

# TÜRBİN GİRİŞ HAVASI SOĞUTMASININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ

**Naci ŞAHİN**  
Makina Mühendisi  
Genel Müdür

**Hasan ACÜL**  
Makina Mühendisi  
Ar-Ge Bölüm Şefi

## ABSTRACT

*For countries in the mild temperate zone such as Turkey, the efficiency offered by cooling turbine inlet air is beyond doubt. Increasing efficiency, maximizing production, thus reducing cost per unit is the crucial edge in today's competitive environment. Detailed evaluation of the materials, performance and construction properties of turbine air coolers, which self-finance its installation and operation costs in the short term with the increase in efficiency they provide; shunning applications with short life terms and relatively high risks of malfunction that are not in compliance with the criteria specified in the following (article) is quite important for investors of the energy sector.*

*Increasing efficiency and reaching maximum power output capacity with minimized expenses is very important point in our era for energy manufacturers. Increasing the combustion turbine inlet airflow rate is a common modification to increase the power and net efficiency of power-generating equipment, including automotive engines with inlet air compressors (turbos) and power-producing combustion turbines with supercharging or inlet air cooling. There is no doubt that cooling inlet air provides more power output and efficiency in hot climate countries, like Turkey, than in cooler location countries. There are many designs such as wetted media, fogging, overspraying/wet compression, mechanical chiller systems, absorption cooling systems etc .available for combustion turbine inlet air cooling. This paper is intended to provide detailed information on economic benefits and comparison of different type Combustion Turbine Inlet Air Cooling system and material specifications, design criteria, performance and constructive features of Combustion Turbine Inlet Air Cooling Units using cooling coils.*

## GİRİŞ

Türbin-jeneratör sistemlerinde yanma havasının soğutulması, toplam enerji üretimini ve sistemin toplam verimini artırmada tartışma götürmeyen ve genelde uygulanan bir yöntemdir.

Başlangıçta birçok türbin/jeneratör sistemi kurulum maliyetlerini düşürmek için ve o günün şartlarında kapasiteler de yeterli geldiğinden dolayı türbin giriş havası soğutma sistemi olmadan kurulmuştur. Ortaya çıkan ek üretim ihtiyacına paralel olarak yeni bir ünite yatırımı yapmadan giriş havası soğutulması yoluyla sistemin enerji üretim kapasitesi özellikle yaz şartlarında -sisteme gelen ek yükler (parazitic load) düşüldükten sonra- %10-26'lara varan oranlarda artırılabilir.

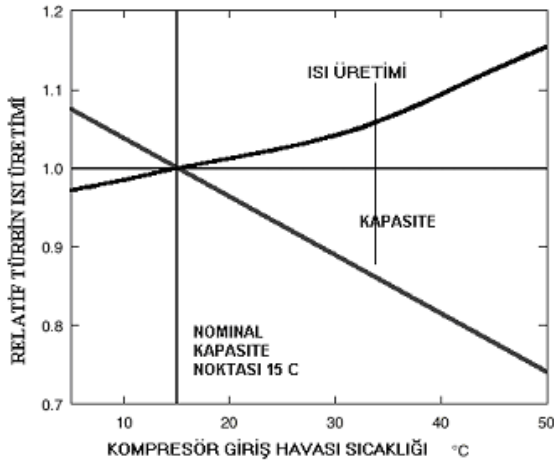
Sonradan yapılan uygulamalarda evaporatif media, fogging, direk soğutucu akışkanla soğutma yada bir chiller paketi ve ikincil soğutucu akışkanlı soğutma bataryası kombinasyonu uygulanabilmektedir. Enerjinin buz/su olarak depolandığı sistemler yine bir soğutma bataryası kombinasyonu ile birlikte kullanıldığında sistemde kompanzasyon sağlama açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

2001 yılından itibaren FRİTERM A.Ş enerji sektörünün ihtiyaçlarını karşılama doğrultusunda türbin giriş havası soğutma sisteminin ısı değiştirici bataryalarını (cooling coil) ön filtre ve damla tutucusu ile birlikte komple bir paket olarak sunmaktadır. Soğutucu Bataryalar uluslararası laboratuvarlarda test edilerek EUROVENT tarafından akredite edilen "FRİTERM COILS 5.5 FRT1" özel yazılımı ile dizayn edilen yüksek verimli eşanjörlerdir. Soğutma ünitelerinin komple paket olarak sağlanması, üreticiye hem ekonomiklik hem de kurulu bir sisteme yapılan uygulama nedeniyle yerinde yapılması zorunlu ölçüm, projelendirme ve yerine uygun üretim konularında büyük avantajlar sunmaktadır.

## 1. GİRİŞ HAVASI SOĞUTMASI İLE KAPASİTE NASIL VE HANGİ ÖLÇÜLERDE ARTMAKTADIR

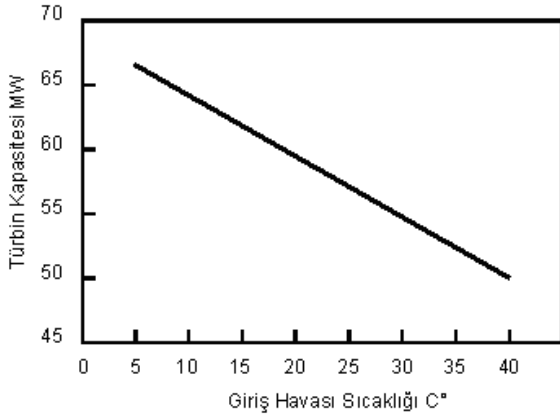
Türbin-jeneratör sistemlerinin hemen tümü sabit volumetrik akışa sahiptir. Bu özellik nedeniyle soğuyan havadaki yoğunluk artışı sistemin giriş havasının ağırlıkça artmasına bunun sonucu olarak da türbin-jeneratör sisteminin enerji üretim kapasitesinin artmasına yol açmaktadır. Türbin-jeneratör sisteminde özellikle yaz aylarında büyük kapasite kayıpları ortaya çıkmaktadır. Giriş havasını soğutma için kullanılan tüm ek güç kayıpları göz önüne alındığında dahi, giriş havası soğutması, üretilen enerjiyi artırmakta ve ısıyı düşürmektedir. Giriş havası sıcaklığı düştükçe hemen lineer olarak enerji üretim kapasitesi artmakta birlikte buzlanma riski oluşmaması için hava sıcaklığı yaklaşık 5-6 °C'ların altına inmeyecek şekilde dizayn yapılmaktadır.

Tipik bir gaz türbini için, giriş havasının 15°C' den 38°C' ye yükselmesi, standartlarda tayin edilen kapasitenin %73' üne düşmesine neden olur. Bu düşüş güç üreticilerinin, sıcaklığın yükselip soğutucu cihaz-makinelere çok daha fazla ihtiyaç duyulan günlerde ortaya çıkacak olan artan güç talebini karşılama ve dolayısıyla satışlarını arttırma fırsatını kaçırmalarına neden olabilir. Tersinden bir bakışla, giriş havasının 38°C den 15°C soğutulması standart kapasitesinin %27 oranındaki kaybını önler. Eğer giriş havası 6°C ye soğutulursa, gaz türbin güç üretim kapasitesi, standart kapasitenin %110 una yükselecektir, böylelikle eğer giriş havası 38°C den 6°C ye soğutulursa, gaz türbininin güç çıkışı belirlenmiş kapasitesinin %73' ünden %110'nuna çıkacaktır ki bu yaklaşık olarak %40-50 civarı güç artışı olarak düşünülebilir.

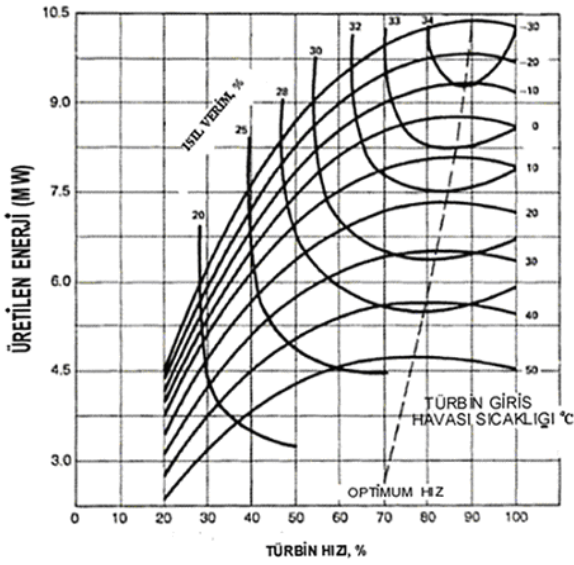


Giriş havası sıcaklığına bağlı olarak türbin kapasitesi ile ısı üretiminin değişim eğrisi Şekil 1'de, ayrıca Lincoln, Nebraska'da kurulu bir GE Frame 7B türbini için giriş havası sıcaklığına bağlı bir enerji üretim kapasitesi ölçüm değerleri Şekil 2'de verilmektedir.

Şekil 1: Hava giriş sıcaklığına bağlı türbin kapasitesi ve ısı üretim oranı



Şekil 2: 7B Türbininde Giriş Hava Sıcaklığının Kapasiteye Etkisi , NEBRASKA



Şekil 3: Türbin Giriş Hava Sıcaklığına Bağlı Performans Karakteristikleri

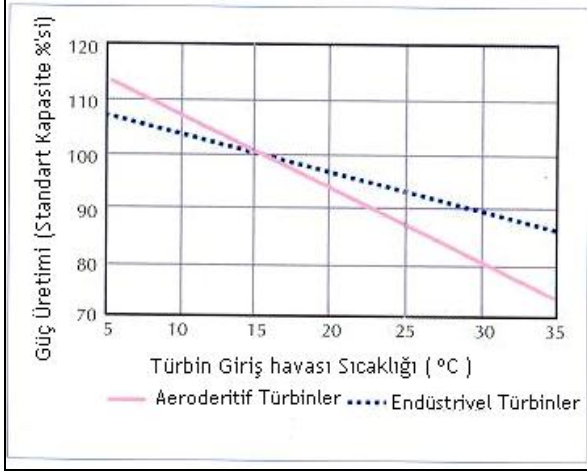
Gaz türbini kapasiteleri ISO tarafından tanımlanan +15 °C sıcaklık, %60 izafi nem ve 14,7 psi deniz seviyesinde verilmektedir. Diğer koşullardaki kapasiteler için doğrultma faktörleri üretici firmadan alınmalıdır. Ancak genel bir yaklaşım olarak aşağıdaki faktörler kullanılabilir.

- Giriş hava sıcaklığında her 10 °C yükseliş %8 güç kaybına yol açar.
- Rakımda her 300 metre yükseliş güç üretimini %3,5 düşürür.
- Girişte filtre, susturucu ve kanallardaki toplam her 1 kpa ek basınç kaybı güç üretimini %2 düşürür.
- Çıkışta boiler, susturucu ve kanallardaki toplam her 1 kpa ek basınç kaybı güç üretimini %1,2 düşürür.

7,5 MW'lık bir türbin motorunun tipik bir performans eğrisi Şekil 3'te görülmektedir. Burada hava sıcaklığına bağlı olarak türbinin hangi hızda hangi verimde olduğu görülebilmektedir.

## 2. TÜRBİN GİRİŞ HAVASI SOĞUTMA SİSTEMİNİN AVANTAJLARI:

### 1. Kapasite artırımı:

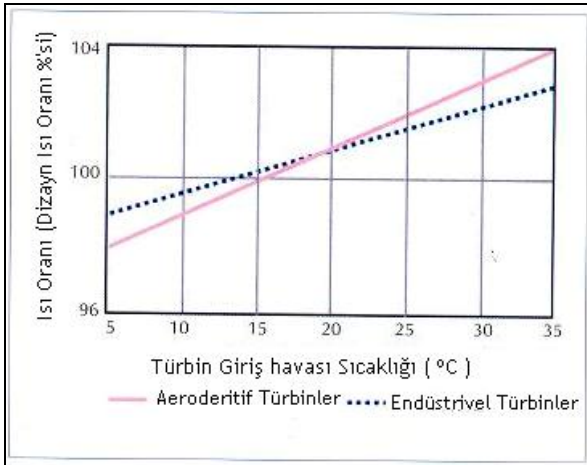


Ortam sıcaklığının 15°C' nin üzerinde olduğu durumlarda standart kapasiteler ile karşılaştırıldığında, gaz türbini güç kayıplarının önlenmesi veya azaltılmasını sağlamak Türbin giriş havası soğutulmasının birinci faydası olarak kabul edilebilir. Türbin giriş havasının 15°C nin altına soğutulması, aynı zamanda santral sahiplerine, standart gaz türbini güç üretim kapasitesinin üzerinde bir güç çıkışı almalarına izin verir.

Şekil 4: Ortam havası değişiminin Gaz Türbini güç üretimine etkisi

### 2. Yakıt verimliliğinin artması:

Ortam havasının 15°C' nin üzerine yükseldiği zamanlarda, dizaynda belirlenen verimlilik ve ısı oranına göre karşılaştırıldığında, yakıt verimliliğinin düşüşünü engelleyici bir unsur olması türbin giriş havası soğutulmasının önemli faydasıdır. (Isı oranı: bir birim elektrik enerjisi için gerekli olan yakıt miktarıdır.)



Hava giriş sıcaklığının 15°C' den 38°C ye yükselmesi ısı oranını yükseltir. Bu durum yakıt verimliliğinde yaklaşık %4 oranında düşüşe sebep olur. Yakıt oranındaki düşüş türbin giriş havasının soğutulması ile önlenir. Tipik bir gaz türbini için giriş havasını 15°C den 6°C ye soğutmak ısı oranını düşürür ve yakıt verimliliğini yaklaşık %2 yükseltir.

Şekil.5 Endüstriyel ve Aeroderitif türbinler için giriş hava sıcaklığının ısı oranı üzerindeki etkisini göstermektedir.

### 3. Güç Üretim Ünitelerinin Kapasite çıkışına bağlı olarak Ana Yatırım Maliyetinin azaltılması:

Eğer güç üretim sisteminde türbin giriş havası soğutması uygulanmıyor fakat ortam sıcaklığındaki yükselme nedeniyle oluşan kapasite kaybı karşılanmak isteniyor ise, uygulanabilir tek seçenek, sistemde diğer bir gaz türbini kullanmak veya diğer bir tip jeneratör tesis etmektir. Bu alternatifler genelde türbin giriş havası soğutmasından çok daha pahalı yöntemlerdir. (İlerideki sayfalarda grafikler ile bu durum açıklanmıştır.) Ayrıca, uygulanacak soğutma sistemi ile ortaya çıkan kapasite artırımı (kazanılan ek kapasite) gerekli yeni yatırımın geciktirilmesine de olanak tanır.

#### **4. Buhar ve buhar türbini güç çıkışının arttırılması ve Kombine çevrim veriminin yükseltilmesi:**

Türbin giriş havası soğutması ortam sıcaklığının 15°C üstüne çıktığı zamanlarda, kojenerasyon sistemi içinde üretilen buhar kaybını ve birleşik çevrim içersindeki buhar türbinlerinin güç üretim kayıplarını önler. Daha önce de ifade edildiği gibi bir gaz türbininin güç üretimi, hava sıcaklığının yükselmesi ile (ters olarak) düşer. Bunun sebebi, giriş havası kütleli akış oranının azalmasıdır. Düşük kütleli akış oranı, gaz türbini egzost gazlarının toplam enerjilerinin düşmesine ve böylece çevrim içerisinde ısı geri kazanım buhar jeneratörlerinde üretilen buhar miktarının azalmasına neden olur. Isı geri kazanım buhar jeneratörlerinde düşük miktarda buhar üretimi, birleşik çevrim içerisinde buhar türbinlerinin düşük üretim yapmasına neden olur.

#### **5. Güç üretimi miktarının önceden belirlenebilirliğinin iyileştirilmesini sağlar :**

Bazı türbin giriş havası soğutma teknolojileri, hava koşullarından bağımsız, potansiyel olarak minimum 6°C' ye kadar arzulanan sıcaklıkta çalışmaya imkan verir. Bu teknolojiye sahip sistemler, güç çıkış miktarının önceden tahmin edilmesini kolaylaştırır ve gaz türbini kullanan güç üretim santrallerin üretim tahminlerinin yapılması için gerekli olan değişkenlerden biri olan havanın değişkenler listesinden elenmesini sağlarlar.

#### **6. Su/buhar püskürtülme ihtiyacını yok eder:**

Türbinin kütleli debisini arttırmak ve NOx emisyon miktarını düşürmek için su/buhar püskürtme uygulamaları yapılmaktadır. Ancak bazı durumlarda buhar püskürtülmesi türbin kapasitesini düşürmekte ya da CO emisyonunu arttırmaktadır. Türbin giriş havası soğutma uygulaması sayesinde düşük giriş havası sıcaklığı elde edilmesi yanma gazı sıcaklığını düşürerek NOx emisyon miktarını düşürür ve bu sayede NOx kontrolü için su/buhar püskürtme ihtiyacı ortadan kalkar. Türbin giriş havası soğutma sistemi ayrıca CO emisyonu artışına yol açan çeşitli türbin/jeneratör kapasite artırma tedbirlerine de ihtiyaç bırakmaz ayrıca kontrol kolaydır ve karmaşık kontrol sistemlerinden bizi korur.

#### **7. Sistemin temel verimini artırır:**

Enerji kullanım yükünün az olduğu zamanlarda elektrik tahrikli chiller vasıtasıyla enerji depolanması sistemin toplam verimini artırır. Ayrıca gece çalıştırılan elektrikli chiller düşük kondenser sıcaklığı nedeniyle yüksek verimde çalışır. Sürekli olarak yüksek elektrik ve ısı üretimi amaçlanıyorsa enerji depolama değil sürekli çalışan sistemler kullanma zorunluluğu vardır.

#### **8. Türbin ömrünü artırır:**

Türbinin düşük emiş havası sıcaklığında çalışması ömrünü artırır ve bakım masraflarını düşürür. Daha düşük ve sabit emiş havası sıcaklığı türbin ve parçalarındaki aşınmayı azaltır.

#### **Sistemin diğer bazı faydaları da aşağıdaki gibidir.**

9. Evaporatif media aynı zamanda havayı filtre de eder.
10. Soğutucu bataryalar önemli miktarda suyu yoğunlaştırır ve bu su soğutma kulesi ya da evaporatif kondenserler için kıymetli bir besleme suyudur.
11. Basit bir sistemdir ve sadece gerektiğinde kullanılabilir.
12. Giriş havası sıcaklığı gerekli türbin kapasitesine uygun olarak kontrol edilebilir. Bu sayede kontrol amaçlı olan giriş yönlendirici vanası %100 açık tutularak, sistem basınç kaybından dolayı ortaya çıkan zarardan kurtulabilir.

### 3. TÜRBİN GİRİŞ HAVASI SOĞUTMA SİSTEMİNİN DEZAVANTAJLARI:

1. Ek yer ihtiyacı ve ek ilk yatırım maliyeti ortaya çıkar
2. Sistemin ek bakım ihtiyacı ortaya çıkar.
3. Hava girişine yerleştirilen ısı değiştirici batarya (cooling coil) yada evaporatif media basınç kaybına yol açar.

### 4. TÜRBİN GİRİŞ HAVASI SOĞUTMASI SİSTEMİ KURULMASINA KARAR VERİLİRKEN İRDELENMESİ GEREKLİ KONULAR:

Türbin tipi: Industrial single shaft, aeroderivative

Bölge iklim özellikleri

Hava debisinin üretilen enerjiye oranı

Sıcaklık düşümü ile elde edilecek üretim miktarı artış oranı

Hava soğutma metodu

Soğutma bataryaları yada evaporatif media vasıtası ile oluşan basınç kaybı (*Çok önemlidir*)

Kontrol sistemi

Yakıt bulunabilirliği ve maliyeti

Bakım onarım giderleri

Pompalama ihtiyacı

Enerji depolama tipi ve şarj/deşarj stratejisi

Elde edilen elektrik enerjisi satış değeri

Elde edilen elektrik enerjisi maliyeti

### 5. TÜRBİN GİRİŞ HAVASI SOĞUTMA TEKNOLOJİLERİ:

Ticari olarak türbin giriş havası soğutulması için bir çok teknoloji kullanılabilir. Bu teknolojiler aşağıdaki ana kategorilere ayrılmış olarak verilmiştir. Her bir sistemin artısı ve eksisi mevcuttur.

- Evaporatif sistem: Wetted media(Evaporatif soğutma), Fogging (Sisleme - Pulvarize spreyleme) ve ıslak sıkıştırma / spreyleme.
- Chillerler: Mekanik ve absorpsiyonlu chillerler (Termal enerji depolamalı ya da değil.)
- LNG Buharlaştırma
- Hibrid sistemler

#### 1. Wetted media(Evaporatif soğutma):

Türbin giriş havası soğutması için kullanılan ilk teknolojik sistem olan ıslak soğutucu yöntemi, evaporatif soğutma teknolojisidir. Bu sistemde soğutma ,gaz türbini giriş havasına eklenen suyun hal değişimi ile sağlanır.

Bu teknolojiye, giriş havası, soğutucuda su filmi etkisine maruz bırakılır. Bal peteği formundaki soğutucu en fazla kullanılanıdır. Kullanılan suyun ve ıslatma aracının özelliklerine bağlı olarak sertlik alma (yumuşatma) işlemi yapılması gerekir. Bu sistemde, Kuru Termometre ve Yaş Termometre sıcaklık farkının %85-95'i kadar yaş termometre sıcaklığına yaklaşabilmektedir. Bu yöntem en düşük yatırım ve işletme maliyetine sahip seçenektir.

Bu yöntemin temel dezavantajı ise soğutmanın Yaş termometre sıcaklığı ile sınırlı olmasıdır. Bu durum soğutmanın hava şartlarına bağlı olması sonucunu doğurur. Buna ek olarak, yeniden sirküle olan suyun kirlenmesi ve soğutucunun çalışma veriminin düşmesine karşı sistem kalitesinin sürekli olarak dikkatlice kontrol edilmesi gerekir.



Bu sistem en verimli çalışmasını, kuru sıcak havada sağlar ve ortam nem oranının yüksek olması ile verim azalır. Bu sistemde, büyük miktarda su tüketimi olmasına rağmen en fazla kullanılan teknolojidir.

## **2. Fogging (Sisleme - Pulvarize spreyleme) :**

Sisleme, evaporatif soğutma teknolojisinin bir diğer formudur ve çok küçük su damlacıklarının spreylenecek giriş havasına eklenmesi şeklinde çalışır. Bu sistemler istenilen evaporasyon zamanı ve ortam sıcaklığına bağlı olarak farklı büyüklüklerde damlacık üretebilecek şekilde dizayn edilebilirler. Su damlacıklarının büyüklükleri genellikle 40 microndan daha küçük, çoğunlukla 20 microndur. Bu sistemde kullanılan suyun demineralize edilmesi gerekir.

Bu sistemde, Kuru Termometre ve Yaş Termometre sıcaklık farkının %95-98'i kadar yaş termometre sıcaklığına yaklaşılabilir. Bu nedenle fogging yöntemi evaporatif-ıslak soğutma sisteminden biraz daha verimlidir. Ana yatırım maliyeti evaporatif soğutmayla aynı olup limitleri ve dezavantajları da benzerdir. Ancak, bazı gaz türbin üreticileri, sisleme sistemlerini kompresör kullanım verimini düşürdüğü ve bu sistemin uygulanması ile ortaya çıkan çeşitli arızalar nedeniyle kendi ekipmanlarına uygulanmasını istemezler. Bu sebeple sistem kullanımdaki yaygınlıkta ikinci sıradadır.

## **3. Aşırı spreyleme / ıslak sıkıştırma (Overspraying/wet compression):**

Diğer bir evaporatif soğutma teknolojisi olan bu yöntemde, ortam koşulları altında buharlaşabilen (evaporasyon) giriş havasına daha fazla sis damlacığı eklenir. Hava akışı, aşırı sisli gaz türbininin kompresör bölümüne taşır. Aşırı sis bu kısımda sıkıştırılmış havanın daha fazla buharlaşmasına (evaporasyon), soğutulmasına, ve daha fazla kütleli akış oluşmasına neden olarak diğer evaporatif soğutma teknolojileri ile sağlanabilecek güç üretim artışının ötesinde sonuç yaratır. Bununla beraber ortama sokulan suyun karakterinin ve kalitesinin yüksek olması nedeniyle bu yöntemin bakım maliyetleri daha yüksektir.

## **4. Mekanik chiller sistemleri:**

Mekanik chiller sistemleri giriş havasını ortamın yaş termometre sıcaklığından bağımsız olarak, evaporatif soğutma sistemlerinde sağlanan soğutmadan çok daha düşük seviye kadar soğutabilir ve istenen giriş havası sıcaklığını minimum 6°C ye kadar muhafaza edilmesini sağlar.

Mekanik chillerlerin kullanıldığı sistemler elektrik motorları yada buhar türbinleri tarafından işletilirler. Giriş havası içerisinde soğutucu akışkan veya soğutulmuş su sirküle eden ısı değiştirgeci bataryalardan geçerek istenilen sıcaklığa soğutulur. Soğutulmuş su doğrudan bir chillerden veya içerisinde buz yada soğutulmuş su depolayan bir ısı enerjisi depolama (TES) tankından sağlanır. Isı enerji depolama sistemi tipik olarak yalnızca sınırlı sayıda saatlerde giriş havası soğutması isteyen yerlerde kullanılır. TES sistemi soğutma talebinin birden bire en üst noktaya yükseldiği dönemlerde gereken chiller kapasite gereklilikleri ile karşılaştırıldığında, tüm sistemin ana maliyetini azalttığı görülebilir. TES sistemi bir gece öncesinde, enerji harcamasının düşük fiyatlı olduğu zaman şarj edilirler (depolama) ve bu nedenle chillerleri çalıştırmak-işletmek için daha düşük veya hiç elektrik enerjisi harcanmaz, böylece güç santralinin net kapasitesi artar. Bütün bu telafi edici faydaların yanı sıra sistemdeki TES tankları için büyük bir yer gereklidir.

Özet olarak, mekanik soğutma sisteminin avantajı, ortamın hava koşullarından bağımsız olarak, diğer soğutma sistemlerinde sağlanacak soğutmadan daha iyi bir soğutma yapılmasına olanak sağlamasıdır. Bu sistemlerin birinci derecedeki dezavantajı ana yatırım maliyetinin yüksekliği ve aynı zamanda sistem evaporatif soğutma teknolojileri ile karşılaştırıldığında yüksek ek (parazitik) maliyetler sebebiyle (0.70-0.81 kW/RT), yüksek ısı oranı ile çalışır, dolayısı ile de verim düşük olarak gözükülebilir.

## 5. Absorbsiyonlu soğutma sistemleri:

Bu sistemde tek fark, mekanik chillerler yerine absorpsiyonlu chillerlerin kullanılmasıdır. Absorbsiyonlu chillerler ana enerji kaynağı olarak ısı enerjisine (buhar veya sıcak su) gerek duyarlar. Bu nedenle de mekanik chillerlere nazaran çok daha az elektrik enerjisi gerektirirler. Absorbsiyonlu soğutma sistemleri, giriş havasını yaklaşık 10°C ye kadar soğutmak için kullanılabilirler. Bu sistemler soğutulmuş su TES sistemleri ile veya bu sistemler olmadan da kurulabilirler. Absorbsiyonlu chillerler tek etkili veya çift etkili chillerler olabilir. Tek etkili chillerler, 100 kpa buhar basıncında sıcak su kullanırlar.Çift etkili chiller ise daha az buhar gerektirirler fakat daha yüksek basınçta (800kpa) buhara ihtiyaç duyarlar.

Bu sistemin avantajı çok daha az ek (parazitik) maliyet yüküne sahip olması, en önemli dezavantajı ana yatırım maliyetinin ,mekanik soğutma sistemlerinden bile fazla olmasıdır. Bu sistemlerin en başarılı uygulaması aşırı ısı enerjisinin varolduğu güç santrallerinde görülür. Bu enerjinin yüksek değerde elektriğe dönüşümü kullanıcı (üretici) için karlı bir durumdur.

### 5.1 Chiller sistemi kullanımındaki uygulama alternatifleri:

#### 5.1.1 Direkt Genleşmeli (Direct Expansion) DX Soğutma:

Hava soğutma bataryalarında direk olarak soğutucu akışkan dolaşır. Absorbsiyonlu yada buhar sıkıştırılmalı bir çevrim kullanılabilir. Bu sistem tam yükteki kapasiteyi karşılayacak bir güce sahip olmalıdır. Soğutucu bataryada ve grup ile batarya arası tesisatta direk soğutucu akışkan dolaşımı nedeniyle kaçak vb. riskleri vardır, sıkça tercih edilmez.

#### 5.1.2 İkincil soğutucu akışkanlı (Soğuk-buzlu su/salamuralı) soğutma:

İkincil soğutucu akışkanlı sistem enerji depolama sistemi (buz veya soğuk su/salamura depolama) ile birlikte yada tek başına bir chillerden beslenen soğutma bataryası kombinasyonu olarak kurulabilir.Bu sistem direk soğutucu akışkanlı sisteme göre pompalama enerjisini ek olarak kullanır. Ancak soğutucu akışkan borulamasının az olması, sadece paket soğutucu ünite ile sınırlı kalması ve sistemin boru devrelerinde birincil soğutucu akışkan yerine su yada salamura dolaşması nedeniyle kaçağa karşı hassasiyeti görece çok düşük olmakta,bakım ve işletmesi kolay olmaktadır. Tüm bu nedenlerle uzun süreli çalışan sistemlerde ağırlıkla soğuk su/salamuralı uygulamalar tercih edilmektedir.

Buz/su depolama sistemi ile birlikte kullanılması halinde soğutma ünitesinin gücü maksimum değerde değil yapılan hesaplamayla daha düşük kapasitelerde seçilir, ihtiyaç arttığında depolanan enerjiden istifade edilir.

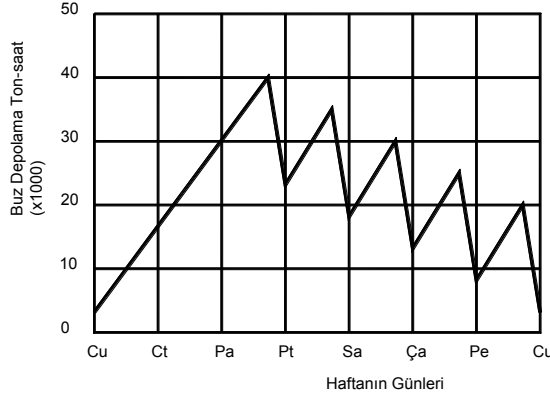
Haftada birkaç saat gibi kısa sürelerle çalışan türbinler için genelde enerji depolamalı sistem tercih edilmektedir. Ayrıca enerji kullanımının zamanla değişkenlik arz ettiği miktar ve fiyatsal değişimlerin olduğu durumlarda da bu sistemler oldukça enteresan avantajlar sunmaktadır.

Örneğin hafta sonu enerji az kullanılmakta ve değeri düşmektedir, aynı şekilde günün kullanımın arttığı belli saatlerinde enerji fiyatları yükselmektedir.

Enerjiyi depolamak ihtiyacın ve fiyatın en yüksek olduğu durumlarda elektrik tahrikli chillerler de soğutma grubunun çalışma ihtiyacını ortadan kaldırarak tasarruf sağlar, hem de bu sırada depolanan soğuk enerji kullanılarak fazla üretim sağlanmış olur. Her ne kadar ülkemizde enerji satış ve satın alma değerlendirmeleri henüz bu şekilde yapılmamakta ise de bunun sinyalleri alınmakta olup varacağı noktanın bu olacağı diğer ülke uygulamalarından gözükmektedir. Enerji üretiminde verimliliği ve karlılığı yakalamak için artık daha hassas olunması gerekeceği açıktır.



Enerji depolamalı sistem enerji üretim ve tüketimi olarak haftalık, günlük vb. senaryolarla çalıştırılabilir. Haftalık bir çalıştırma senaryosu aşağıda Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil : 6 Haftalık Buz Depolama Senaryosu, Gilroy GT Tesisi

#### 6. LNG buharlaştırıcı sistemler:

Sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) buharlaştırıcı sistemler, LNG merkezlerine yakın olan güç santralleri için uygundur. Güç santrali veya diğer uygulamalar için doğal gazın tedarik edilmesi durumunda, LNG bir ısı kaynağı tarafından buharlaştırılmalıdır. Türbin giriş havası soğutması uygulamaları için, giriş havası ısı kaynağı olarak kullanılabilir.

#### 7. Karışık / Hibrid sistemler:

Karışık sistemler mekanik ve absorpsiyonlu chiller gibi birkaç soğutma teknolojisini içerirler. Bu tarz sistemler güç talebi, elektrik fiyatları ve ısı enerjisi elde edilebilirliği optimizasyonunun baz alındığı özel santrallerde kullanılırlar.

#### 6. EKONOMİK AÇIDAN DEĞERLENDİRME:

Türbin giriş havasının ekonomik yönlerini değerlendirmek için örnek olarak Los Angeles, California-ABD'de olduğu varsayılan 2 adet kojenerasyon santrali ele alınmıştır. Santrallerden biri 83.5 MW kapasiteli bir endüstriyel gaz türbini ve diğeri 42 MW kapasiteli aeroderivative gaz türbinidir. Ortam kuru termometre sıcaklığı 31°C ve yağ termometre sıcaklığı 18°C olduğunda, giriş havası soğutulmamış türbinlerin üretim kapasiteleri sırasıyla yaklaşık 75.3 MW ve 32.1 MW değerlerine düşmektedir. Belirlenen kapasitelere göre bu durum, sırası ile yaklaşık %10 ve %24 oranında kapasite düşüşü anlamına gelmektedir.

Bu iki santral için 3 soğutma uygulaması düşünülebilir.

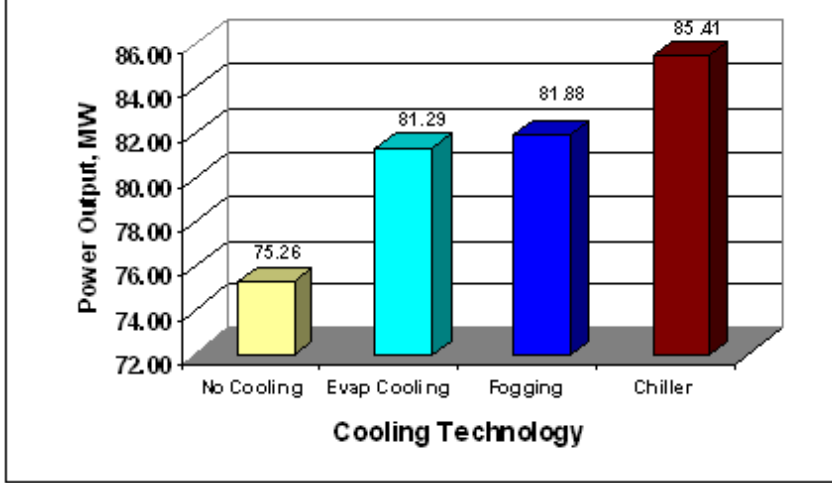
- 1)Wetted media (Evaporatif soğutma)
- 2)Fogging (Sisleme)
- 3)Elektrikli chiller sistemleri.

Bu sistemlerin ekonomik uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi buldukları bölgenin hava koşullarına da bağlıdır.

#### Üretim çıkışının artması:

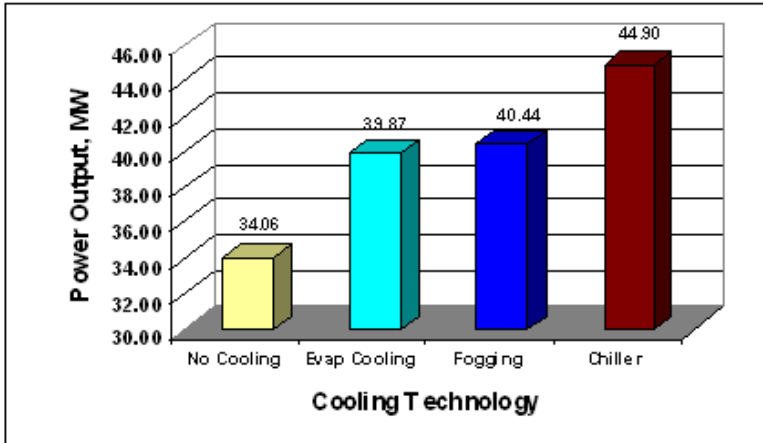
Wetted Media (Evaporatif soğutma) ve fogging (sisleme) sistemleri için, kuru termometre ve yağ termometre sıcaklıkları arasındaki farkın %90-98 olduğunu varsayarsak, bu teknolojiler giriş havasını sırasıyla 19°C ve 18°C'ye soğutabilecektir. Eğer elektrikli chiller sistemi giriş havasını 7°C soğutmaya dizayn edilirse böyle bir sistem, 83.5 MW lik türbin için toplam soğutma kapasitesi olarak 2330 RT ve 42 MW lik gaz türbini için 1200 RT gerektirir. (Soğutma Tonu (RT): 0°C' de 1 ton buzun 24 saatteki soğutma etkisidir. )

Tipik bir elektrikli chillerdeki güç gereksinimini soğutulmuş su, yoğuşturucu suyu ve soğutma kulesi pompaları için 0.65 kW/RT kabul edersek, toplam ek (parazitik) yüklerin ihtiyaç duyduğu chiller kapasiteleri büyük ve küçük kapasiteli gaz türbinler için sırasıyla 1,9 MW ve 0,96 MW dir. Sonuçlar, evaporatif soğutma ve fogging (sisleme) ile soğutma yöntemlerinin, bu örnekteki daha büyük olan soğutulmamış sistemin kapasitesini 75,3 MW'dan 81,3 MW ve 81,9 MW'a yükseltebileceğini gösterirler (Şekil.7a). Bunun anlamı, bu teknolojilerin %10 luk kayıp kapasiteyi standart kapasitenin %3 altında bit orana çıkartabildikleridir.



SEKİL.7 a) 83,5 MW kapasiteli Gaz Türbini için Türbin giriş havası soğutma sisteminin güç üretimine etkisi

Aeroderitve gaz türbinleri için sonuçlar benzer olmakla beraber endüstriyel gaz türbinleri sonuçlarından daha çarpıcıdır (şekil.7b)- Evaporatif soğutma ve sisleme yöntemi ile giriş havası soğutulan (daha önce soğutulmamış) küçük sistemin kapasitesi 34.1 MW den sırası ile 39.9 MW ve 40.4 MW'a yükselir böylelikle %24 lük kayıp kapasiteyi standart kapasitenin %4 altında bir orana çıkartırlar.



SEKİL.7 b) 42 MW kapasiteli Gaz Türbini için Türbin giriş havası soğutma sisteminin güç üretimine etkisi

Evaporatif soğutma ve sisleme yöntemlerinin kullanımının verdiği sonuçlar gayet iyi olduğu halde standart kapasiteyi tamamen tutturmak için yeterli değildirler. Bu sistemlerde sağlanan soğutma artışı ortamın yaş termometre sıcaklığına bağlıdır. Eğer yaş termometre sıcaklığı yükselir ise (dış nem yükselir) verimlilikleri düşer. Bu nedenle , yüksek nem oranının olduğu yerlerde bu teknolojinin sonuçları pek etkileyici değildir.

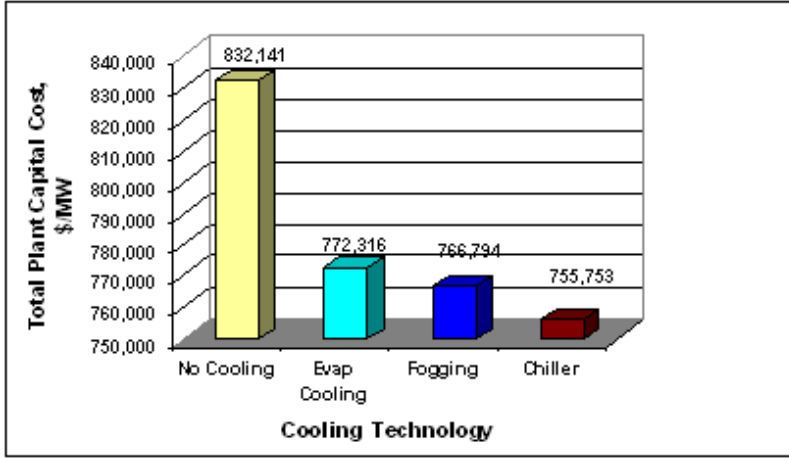
Sonuçlar, büyük ek (parazitik)yüklere ihtiyaç duysalar bile elektrikli chiller sistemlerinin en fazla güç kapasitesi artırımı sağlayan sistemler olduklarını göstermektedir. Bu örnek içerisindeki chiller sistemi giriş havasını 7°C soğutmak üzere dizayn edilmiştir ve güç üretimini belirlenmiş kapasitenin üzerine çıkartabilir. Bunun yanı sıra, ortam kuru ve yaş termometre sıcaklığından bağımsız sabit bir güç üretimi sağlamaları chiller sisteminin diğer bir avantajı olarak sayılabilir. Buna karşın chiller sistemlerinin ilk kurulum maliyeti evaporatif soğutma ve fogging sistemine göre yüksektir.

### **Ekonomik Faydalar :**

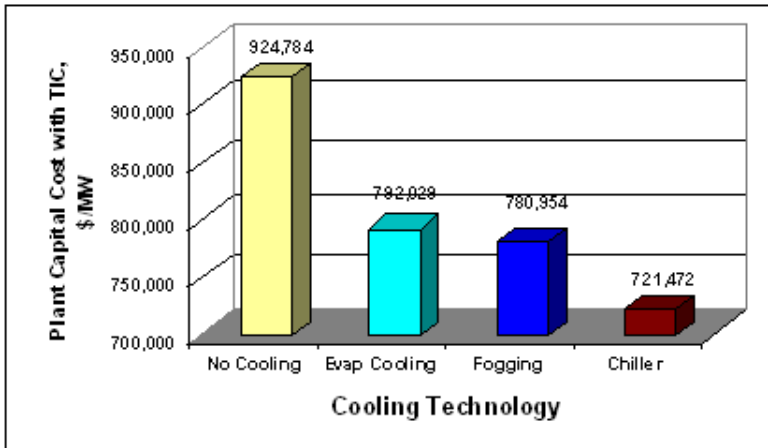
3 soğutma teknolojisinin ekonomik faydaları grafikler ile gösterilmiştir.

Tesisat maliyetleri için temel veriler:

- Kojenarasyon gaz türbini santrali (soğutma yok) 750.000\$/MW
- Wetted Media (evaporatif soğutma) 19000 \$/ MW gaz türbin kapasitesi (ISO da)
- Fogging 19000\$/MW gaz türbin kapasitesi (ISO da)
- Elektrikli chiller 800 \$/RT



Şekil 8 a) 83,5 MW kapasiteli Gaz Türbini için Türbin giriş havası soğutma sisteminin Toplam santral maliyetine etkisi

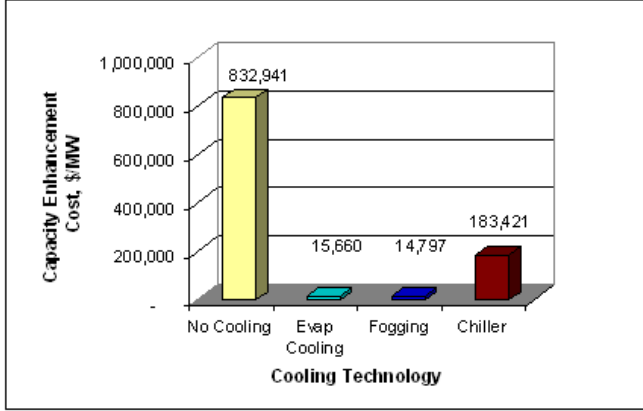


Şekil 8 b) 42 MW kapasiteli Gaz Türbini için Türbin giriş havası soğutma sisteminin Toplam santral maliyetine etkisi

\$/ MW cinsinden verilen sonuçlar santral ana maliyetinin türbin giriş havası soğutması yapılan sistemlerde diğer sistemler göre daha az olduğunu göstermiştir.

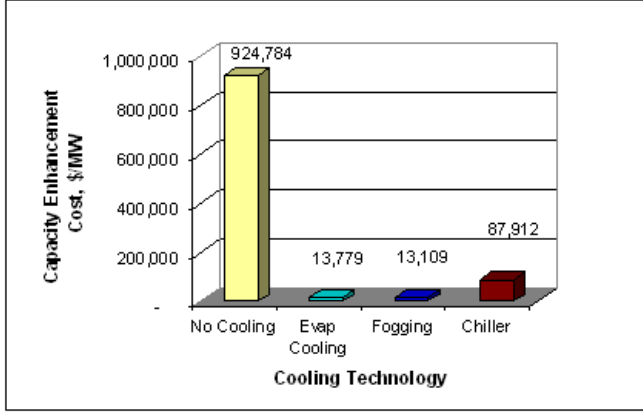
Santral sahipleri güç üretim artışını iki seçenikle sağlayabilirler: sisteme bir tane daha gaz türbini ekleyerek yada varolan gaz türbinine giriş havası soğutma sistemi tesis ederek. Şekil.6'dan

görülebileceği üzere, her ünite için güç üretim artışı ile temel maliyetler karşılaştırıldığında türbin giriş havası soğutmasının ekonomik faydaları net bir biçimde ortaya çıkmaktadır.



Sonuçlar, santral kapasitesini 1 MW/Y arttırmak için santral ana maliyetinin yükseleceğini, yükselen bu maliyetin giriş havası soğutulması uygulanmayan ikinci bir santralin sisteme eklenmesi durumunda, türbin giriş havası soğutma sisteminin kurulmasına göre daha yüksek olacağını ortaya koymaktadır.

Şekil 6a)  
83,5 MW kapasiteli Gaz Türbini için Türbin giriş havası soğutma sisteminin Kapasite yükseltme maliyetine etkisi



Şekil 6b)  
42 MW kapasiteli Gaz Türbini Türbin giriş havası soğutma sisteminin kapasite yükseltme maliyetine etkisi

Türbin giriş havası soğutma teknolojisinin sonuçları santralin kurulduğu yere bağlıdır. Bu nedenle de teknolojilerin ekonomikliği bölgeye göre farklı olacaktır.

#### En verimli teknolojiyi seçmek:

Türbin giriş havası soğutma sistemleri hakkındaki örneklerimiz, kuru termometre sıcaklığının 31 oC, yaş termometre sıcaklığının 18oC olduğu ortam içindir. Buna karşın bu bilgi türbin giriş havası soğutmasının ekonomik çekiciliği olup olmadığına ve hangi soğutma yönteminin en ekonomik yöntem olduğuna karar vermek için yeterli değildir. Bu tip varsayımlar tüm yıl boyunca detaylı hava koşulları bilgisiyle yapılan hesaplamaları, yakıt masrafı, güç talebi profili ve üretilen gücün pazar değerinin bilinmesini gerektirir.

Türbin giriş havası soğutmasının önerilen en büyük avantajı, türbinin güç üretim artışına imkan vermesi ve ortam sıcaklığı yüksek iken bile güç üretiminin sabit kalmasını sağlamasıdır. Bu sistemin en büyük avantajı, ortam sıcaklığının yüksek-kuru olduğu zamanlarda görülür. Türbin giriş havası soğutmasının soğuk bölgelerde ekonomik avantajın görece olarak daha az olduğu söylenebilir.

## 7. GİRİŞ HAVASI SOĞUTMA ÜNİTELERİNİN MALZEME VE KONSTRÜKTİF ÖZELLİKLERİ, DİZAYN VE PERFORMANS KRİTERLERİ

İkincil soğutucu akışkanlı sistemlerde (Secondary Fluid Cooling) ve kombine olarak evaporatif soğutma ve ikincil soğutucu akışkanlı sistemler beraber uygulandığında kullanılan soğutma bataryalı türbin giriş havası soğutma ünitelerinin malzeme, performans ve konstrüktif özellikleri enerji sektörü içerisinde yer alan yönetici ve teknik kadrolar tarafından detaylıca bilinmelidir.



Resim.1- Türbin Giriş Havası Soğutma Ünitesi Uygulama Örneği

### 7.1. GİRİŞ HAVASI SOĞUTMA ÜNİTELERİNİN DİZAYN VE PERFORMANS KRİTERLERİ

#### 1.1 ANA DİZAYN VERİLERİ:

Türbin giriş havası soğutma bataryası dizaynında ana dizayn verileri: istenen batarya boyutları, bataryadan geçecek olan toplam hava debisi, giriş havası sıcaklığı ve bağıl nem değeri, soğuk su giriş ve çıkış sıcaklığı, su debisi, sistemdeki su ve hava tarafı basınç kaybı değerleri, çıkış havası sıcaklığı ve istenen soğutma kapasitesi değerleridir.

Üretici firmalar, yukarıda belirtilen ana dizayn verileri ve istenen ek özelliklerin bilinmesi sureti ile kendi üretim tekniklerine uygun olarak türbin giriş havası soğutma bataryası dizaynı ve imalatı yapabilir. Dikkat edilmesi gereken en önemli husus, üretici firmanın uluslararası standartlarda geçerliliği olan, performansı onaylı bataryalar üretmesidir. Üretici firma, türbin giriş havası soğutma bataryası dizaynında EUROVENT (Eurovent 7/C/005-97 Rating Standard for forced circulation air cooling and air heating coils) veya muadili bağımsız kuruluşların ölçüm standart şartlarını sağlamalıdır. Üretici firmanın performans onaylı dizayn yazılımının olması ve bataryaların bu yazılım/program yardımı ile dizayn edilmesi sonradan ortaya çıkabilecek telafisi zor olumsuz durumları önlemede çok önemlidir.

#### 1.2 BASINÇ KAYIPLARI

Batarya dizaynlarında yüksek basınç kayıplarının kapasiteyi ve ekonomikliğini olumsuz etkileyeceği göz önünde tutularak basınç kayıplarının en düşük değerlerde olması amaçlanmalı; hava tarafında oluşacak basınç kaybının, -aksi belirtilmiyorsa- ön filtre, batarya ve sonrasındaki damla tutucuda meydana gelecek basınç kayıpları ile toplam (maksimum) 254 Pascal'ı (25,4 mmSS) geçmemesine

dikkat edilmelidir. Bu nedenle, soğutucu batarya için tavsiye edilen basınç kayıpları değerleri 150-170 Pascal mertebelerinde olmalıdır.

Hava tarafı basınç kaybının yanı sıra, soğutucu bataryanın su tarafında da basınç kayıpları düşük olması hedeflenmeli, genellikle -aksi belirtilmiyorsa- su tarafı basınç kaybının maksimum 80-100 kPa değerlerini aşmaması sağlanmalıdır.

### 1.3 HAVA HIZI

Soğutucu Batarya hava geçiş kesidi hava hızı tercihen 2m/s, maksimum 2,5 m/s olacak şekilde dizayn edilmelidir.

### 1.4 AKIŞKAN ÖZELLİKLERİ

Soğutucu bataryada glikol kullanılması donmayı önlemek için gerek şarttır. Ağırlıkça %20 glikollü bir karışım  $-10^{\circ}\text{C}$ ; %30 glikollü bir karışım ise  $-16^{\circ}\text{C}$ 'a kadar koruma sağlar. (Mevsimsel kullanım ve sulu uygulamalarda ise batarya içindeki tüm suyun boşaltılabilirliğinin garantiye alınmış olması gerekir. Bu nedenle dikey borulu batarya kullanılması yaygın bir uygulamadır.)

### 1.5 DEVRELEME

Batarya dizaynında, tüm borulardan eşit miktarda akışkan geçecek, bataryadaki tüm suyun boşaltılması ve havanın tahliyesini sağlayacak şekilde devreleme ve dizayn yapılmalıdır.

## 7.2. SOĞUTMA ÜNİTELERİ MALZEME VE KONSTRÜKTİF ÖZELLİKLERİ

Gaz türbinlerinin ekonomik servis ömrü 15-20 yıl kabul edilebilir. Türbin giriş havasının soğutulması için seçilecek soğutma sisteminin ekonomik ömrünün de türbin ömrüne eşdeğer olması gerekmektedir. Soğutma ünitesinin ekonomik ömrü, kullanım şartlarına uygun malzeme seçimine bağlıdır ve özellikle ünite içerisindeki soğutucu batarya endüstriyel şartlara uygun olarak üretilmiş olmalıdır.



Resim.2- Türbin Giriş Havası Soğutma Ünitesi Uygulama Örneği



## 2.1 SOĞUTUCU BATARYA ÖZELLİKLERİ

Soğutucu bataryalar, 97/23/EC PED (Basınçlı Ekipmanlar Direktifi) altında tanımlanan SEP ( Sound Engineering Practice ) kapsamına uygun üretilmelidir. EUROVENT (Eurovent 7/C/005-97 Rating Standard for forced circulation air cooling and air heating coils) veya muadili bağımsız kuruluşların ölçüm standartlarının şartlarını sağlamalı; kapasite, hava tarafı basınç kaybı ve akışkan tarafı basınç kaybı değerleri açıkça tarif edilmiş test sonuçlarına dayanmalıdır. Aksi takdirde soğutucu ünitenin enerji verimliliği düşük olacak ve bu tüm sistem verimine olumsuz olarak yansıtacaktır.

### Soğutucu Batarya dizayn pozisyonu:

Türbin giriş havası soğutması sistemleri için soğutma bataryasının yatay olarak değil, dikey olarak imal edilmesi üzerinde durulması gereken çok önemli bir özelliktir.

**Bataryadan Suyun Boşaltılması ve By-pass:** Dış ortam sıcaklıklarının kış aylarında doğru yaklaştıkça düşmesi ile birlikte türbin giriş havası soğutma sistemini ilkbahar ve yaz aylarında olduğu gibi çalıştırmaya gerek kalmamaktadır. Bu durumda, (düşük sıcaklıkların olduğu) kış aylarında sistemin suyunun donmaya karşı tamamen boşaltılması gerekmektedir. Yatay pozisyonda (konstrüksiyonda) suyun tamamen boşaltılması mümkün olmamakla birlikte, dikey pozisyondaki soğutma bataryasında sistemdeki tüm suyun boşaltılması mümkündür.

**Performans ve Basınç kayıpları:** Soğutma bataryası üzerindeki yoğuşma damlacıklarının büyük miktarı yer çekiminin etkisi ile aşağıya doğru süzülürken, az bir miktarda damlacık da hava akımı ile yüzeyden koparak damla tutucuya doğru hareket ederler. Dikey pozisyonda dizayn edilmiş bir bataryada borular dik ve lameller yatay, yatay pozisyondaki bataryada ise borular yatay ve lameller dikey pozisyondadırlar. Yatay dizaynda süzülen damlacıkların üstten alta akışı sırasında birleşmeleri ile alt kısımlara doğru lameller arası boşlukların kapanması durumu oluşabilmektedir. Bu durum soğutma bataryası performansında düşüş ve basınç kayıplarında artış meydana getirmekte, böylece türbin veriminin düşmesine neden olmaktadır. Buna karşın, dikey batarya pozisyonunda lamellerin yatay olması, damlacıkların yatay olarak lamellerin yüzeyinden sürüklenerek bataryanın herhangi bir noktasında birikme riski oluşturmadan lamellerin uç noktalarından aşağı doğru akmalarını sağlar.

**Borulama, Bakım ve hava tahliyesi:** Su tesisatı borulaması, dikey konstrüksiyona haiz bataryalardan oluşan bir sistemde yataya göre çok daha pratiktir ve daha az yer kaplar. Bakım maliyetleri bu nedenle dikeyde göreceli olarak daha azdır. Bunun yanı sıra, batarya içerisinde oluşan havayı dikey sistem ile sistemden uzaklaştırmak çok daha kolaydır.

### 2.1.1 Borular:

Soğutucu bataryalar için performans ve ekonomiklik göz önüne alındığında en uygun boru malzemesi bakırdır. Kullanılan bakır borular uluslararası standartlarda üretilmiş olmalıdır. Uygulamalarda en önemli özellik borunun et kalınlığıdır. Önerilen boru ve dirsek (kurve) et kalınlığı 0,635 mm – 1,00 mm aralığındadır.

### 2.1.2 Lameller:

Soğutucu bataryalarda yaygın olarak kullanılan lamel malzemesi alüminyumdur ve malzemenin uluslararası standartlarda üretilmiş olması önemlidir. Dış ortamda çalışacak bataryaların korozyon dayanımını arttırmak için epoksi veya yüksek korozif ortamlarda epoksi üzeri poliüretan kaplı alüminyum lameller kullanılmalıdır.

Lameller için tavsiye edilen kalınlık 0,25 mm olmakla birlikte 0,15 - 0,25 arası kalınlıklarda uygulamaya bağlı olarak kullanılabilir. Alüminyum kanatların yüzey formu (basınç düşümünün en az olması için) düz olmalı, kirlenme ve direnç etkisi sebebiyle kanat aralığı minimum 3,2 mm, optimum 4

mm seçilmelidir. 3,2 mm lamel aralığından daha düşük değerler kullanılmamalıdır. Lameller, dikey ünitenin konstrüktif yapısı nedeni ile yatay pozisyonda, borular ise dikey durumda olmalıdırlar.

### 2.1.3 Kollektör

Giriş ve çıkış kollektör boru malzemesi olarak uygulamalarda genellikle bakır boru tercih edilmekle birlikte paslanmaz çelik malzeme de uygulamalarda kullanılmaktadır. Kollektör boru çapları soğutucu bataryanın kapasitesine göre teknik standartlara uygun olarak belirlenir. Kollektör boru et kalınlığı çapa bağlı farklılık göstermektedir.

Giriş ve çıkış kollektör borularına ek olarak sistemde, batarya içerisinde birikmiş havanın alınması ve istendiği zaman suyun tamamının tahliyesi için bir düzenek olmalı, havalık ve drenaj çıkışı tek bir noktaya toplanmalıdır.

Giriş-Çıkış Kollektör borularının Ana tesisat ile bağlantılarının sökülebilir olmasına dikkat edilmelidir. Dikey olarak dizayn edilmiş bir üniteye Giriş-Çıkış bağlantıları ünitenin altındadır.

## 2.2 SOĞUTUCU ÜNİTE HÜCRESİ ÖZELLİKLERİ

Soğutucu batarya, damla tutucu, ön hava filtreleri ve drenaj tavasını içine alan, böylelikle farklı görevlere haiz parçaların bir bütün içerisinde türbin giriş havası soğutma ünitesi haline gelmesini sağlayan hücrenin kasetleme malzemesi olarak genelde paslanmaz çelik tercih edilmektedir. Paslanmaz malzemenin yanı sıra korozyon ve UV dayanımı yüksek boyalı galvaniz çelik sac malzeme de maliyeti daha düşük bir alternatif olarak, düşük korozif seviyedeki ortamlarda kullanılabilir.



Hücre dizaynı, havanın soğutucu batarya yüzeyinin dışında herhangi bir noktadan akarak kısa devre yaratmayacak şekilde olmalıdır. Hücrenin iskeleti özel alüminyum profil ve köşe parçalarından mamul olması pratiklik ve ekonomiklik açısından tavsiye edilmekle birlikte dış ortam koşullarına dayanıklı muadil malzeme kullanmakta mümkündür. Alüminyum malzemeler ortam şartlarına uygun olarak epoksi ve polyester esaslı elektrostatik toz boya ile kaplanarak dayanımları artırılmalıdır.

Resim.3- Türbin Giriş Havası Soğutma Ünitesi Uygulama Örneği

## 2.3 FİLTRE ÖZELLİKLERİ

Soğutucu batarya üzerinde zamanla oluşacak toz vb. kir birikimi batarya veriminin düşmesine sebep olacaktır. Bunun önlenmesi için batarya girişine ön hava filtresi konması gereklidir. Konacak olan hava filtresinin aşırı basınç kayıplarına yol açmayacak tipte olması önemlidir. Uygulamalarda genellikle, EU2/EUROVENT 4/5 (G2/EN 779) tip, %65-%80 verimlilikte poliüretan ön hava filtresi tercih edilmektedir. E3 tip hava filtresi de uygulamalarda kullanılabilen olup, EU2 tip filtreye göre daha yüksek basınç kaybı oluşturur.

## 2.4 DRENAJ (YOĞUŞMA) TAVASI ÖZELLİKLERİ

Soğutucu Bataryada yoğuşan suyun toplanması ve sistemden tahliye edilmesi için soğutucu ünite hücresinin en alt kısmına, damla tutuculardan gelecek suyu da alabilecek genişlikte dizayn edilmiş drenaj tavası konmalıdır. Drenaj tavası paslanmaz sacdan olmalı, yoğuşmaya karşı izole edilmiş, çift cidarlı olarak imal edilmelidir.

## 2.5 DAMLA TUTUCU ÖZELLİKLERİ

Soğutucu ünitelerde, yüksek debili hava akışı ile su damlacıklarının türbine gitmesini engelleme amacı ile alüminyum veya PVC malzemeden mamul damla tutucular kullanılmalıdır. Damla tutucular, hava içinde bulunan su damlacıklarını ayırarak, damlacıkların yer çekiminin etkisi ile (damla tutucu yüzeyinden akarak) yoğuşma tavasına gitmelerine yardımcı olur.

Sistemde kullanılacak damla tutucuların aşırı basınç kayıpları oluşturmayacak şekilde dizayn edilmesi gerekmektedir.

### KAYNAKLAR:

- [1] *Combustion Turbine inlet air cooling systems*, William E. Stewart, Jr. ASHRAE Yayınları
- [2] ASHRAE HANDBOOK 2000 SYSTEMS AND EQUIPMENT
- [3] *Turbine Inlet Cooling Association (TICA) Resmi web sitesi*
- [4] Mr.David Flin, "Combustion Turbine inlet air cooling"- Energy&Cogeneration World dergisi Eylül 2004 sayısı( Cospp Cogeneration&On Site Power dergisi Temmuz-Ağustos 2004)
- [5] Friterm A.Ş CTIAC Uygulamaları ve Teknik Dökümanları

### YAZAR ÖZGEÇMİŞİ:

Naci ŞAHİN 1958 yılı Hekimhan/Malatya doğumludur. 1981 yılında Makine Mühendisi olarak İ.T.Ü.'den mezun oldu. 1983-1985 yılları arasında Termko Termik Cih. San. Ve Tic. A.Ş.'de Makine Mühendisliği; 1985-1996 yılları arasında Friterm A.Ş.'de Üretim, Şantiye ve Servis Müdürlüğü görevlerini yürüttü. 1996 yılından günümüze Friterm A.Ş. Genel Müdürlüğü görevini yürütmekte olan Naci Şahin süreç içerisinde çeşitli sektörel kurumlarda aktif olarak görev yaptı. Halen sektörel kurumlarda çalışmaları devam etmekte olup, İklimlendirme Soğutma Klima İmalaçları Derneği (İSKİD) Üniversite Sanayi İşbirliği Komisyon Başkanlığını yürütmektedir. Naci Şahin evli, bir erkek ve bir kız çocuk babasıdır.

### YAZAR ÖZGEÇMİŞİ:

Hasan ACÜL 1976 yılı Ayvalık doğumludur. 1999 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. Üniversite mezuniyeti öncesi ve sonrasında Isıtma, Soğutma, Klima sektöründe faaliyet gösteren çeşitli firmalarda satış, şantiye, üretim, ve ar-ge bölümleri olmak üzere farklı departmanlarda mühendislik görevi yürütmüştür. Halen FRİTERM A.Ş firmasında Araştırma ve Geliştirme Bölüm Şefi olarak çalışmakta; Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde Bilim ve Teknoloji Stratejileri alanında yüksek lisans düzeyinde öğrenimine devam etmekte; Makine Mühendisleri Odası Kartal ilçesi temsilciliği yürütme kurulu üyeliği yapmaktadır. Hasan Acül evli ve bir kız çocuk babasıdır.

Bu makale Makina Mühendisleri Hasan ACÜL ve Naci ŞAHİN tarafından Mayıs 2007 tarihinde İstanbul'da düzenlenen 13. Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı'nda yayınlanmıştır.