılında 210 GW iken 2010 yılı sonunda 710 GW'a çıkmıştır. Kojenerasyon kurulum kapasitesi 2014 yılında 167 GW'ı geçerek toplam termal güç kapasitesinin %23'ünü oluşturmuştur.



Grafik: 2: Dünya Kojenerasyon Kurulu Güç Verileri

Dünyadaki birçok ülke için kojenerasyon yeni bir teknoloji değildir ancak son 15-20 yıllık süreçte ülkeler tarafından mevzuatlar hazırlanmış, teşvikler geliştirilmiş ve teknolojik yatırımlar artırılmıştır. Kojenerasyon sistemleri ülkeler için carbon salınımını azaltıcı ve tasarrufu artırıcı etkisi sebebiyle ülke ulusal politikalarına dahil edilmiştir. Dünyada kurulu güç olarak en yüksek kapasite sırası ile Çin(167 GW), AB(119 GW),Amerika(83 GW) ülkelerinde yer almaktadır.

Kojenerasyon Sistemlerine Verilen Destekler

Dünyada birçok ülkede başta AB ülkeleri olmak üzere kojenerasyon sistemlerinin gelişmesi için çeşitli teşvikler mekanizmaları oluşturulmuştur. Ülkemizde de lisans alma ve şirket kurma muafiyetinin yanında enerji verimliliği destekleri ile yatırım desteği alabilmektedirler. Ayrıca Yenilenebilir Enerji Kanununa göre yenilenebilir yakıtlı kojenerasyon tesislerinden üretilen elektrik alım fiyatına ek olarak tesisin kojenerasyon olması durumunda ilave ödeme alabilmektedir. Tablo 2’de bazı ülkelere ait teşvikler yer almaktadır.

| | Feed-In Tarif | Feed-In Premium | Yükümlülük ve Sertifikalandırma | Yatırım Desteği | Vergi indirimi | Diğer Destekler |
|------------------|---------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Avusturya | ✓ | | | ✓ | ✓ | |
| Belçika | | | ✓ | | ✓ | |
| Bulgaristan | | | | | | ✓ |
| Çekya | | ✓ | | ✓ | | |
| Almanya | | ✓ | | ✓ | | ✓ |
| Danimarka | | | | | | ✓ |
| Finlandiya | | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| Fransa | ✓ | ✓ | | | | ✓ |
| Yunanistan | ✓ | ✓ | | ✓ | | |
| Macaristan | | | | | | ✓ |
| İtalya | | | ✓ | | | |
| Hollanda | | | | ✓ | ✓ | |
| Polonya | | | ✓ | ✓ | | |
| Portekiz | ✓ | | | | | |
| Romanya | | ✓ | | | | |
| Slovenya | ✓ | ✓ | | | | |
| İspanya | | ✓ | | | | |
| İşveç | | | ✓ | | | |
| Türkiye | | | | ✓ | | ✓ |
| Birleşik Krallık | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | |

Tablo 2: Kojenerasyon Sistemlerine Verilen Destekler

TÜRKİYE’DE SEKTÖRÜN GÖRÜNÜMÜ

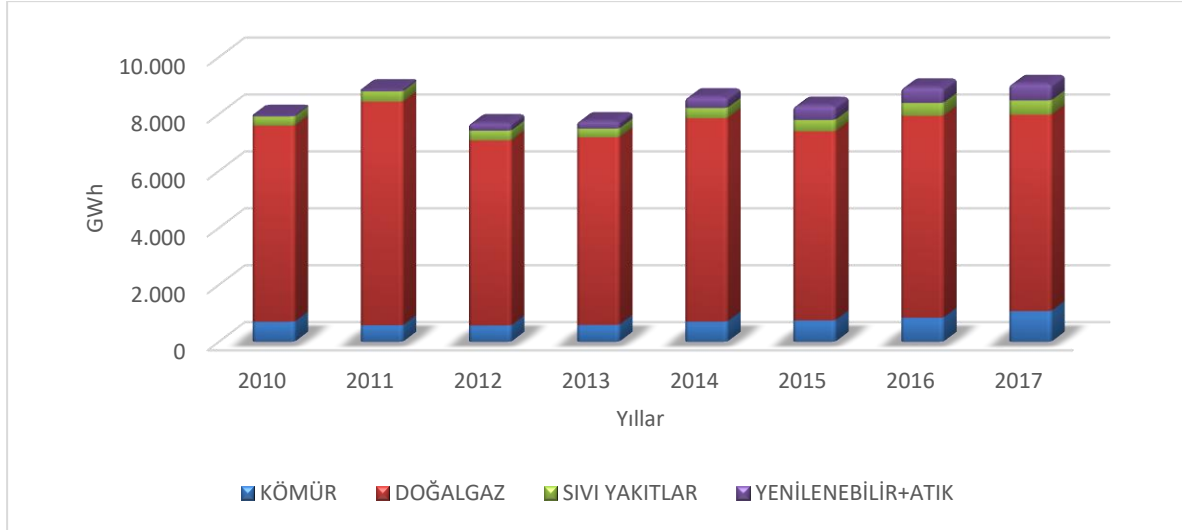
Türkiye’deki Mevzuat ve Verim Belgesi

Türkiyede kojenerasyon tesisleri ilk olarak devlete ait kağıt, demir-çelik, şeker fabrikalarında kurulmaya başlanmıştır. Bu dönem ülke genelinde elektrik şebekesinin oluşmasından sonra fabrikaların şebekeden elektrik çekmesine kadar devam etmiştir. Özel sektör şebekede yaşanan kesinti ve dengesizlikler sebebiyle kojenerasyon tesislerine yönelmiş ve durum 90’lı yıllarda artarak devam etmiştir. Otoprodüktör olarak lisanslanan tesislerin kurulu kapasitesi 2006 yılında 8.000 MW’a ulaşmıştır. 2010 yılından 2017 yılına kadar kojenerasyon tesisleri tarafından yapılan üretim ve tüketim verileri aşağıda verilmektedir.

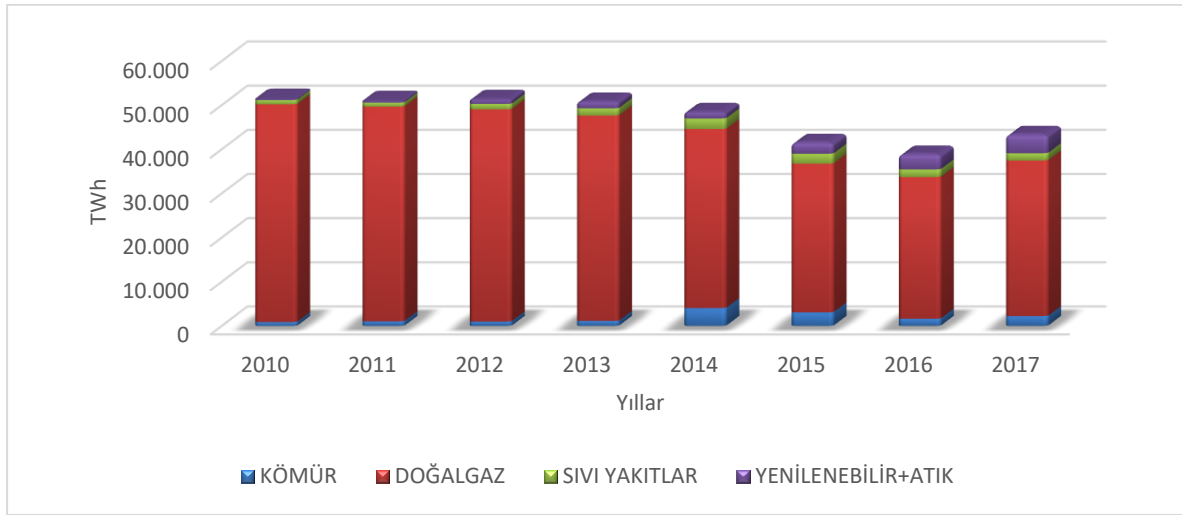
| | | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|--|---------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| KÖMÜR | Yakıt Girdisi (TJ) | 8.720 | 8.215 | 7.764 | 8.159 | 12.551 | 11.682 | 10.252 | 12.348 |
| | Üretim (GWh) | 704 | 579 | 572 | 592 | 707 | 750 | 845 | 1.076 |
| | Isı Üretimi (TJ) | 863 | 1.038 | 983 | 1.121 | 4.034 | 3.055 | 1.612 | 2.218 |
| DOĞALGAZ | Yakıt Girdisi (TJ) | 100.689 | 104.989 | 96.531 | 93.817 | 90.410 | 81.007 | 82.765 | 87.201 |
| | Üretim (GWh) | 6.891 | 7.855 | 6.500 | 6.590 | 7.146 | 6.643 | 7.091 | 6.897 |
| | Isı Üretimi (TJ) | 49.315 | 48.610 | 48.041 | 46.503 | 40.536 | 33.666 | 32.087 | 35.227 |
| SIVI YAKITLAR | Yakıt Girdisi (TJ) | 4.551 | 4.297 | 4.455 | 4.746 | 6.223 | 6.009 | 5.443 | 5.474 |
| | Üretim (GWh) | 322 | 364 | 346 | 307 | 360 | 400 | 453 | 505 |
| | Isı Üretimi (TJ) | 939 | 898 | 1.240 | 1.643 | 2.402 | 2.261 | 1.730 | 1.653 |
| YENİLENEBİLİR + ATIK | Yakıt Girdisi (TJ) | 752 | 1.005 | 2.958 | 3.523 | 4.065 | 5.983 | 7.398 | 8.436 |
| | Üretim (GWh) | 39 | 67 | 261 | 257 | 384 | 503 | 553 | 588 |
| | Isı Üretimi (TJ) | 213 | 371 | 1.053 | 1.499 | 1.438 | 2.514 | 3.410 | 4.203 |
| TOPLAM | Üretim (GWh) | 7.956 | 8.865 | 7.679 | 7.746 | 8.597 | 8.296 | 8.942 | 9.066 |
| | Isı Üretimi (TJ) | 51.330 | 50.917 | 51.317 | 50.766 | 48.410 | 41.496 | 38.839 | 43.301 |
| Türkiye Termik Elektrik Üretimi (GWh) | | 155.828 | 171.638 | 174.872 | 171.813 | 200.417 | 179.366 | 185.798 | 212.138 |

Tablo 3: Kojenerasyon Tesisleri Üretim ve Tüketim Verileri Tablosu- <https://www.teias.gov.tr/iv-turkiye-termik-santrallarında-kullanılan-yakit-miktarları-ısı-Değerleri-ve-kojenerasyon-1>

NOT: 1) Kojenerasyon santrallerde ısı üretimi kesilir, sadece elektrik üretilirse, sadece elektrik üretimi yapan santral gibi değerlendirildiğinden, bu döneme ait elektrik enerjisi üretimi ve kullanılan yakıt miktarları bu tabloya dahil edilmemiştir.
2) Otoprodüktör santraller için, sadece satılan ısı ve bu ısının yakıtı dahil edilmiştir.



Grafik: 3 Kojenerasyon Elektrik Üretimi (GWh)



Grafik: 4 Kojenerasyon Isı Üretimi (GWh)

2014 yılına gelindiğinde gerek Enerji Verimliliği Kanununda yer alan teşvik mekanizmalarındaki gerekse lisanssız elektrik üretim yönetmeliğinin yayımlanmasıyla ortaya çıkan ihtiyaçlar sebebiyle Bakanlığımız tarafından hazırlanan ve 18/09/2014 tarihli ve 29123 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan “Kojenerasyon ve Mikrokojenerasyon Tesislerinin Verimliliğinin Hesaplanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Tebliğ” yürürlüğe girmiştir. Tebliğ uyarınca teknolojisine bağlı verim değerini, elektrik/ısı oranı (c katsayısı) değerini ve birincil enerji kaynağında en az yüzde on ve üzeri tasarruf sağlayan kojenerasyon ünitelerine EVÇED tarafından “Kojenerasyon Tesisi Verim Belgesi” düzenlenmektedir.

Verim belgesi almak isteyenler, Tebliğde ve Kılavuzda belirtilen belgeleri hazırlayarak Bakanlığımıza başvurmaktadır. Yapılan başvurular EVÇED tarafından oluşturulan komisyon tarafından incelenmektedir. İncelenen başvuru dosyalarında eksiklik tespit edilmesi durumunda komisyon kararı alınarak başvuru sahibine eksiklikler bildirilir ve düzeltilmesi istenir. Başvuru sahibinin eksikleri düzeltilmesinden sonra komisyon nihai kararını alır ve kojenerasyon tesisi

verim belgesi düzenlenerek işletmeye gönderilir. Verim belgesi düzenlenebilmesi için başvuruya konu kojenerasyon tesisinin Tebliğde belirlenen ve teknoloji türüne göre değişen, toplam verim değerini, güç/ısı oranı olan (c) katsayısını ve minimum %10 ve üzeri birincil enerji tasarrufu değerinin sağlanması gerekmektedir.

Değerlendirme süreci tamamlanan başvuru sahibi tesisin devreye alındığını bildirmek ve sonrasında bir yıllık üretim ve tüketim verisi oluşmasına müteakip Bakanlığa oluşan verileri göndermek zorundadır.

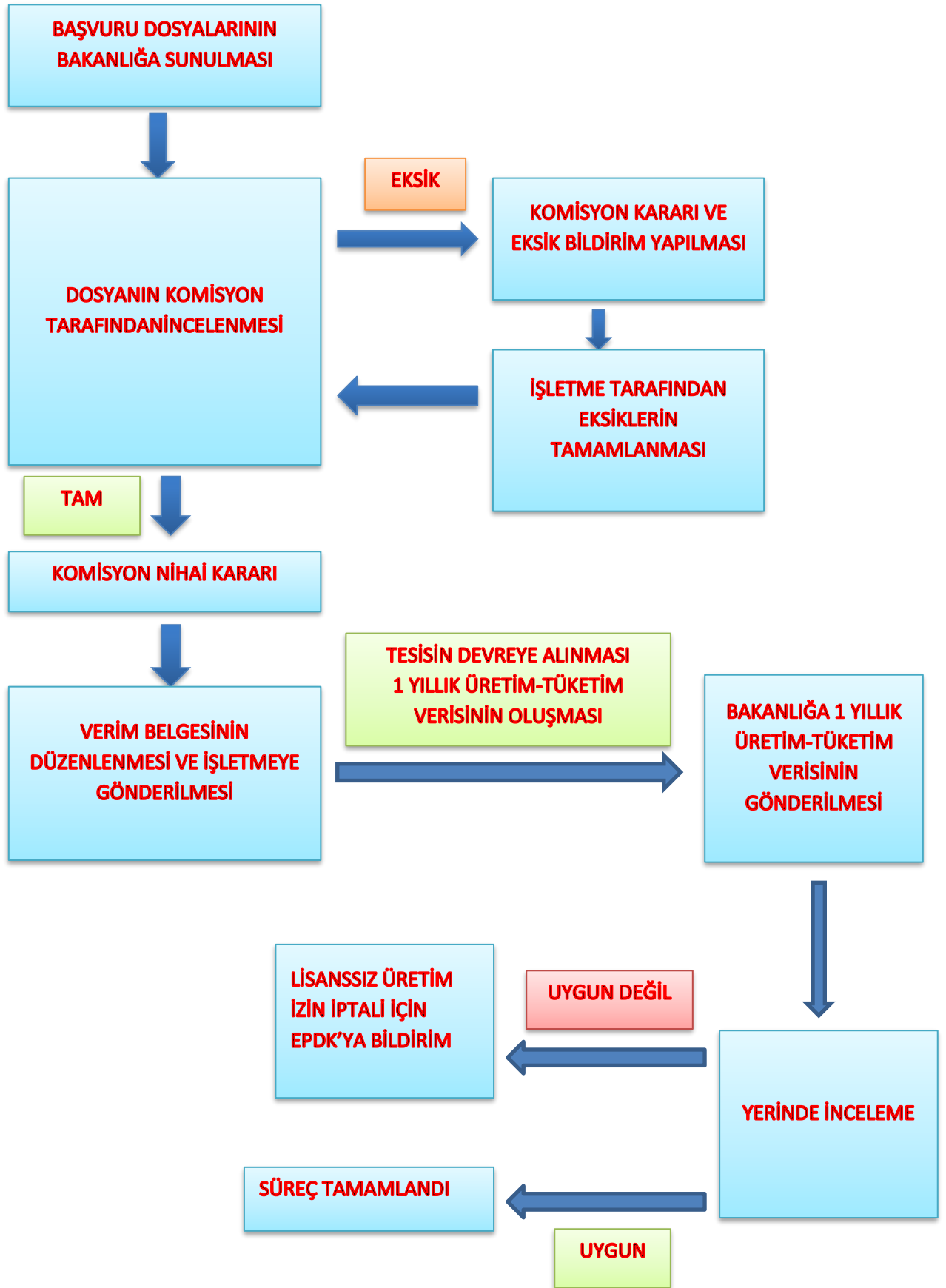
Üretim tüketim verilerin Bakanlığa ulaşması sonrasında EVÇED tarafından yerinde inceleme yapılacak tesisler belirlenerek yerinde inceleme programı oluşturulur. EVÇED tarafından oluşturulan heyet tarafından yapılan yerinde inceleme sırasında tesise ait Verim Belgesinde yer alan ısı azami çıkış gücü, elektrik azami çıkış gücü ve yakıt tüketimi ölçülerek toplam verim değeri, (c) katsayısı ve birincil enerji tasarruf oranı kontrol edilir. Yapılan kontrollerde uygun bulunan tesis için süreç tamamlanmış olur ancak uygun bulunmayan tesis için Bakanlık tarafından “Lisanssız Elektrik Üretim” izninin iptali için bildirim yapılır.

2019 yılında Kojenerasyon Tesisi Verim Belgesi almış olan 10 adet işletmeye yerinde inceleme yapılmıştır. Yapılan incelemelerde söz konusu tesislerde ölçümler yapılarak verim belgesindeki değerler kontrol edilmiştir. Tesislerin tamamının uygun verim değerlerinde çalıştığı tespit edilmiştir.

2020 yılında yerinde inceleme sayısının artırılması planlanmaktadır.

2019 yılında Bakanlığımızdan 2014-2018 yılları arasında Verim Belgesi alan işletmelere yazılar yazılarak üretim tüketim verileri göndermeyenlerden veriler istenmiştir. İstenilen veriler incelendiğinde bu dönemde verim belgesi alan 166 işletmenin 100 adetinin devrede olduğu ve en az son bir yıldır üretim yaptığı tespit edilmiştir.

Kojenerasyon tesisi verim belgesi ile ilgili süreç aşağıda verilmektedir.

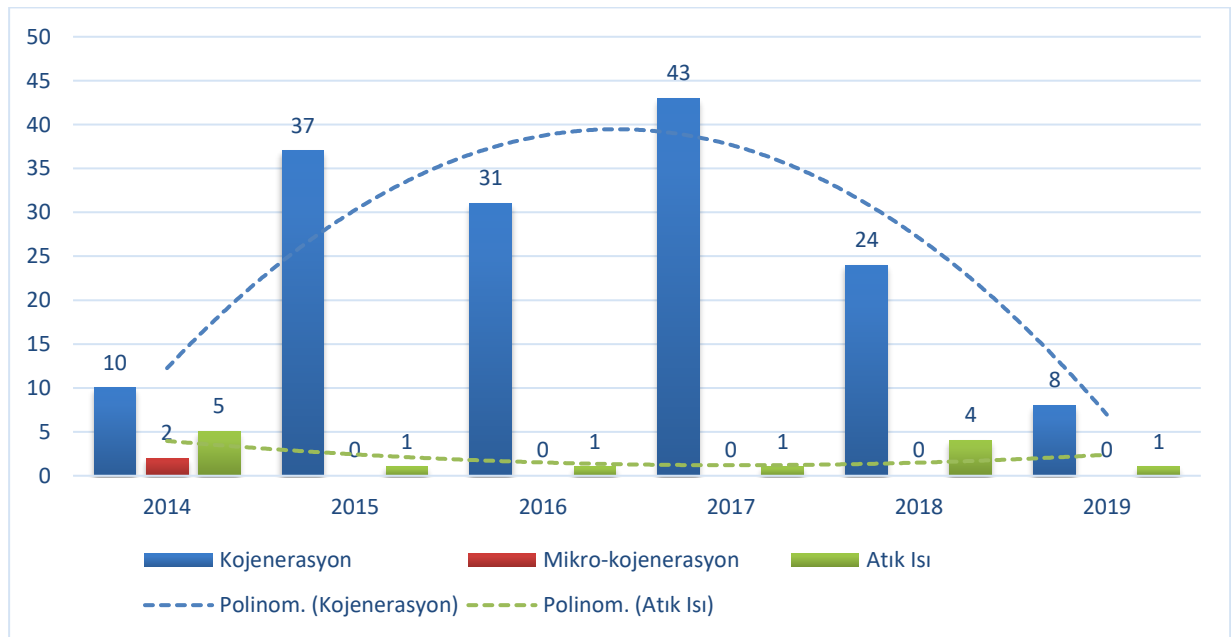


“Kojenerasyon Tesisi Verim Belgesi” başvuruları Bakanlığımız Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı tarafından kabul edilmektedir. 2014 yılından buyana Kojenerasyon Tesisi Verim Belgesi almak üzere, EVÇED’e toplam 183 adet başvuru yapılmıştır. Bugüne kadar 97 adedi bina sektöründe, 71 adedi sanayi sektöründe olmak üzere toplam 168 adet Kojenerasyon Verim Belgesi verilmiştir. Kojenerasyon Tesisi Verim Belgesi verilen tesislerin toplam elektrik azami çıkış gücü 491,7 MWe, ısı azami çıkış gücü ise 470,2 MWt’dir. Tüm tesisler dahil sağlanacak Birincil Enerji Kaynağı Tasarrufu 2.361 GWh/yıl’dır.

Verim Belgesi Alan Kojenerasyonların Yıllara Göre Başvuru Sayıları

| VERİM BELGESİ | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | TESİS SAYISI (Adet) | ELEKTRİK KURULU GÜÇ (kWe) | ISIL KURULU GÜÇ (kWt) |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|---------------------------|-----------------------|
| Kojenerasyon | 10 | 37 | 31 | 43 | 24 | 8 | 153 | 425.870 | |
| Mikro-kojenerasyon | 2 | - | - | - | - | - | 2 | 151 | - |
| Atık Isı | 5 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 13 | 65.690 | - |
| TOPLAM | 17 | 38 | 32 | 44 | 28 | 9 | 168 | 491.711 | 470.226 |

Tablo 4: Verim Belgesi Alan Kojenerasyonların Yıllara Göre Başvuru Sayıları Tablosu



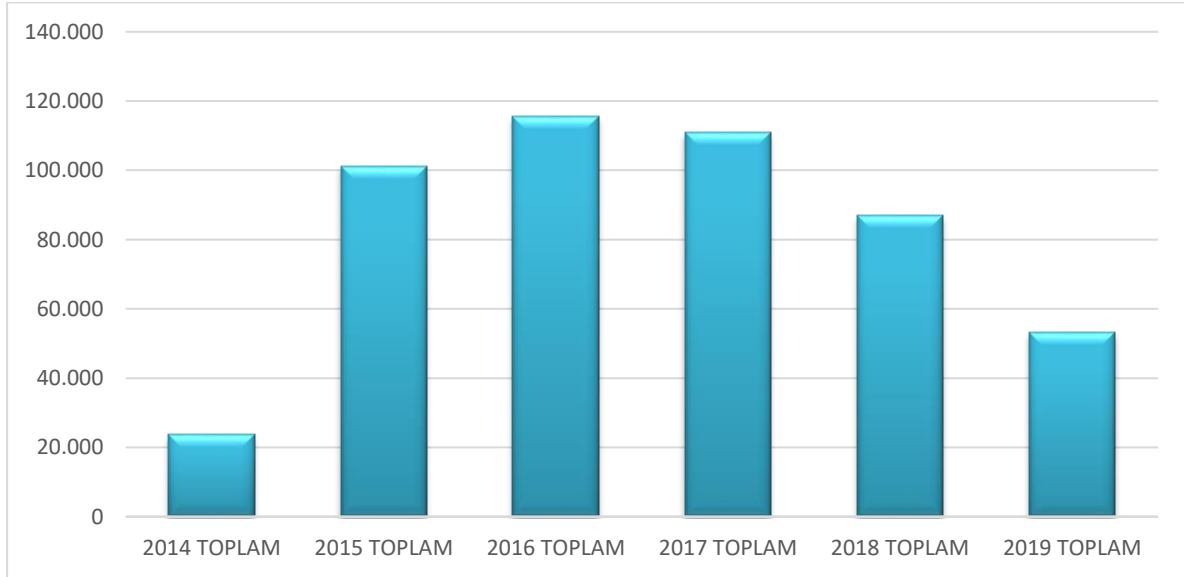
Grafik: 5 Başvuru Sayılarının Yıllara Göre Değişimi

Verim Belgesi Alan Kojenerasyonların Yıllara Göre Kurulu Güçleri

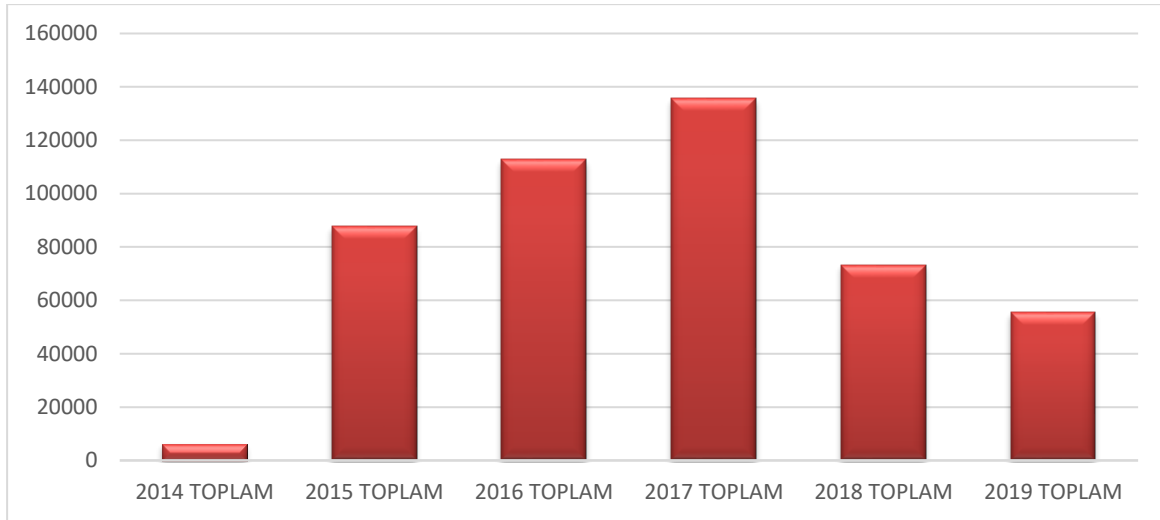
| Yıllar | Elektrik Kurulu Güç (kWe) | Isıl Kurulu Güç (kWt) |
|--------|---------------------------|-----------------------|
| 2014 | 23.790 | 6.188 |
| 2015 | 101.237 | 87.767 |
| 2016 | 115.547 | 112.800 |
| 2017 | 111.002 | 135.652 |
| 2018 | 86.927 | 73.308 |
| 2019 | 53.208 | 55.518 |

Tablo 5: Verim Belgesi Alan Kojenerasyonların Yıllara Göre Kurulu Güçleri Tablosu

Kojenerasyon Verim belgesi verilen tesisler kurulu güç ve sayısı açısından incelendiğinde 2014 yılından 2017 yılına kadar bir artış olduğu 2017 yılından sonra ise bir düşüş olduğu görülmektedir. 2017 yılına kadar olan artış incelendiğinde yeni yapılan kamu hastanelerinde kurulan kojenerasyon tesislerinin bu artışta önemli katkısının olduğu bunun yanında değerlendirilen dönemdeki doğalgaz elektrik birim fiyatları açısından bir denge olduğu tespit edilmiştir. 2018 yılında doğalgaz fiyatlarındaki artış ve dolar kurunda yaşanan dalgalanmalar sebebiyle sektör olumsuz etkilenmiş olup yeni yatırımların sayısı azalarak devam etmiştir.



Grafik: 6 :Yıllara Göre Elektriksel Kurulu Güç MWe



Grafik 7: Yıllara Göre Isıl Kurulu Güç MWt

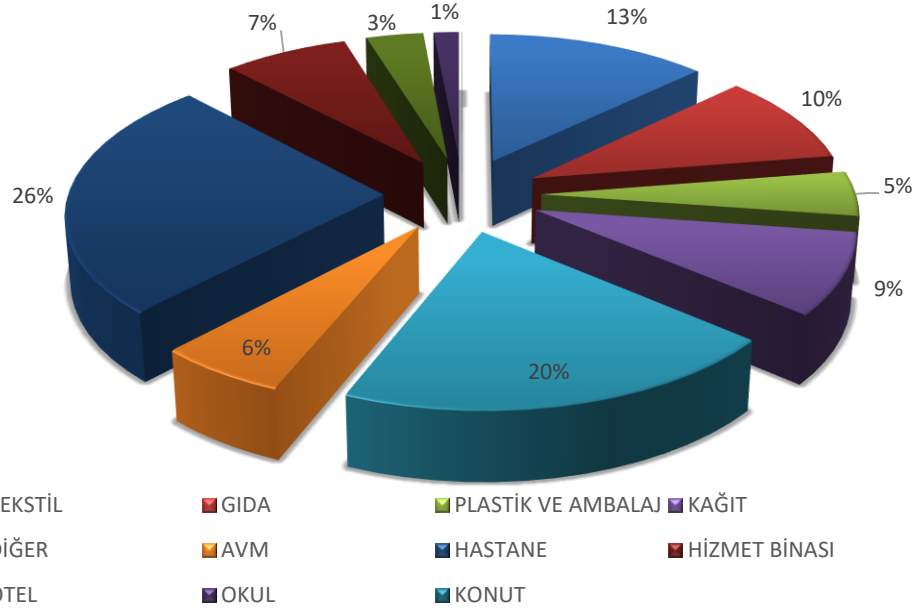
Verim Belgesi Alan Kojenerasyon Sistemlerinin Sektörel Dağılımı

Verim belgesi alan tesisler sektörel olarak incelendiğinde sanayide en fazla kurulumun tekstil sektöründe 61.780 kWe olarak gerçekleştiği binalarda ise hastanelerde 123.569 kWe olarak gerçekleştiği görülmektedir. Sanayi sektöründe atık ısı tesislerinin daha çok çimento sektöründe kurulduğu tespit edilmiştir. Binalarda kurulan tesislerin neredeyse tamamı içten yanmalı motor teknolojisine sahip tesislerdir. Binalardaki tesislerin birçoğu trijenerasyon tesisi olup absorpsiyonlu chiller kullanılarak eş zamanlı olarak soğutmada yapılmaktadır.

| SEKTÖR | ALT SEKTÖR | ELEKTRİK KURULU GÜÇ (kWe) | ISIL KURULU GÜÇ (kWt) |
|--------|--------------------|---------------------------|-----------------------|
| SANAYİ | TEKSTİL | 61.780 | 69.256 |
| SANAYİ | GIDA | 46.063 | 45.060 |
| SANAYİ | PLASTİK VE AMBALAJ | 22.657 | 24.196 |
| SANAYİ | KAĞIT | 41.628 | 53.000 |
| SANAYİ | *DİĞER | 97.009 | 29.918 |
| BİNA | AVM | 28.207 | 28.671 |
| BİNA | HASTANE | 123.569 | 131.883 |
| BİNA | HİZMET BİNASI | 34.530 | 45.877 |
| BİNA | OTEL | 15.902 | 17.152 |
| BİNA | OKUL | 6.993 | 7.312 |
| BİNA | KONUT | 151 | 235 |
| TOPLAM | | 478.489 | 452.561 |

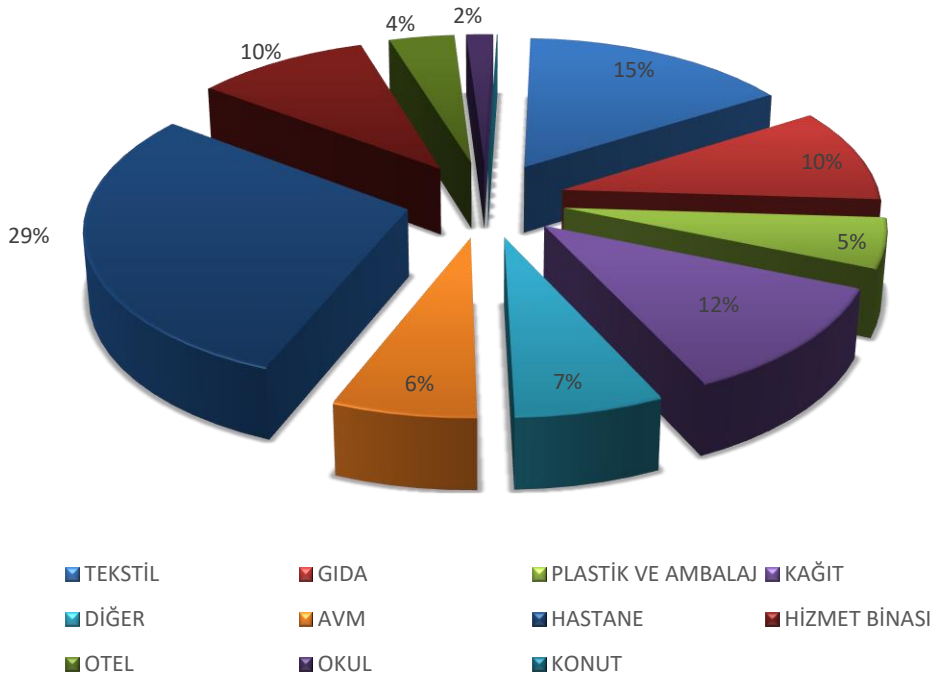
Tablo 6 :Kojenerasyon Sistemlerinin Sektörel Dağılımı Tablosu

ELEKTRİKSEL KURULU GÜÇ SEKTÖREL DAĞILIM (MWe)



Grafik: 8 Elektriksel Kurulu Güç Sektörel Dağılım (MWe)

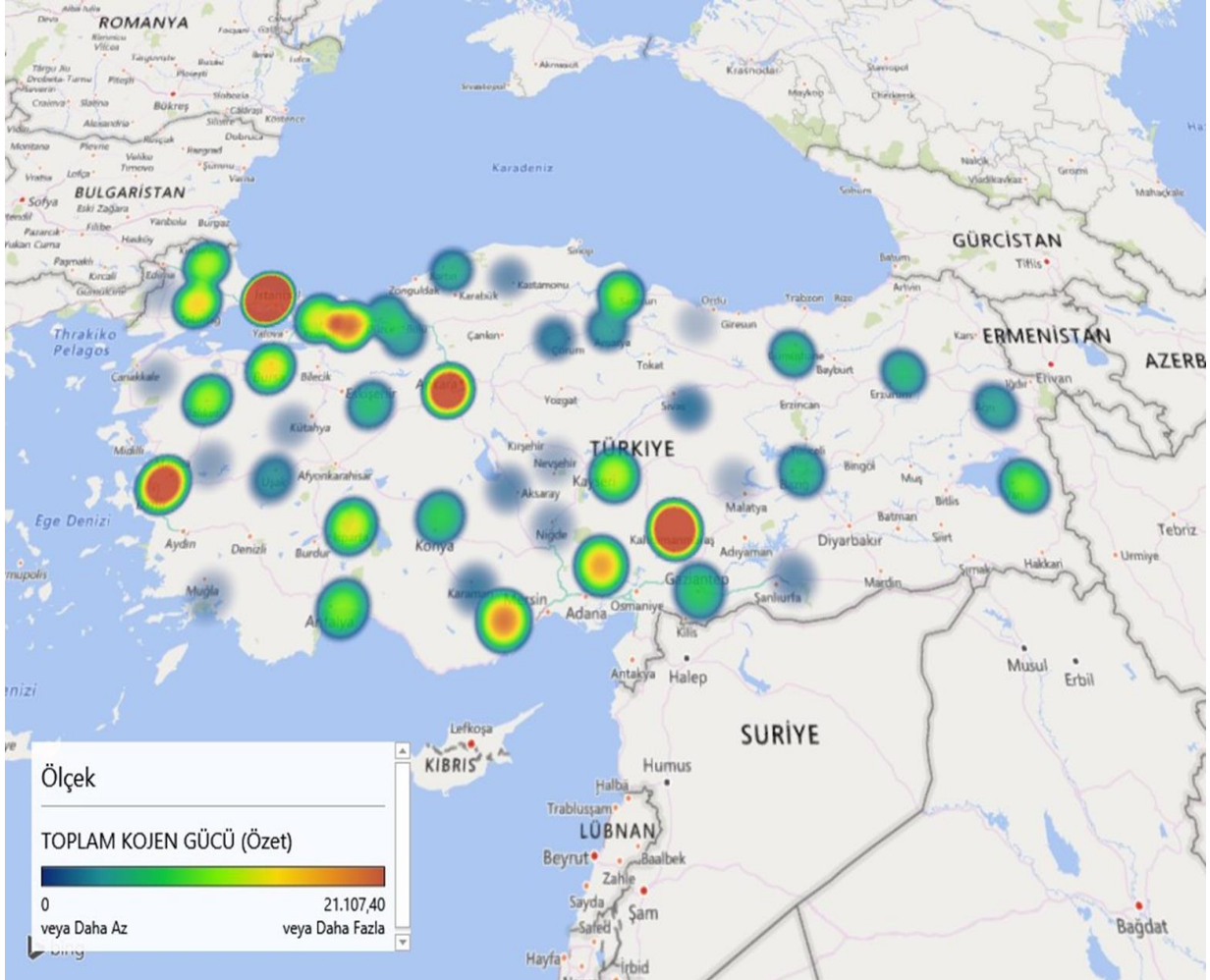
ISIL KURULU GÜÇ SEKTÖREL DAĞILIM (MWt)



Grafik: 9 Isıl Kurulu Güç Sektörel Dağılım (MWt)

Verim Belgesi alan Tesislerin İllere Göre Dağılımı

Türkiye’de farklı bölgelere yayılmış olan tesisler yer almaktadır. İller bazında bakıldığında en fazla kurulumun İstanbul’da yer aldığı görülmektedir.



Şekil 9: Harita

Kojenerasyon Tesislerinin İstihdama Olan Etkisi

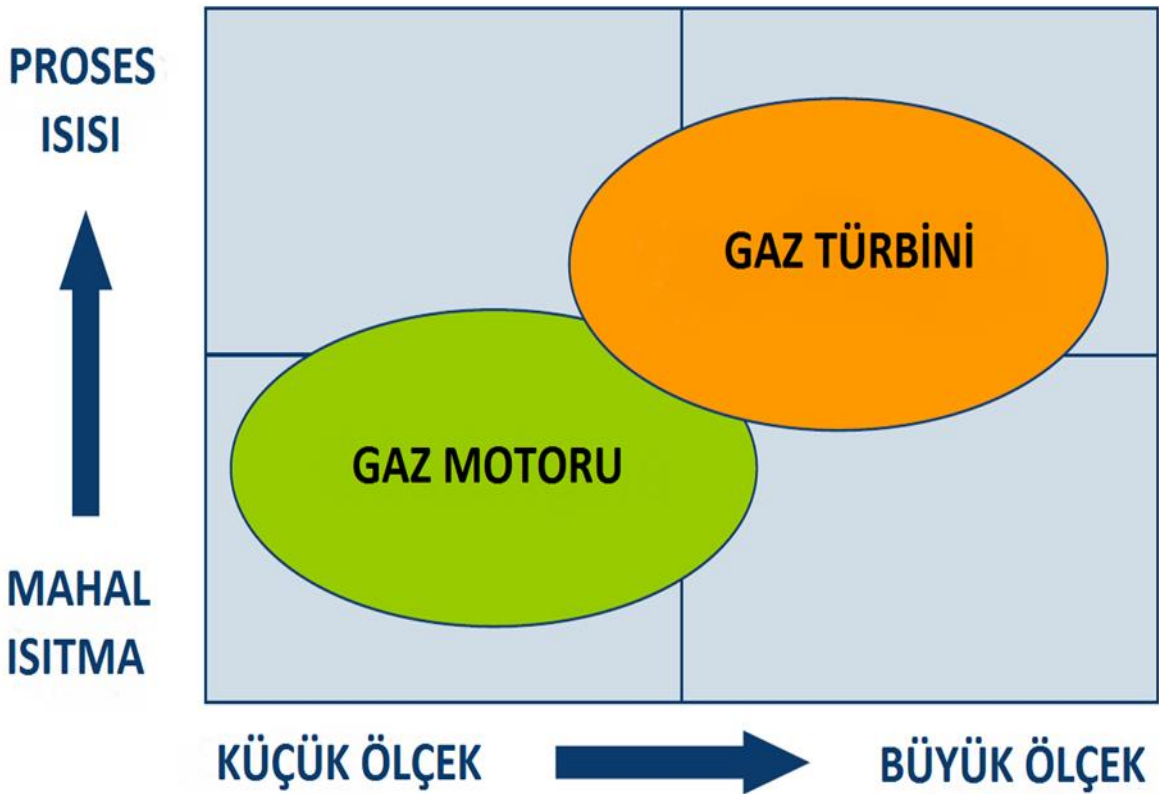
Kojenerasyon tesislerinin işletmesinin her ne kadar otomasyon sistemleri gelişmiş olsa da eğitilmiş ve teknik alt yapıya sahip personeller tarafından yapılması gerekmektedir. Farklı sektörlerde kurulan sistemlerde yerinde yapılan incelemelerde büyüklüklerine göre değişmekle birlikte her tesis için 24 saat 3 vardiyalı sistem dikkate alınarak 3 adet personel bulundurulduğu tespit edilmiştir. Verim belgesi verilen tesisler dikkate alındığında 168 tesiste 500 adet doğrudan yeni istihdam sağlandığı değerlendirilebilecektir. Bununla birlikte bakım ve yedek parça gibi kesimler dikkate alındığında sektörel büyüklük ve istihdam artışının daha fazla olacağı değerlendirilebilir.

Kojenerasyon Tesisi Yatırımı Sürecinde Yapılması Gerekenler

Kojenerasyon tesisi kurulacak konutta / hizmet binasında / fabrikada elektrik ve ısı talepleri ortaya konulmalıdır. Elektrik ve ısı tüketimi bilgileri için mümkünse tüketim noktalarından mümkün değil ise sayaçtan saatlik, günlük, aylık, dönemlik ve yıllık tüketimlerinin ölçülmesi gerekmektedir. Ölçümler sonucunda yük dağılım ve kullanılan enerjinin çeşidi, yük içerisindeki ağırlığı gibi bilgiler elde edilmelidir.

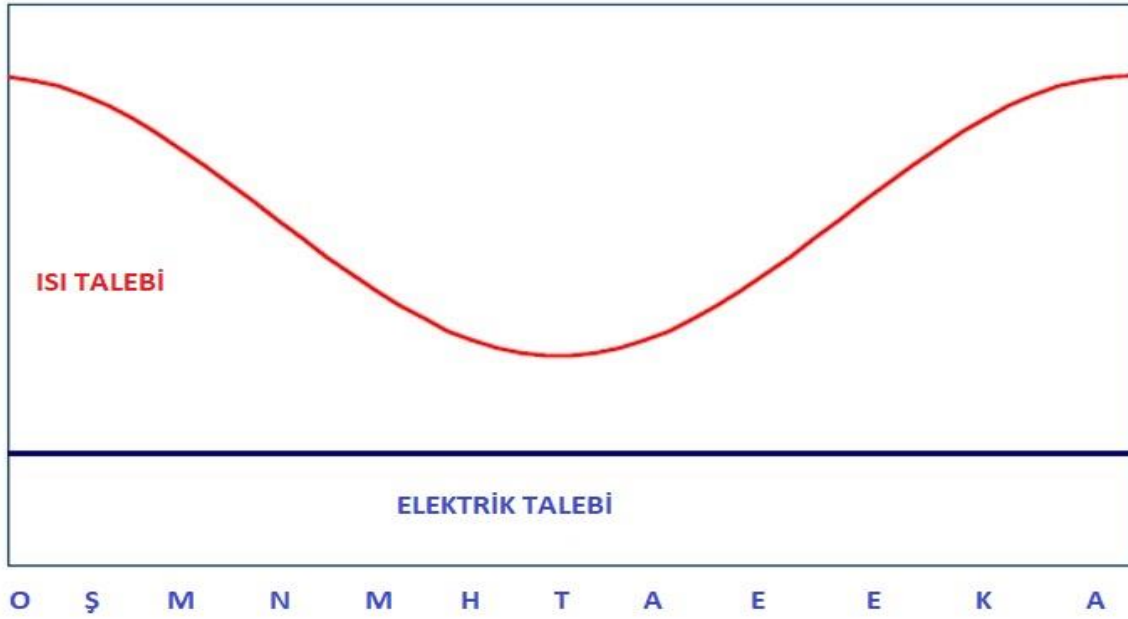
Yapılan ölçümler sonucunda tesisteki ihtiyaca göre ısıtma, soğutma, buhar vb. kojenerasyon tesisinden üretilecek enerji türü tespit edilmelidir.

İşletmelerde kullanılacak enerji türüne göre ısı enerjisi (buhar, sıcak su, kızgın yağ, doğrudan proses kullanımı) veya soğutma için yük eğrileri oluşturularak mevcut durum tespiti yapılmalıdır. Yapılacak bu çalışma ayrıca kojenerasyon tesisi için yapılacak teknoloji türü seçiminde kullanılacaktır. Örneğin proseste doğrudan ısıнын yüksek oranlı kullanımı mümkün ise gaz türbini seçilebilir.



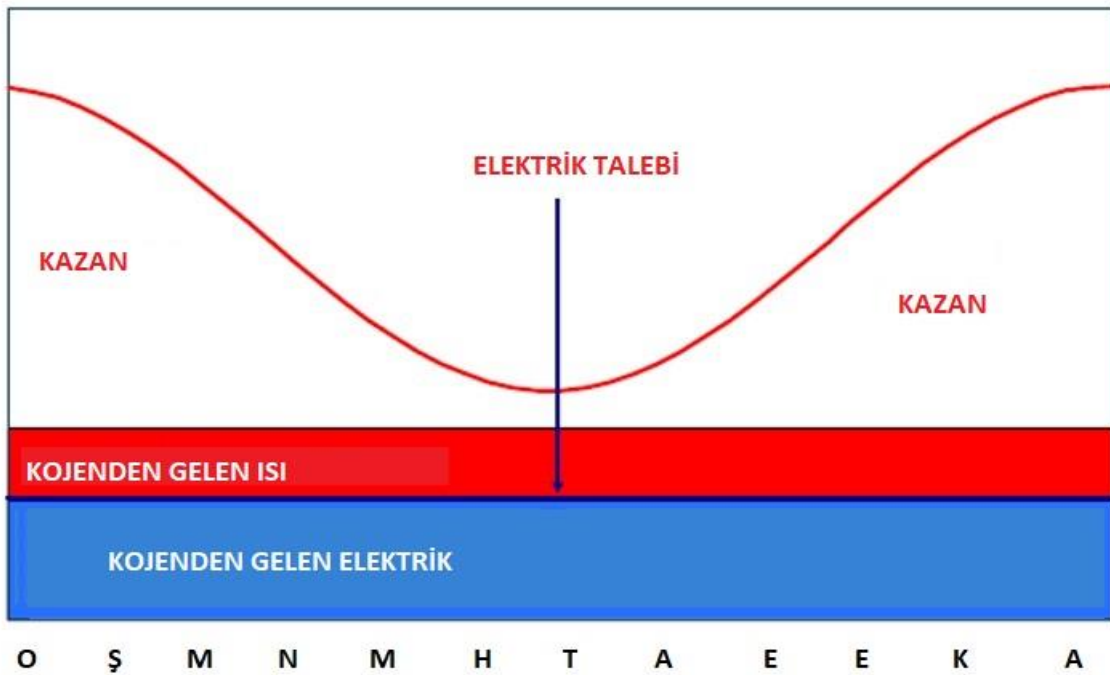
Şekil 10: Seçim Grafiği

Grafik 11’de örnek bir yük analizi grafiği görölmektedir. Aylar bazında ısı talebi ve elektrik talebi ortaya konulmuştur.



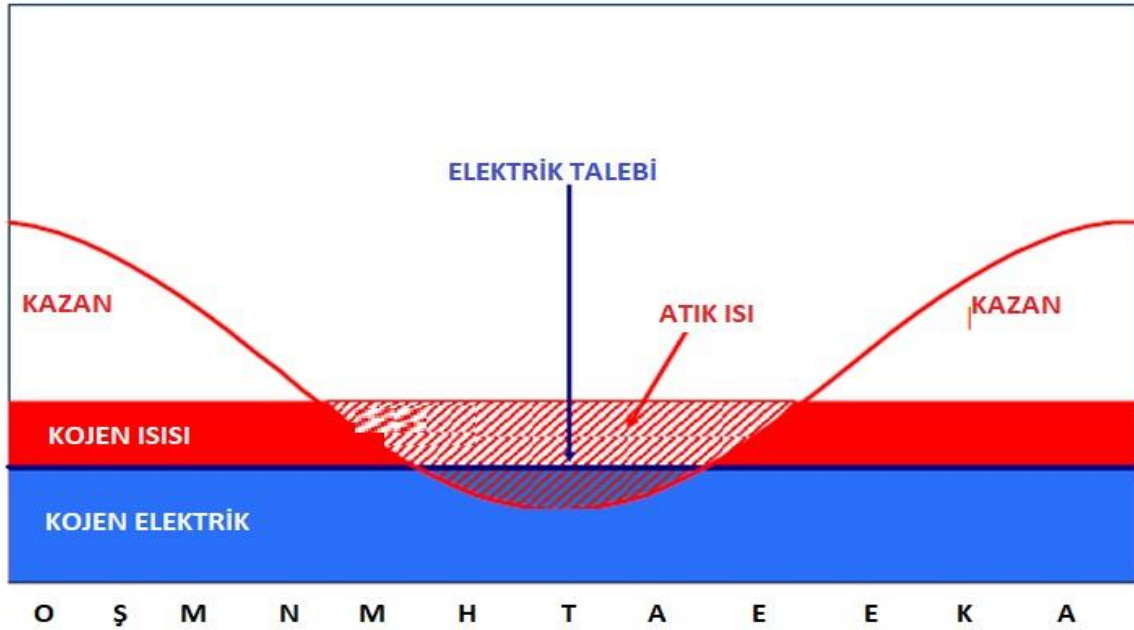
Şekil 11: Mevcut Durum Yük Grafiği

Grafik 12’de kojenerasyon seçimi yük eğrisine uygun olacak şekilde yapılmıştır. Bu seçimde esas olan atık ısı veya elektriğin şebekeye gerilmesi durumlarının oluşturulmamasıdır. Örnekte elektrik yükü sabittir ancak elektrik yükü de değişken ise bu durumda göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 12: Kojenerasyon Eklenmiş Yük Grafiği

Grafik 13’de kojenerasyonun büyük seçilme durumunda oluşan atık ısı ve elektrik fazlası görülmektedir. Kojenerasyon tesisleri oransal olarak çalıştırılabilirse bile düşük kapasitede çalıştırıldıklarında verimleri düşeceği için fayda maliyet oranları da azalacaktır.



Şekil 13: Büyük Seçilmiş Kojenerasyon Sistemi Eklenmiş Yük Grafiği

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planında Kojenerasyonun Yeri

2017-2023 yılları arasında uygulanacak olan ‘Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı’ ile 10,9 milyar dolar yatırım yapılması hedeflenmektedir. Yapılacak olan yatırımlar ile 30,2 milyar dolar tasarruf edilecektir. 66,6 milyon ton CO2 salınımı azaltılacaktır.

Eylem Planında 55 adet eylem tanımlanmıştır. Kojenerasyon sistemleri, bölgesel ısıtma dahil olmak üzere Bina ve Hizmet Sektöründe 3 adet, Sanayi ve Teknoloji Sektöründe 1 adet, Enerji Sektöründe 1 adet ve Tarım Sektöründe 2 adet olmak üzere toplamda 7 farklı madde de ele alınmıştır. Planda kojenerasyon sistemlerinin neredeyse bütün sektörlerde yaygınlaştırılması adına eylemler yer almaktadır.

- B6-Merkezi ve Bölgesel Isıtma/Soğutma Sistemlerinin Kullanımının Özendirilmesi
- B9-Yeni Binalarda Enerji Verimliliğinin Özendirilmesi
- B11-Binalarda Yenilenebilir Enerji ve Kojenerasyon Sistemlerinin Kullanımının Yaygınlaştırılması
- S1-Isı Kullanan Büyük Endüstriyel Tesislerde Kojenerasyon Sistemlerinin Yaygınlaştırılması
- E1-Kojenerasyon ve Bölgesel Isıtma-Soğutma Sistemlerinin Potansiyelinin Belirlenmesi ve Yol Haritasının Hazırlanması
- T3-Tarım Sektöründe Enerji Verimliliği Projelerinin Desteklenmesi
- T4-Tarımsal Üretimde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Özendirilmesi

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Kojenerasyon sistemleri incelendiğinde, ısı ve elektriğin birlikte üretilmesi nedeniyle yüksek verimli olması, yerinden üretim olarak kullanılması sebebiyle dağıtım ve iletim kayıplarından tasarruf sağlayabilmesi, esnek şebeke yapılarına olanak vermesi, şebekeden bağımsız çalışabilmesi, karbon salınımını azaltıcı etkisi olması, birçok farklı teknolojik altyapı ve yakıt ile kullanılabilmesi gibi avantajları sebebiyle desteklenmektedir.

Farklı kullanım yerleri olan kojenerasyon sistemlerinin istenilen faydayı sağlayabilmesi için kurulacak yere ait tüketim analizlerinin ayrıntılı olarak yapılması gerekmektedir. Bu sistemler şablon sistemler olarak kurulabilecek yapılar değildir. Raporda yer verdiğimiz gibi yakıt türüne teknoloji türüne göre birçok seçenek oluşturulabilir ve oluşturulan seçeneklerin kurulacak yerdeki elektrik ve ısı yükü dikkate alınarak uygulanması gerekmektedir. Bakanlığımız tarafından verilen verim belgesinde istenilen belgeler ile kojenerasyon kurulacağı işletmeye ait elektrik ve ısı yükleri ayrıntılı olarak analiz edilmektedir.

Dünyadaki kojenerasyon sektörü incelendiğinde şebekedeki pik yükün azaltılması ile birlikte şebeke esnekliğinin artırılabilmesi adına birçok çalışma yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalar ile son yıllarda miktarı ve niteliği artan yenilenebilir kaynaklı kojenerasyon sistemleri önemli bir destek görmektedir. Ülkemizde her ne kadar YEK Kanunu ile alım desteği tanımlanmışsa da çok az tesis kojenerasyon olarak faaliyet göstermektedir. Bu durumun yenilenebilir enerji alım fiyatlarının yüksek olması ve ilave yatırım yapma isteğinin oluşmaması olarak değerlendirilebilir.

Kojenerasyon sistemlerinin kullanıldığı önemli bir kullanım alanı da bölgesel ısıtma sistemleridir. Özellikle Danimarka ve Finlandiya gibi kuzey ülkelerinde yaygın olarak kullanılan bölgesel ısıtma sistemlerinin yaygınlaşması ülkemizce de önemsenmekte ve Bakanlığımız tarafından ısı kanunu hazırlığı yapılmaktadır.

Kojenerasyon sistemlerinin yaygınlaşması raporda da değerlendirildiği ve ortaya konulduğu gibi ulusal enerji politikamıza değerli katkılar sunacaktır. Bununla birlikte ülkemizde yerli kojenerasyon sistem ve ekipmanlarının (özellikle gaz motorlu ve türbinli sistemlerde) yeterli düzeyde olmayışı yaygınlaşması ve desteklenmesi önündeki önemli bariyerlerden biri olarak değerlendirilebilir.

Kojenerasyon sistemlerinin yerli ve milli ekonomik değer oluşturacak ve birçok enerji politikasını destekleyecek sistemler olarak Bakanlığımız planlarında yer almaktadır.