

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GAZ TÜRBİNİ GİRİŞ HAVASININ ABSORBSİYONLU
CHİLLER İLE SOĞUTULMASININ GAZ TÜRBİNİ
PERFORMANSINA ETKİSİ**

ERKAN DEMİRAL

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

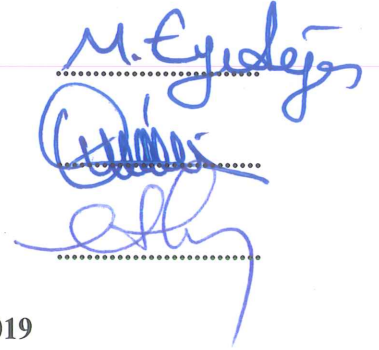
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GAZ TÜRBİNİ GİRİŞ HAVASININ ABSORBSİYONLU
CHİLLER İLE SOĞUTULMASININ GAZ TÜRBİNİ
PERFORMANSINA ETKİSİ

ERKAN DEMİRAL

Dr.Öğr.Üyesi Muharrem EYİDOĞAN
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Prof.Dr. Durmuş KAYA
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Doç.Dr. Ethem TOKLU
Jüri Üyesi, Düzce Üniversitesi


.....
.....
.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 16.07.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, Türkiye’de fazla örneği olmayan gaz türbininin emiş havasının absorpsiyonlu chillerden sağlanan soğuk suyla soğutularak veriminin artırılması projesidir. Proje çalıştığım şirketimde bizzat üstlendiğim proje yöneticisi olmam ve örnek bir inovasyon verimlilik çalışması olması ve VAP kapsamında destek alması ile de farklı bir çalışma olduğu düşüncesindeyim.

Tez çalışmamda desteğini esirgemeyen, çalışmalarına yön veren danışman hocam Dr.Öğr.Üyesi Muharrem EYİDOĞAN’a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmama verdikleri desteklerinden dolayı hocam .Prof. Dr. Durmuş KAYA’ ya, iş yerimdeki tüm yöneticilerime, her zaman manevi desteklerini esirgemeyen ailem ve eşim Damla DEMİRAL’ a teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz – 2019

Erkan DEMİRAL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
GİRİŞ	1
1. ENDÜSTRİYEL İŞLETME BİLGİLERİ.....	2
2. MATERYAL VE METOD	5
2.1. Yöntemin Açıklanması.....	5
3. UYGULAMA ÖNCESİ HESAPLAMALAR	7
4. UYGULAMA SONRASI HESAPLAMALAR	25
4.1. Uygulama Hakkında Bilgiler.....	25
4.2. Vap Uygulaması Sonrası Sisteme Ait Bilgiler	32
4.3. Ölçümlerde Kullanılan Ölçüm cihazları ve Kalibrasyon Bilgileri.....	35
4.4. Uygulama Sonrası Hesaplamalar	38
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	44
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	45
ÖZGEÇMİŞ	46

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Gaz türbini ve atık ısı kazanı scada ekranı.....	3
Şekil 2.1.	Gaz türbini çevrimi şematik gösterimi.....	5
Şekil 2.2.	Gaz türbini kompresör emiş havası ara eşanjör sistemi.....	6
Şekil 2.3.	Gaz türbini kompresör emiş havası sıcaklığına göre verim değişimi grafiği	6
Şekil 3.1.	Cips kurutma klape açıklık oranı- egzoz gazı debisi fonksiyon grafığı	10
Şekil 4.1.	Gaz türbini ve atık ısı kazanı scada ekranı.....	26
Şekil 4.2.	Pano odalarındaki soğutucuların proje öncesi durumu ve proje uygulama sonrası durumu şematik resmi	27
Şekil 4.3.	Buhar jeneratörü scada ekranı.....	30
Şekil 4.4.	Uygulama sonrası fotoğrafı.....	31
Şekil 4.5.	Uygulama sonrası fotoğrafı.....	31
Şekil 4.6.	Uygulama sonrası fotoğrafı.....	32
Şekil 4.7.	Vap uygulaması sonrası sistem bilgileri	32

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1.	Yıllara göre cips kurutma klape açıklık oranı.....	3
Tablo 3.1.	Aylara göre soğutma suyu pompa güçleri ve enerji tüketimleri.....	15
Tablo 3.2.	Son Üç Yıla Ait Ortalama Güçler ve Çalışma Saatleri (2011, 2012, 2013)	15
Tablo 3.3.	Türbin Giriş Sıcaklıkları	15
Tablo 3.4.	Gaz Türbine Ait Verim-Sıcaklık Bilgileri	16
Tablo 3.5.	Aylara Göre Hesaplanan Türbin Verimleri	16
Tablo 3.6.	Aylara Göre Hesaplanan Güç, Enerji Tasarrufu ve Tasarrufun Mali Değerleri.....	18
Tablo 3.7.	Mevcut Klimaların COP değerleri.....	20
Tablo 3.8.	Pano Odasındaki Klimaların Soğutma Yükleri	20
Tablo 3.9.	Mevcut durum ve proje uygulandıktan sonraki durumun karşılaştırılması.....	21
Tablo 3.10.	Gaz türbini egzoz gazı by-pass hattı atık ısısından elde edilecek soğutma potansiyeli ve soğutma yapılacak noktalarda gerekli olan soğutma yükü.....	22
Tablo 3.11.	TurboMach Taurus 70-103015 Axial model gaz türbinine ait bilgiler.....	23
Tablo 3.12.	Gaz türbini emisyon tablosu	24
Tablo 4.1.	Uygulama sonrası alınan ölçüm sonuçları.....	35
Tablo 4.2.	Uygulama sonrası ölçümlerde kullanılan cihazların özellikleri ve kalibrasyon sertifika bilgileri	35
Tablo 4.3.	Proje Bileşenleri İcmal Tablosu Uygulama Öncesi	36
Tablo 4.4.	Proje Bileşenleri İcmal Tablosu Uygulama Sonrası	37
Tablo 4.5.	Aylara göre soğutma suyu pompa güçleri ve enerji tüketimleri.....	38
Tablo 4.6.	Gaz Türbine Ait Verim-Sıcaklık Bilgileri	38
Tablo 4.7.	Uygulama Öncesi türbin verimi ve doğalgaz tüketim miktarı.....	39
Tablo 4.8.	Toplam tasarruf miktarları	40

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C : Santigrat Derece
% : Yüzde

Kısaltmalar

A.Ş. : Anonim Şirketi
cm : Santimetre
m³/yıl : Metre Küp Yıl
MDF : Medium Density Fiberboard (Orta Yoğunluklu Lif Levha)
Mwh : Megawatt Saat
kWh : Kilowattsaat
LiBr : Lityum Bromür

GAZ TÜRBNİ GİRİŞ HAVASININ ABSORBSİYONLU CHİLLER İLE SOĞUTULMASININ GAZ TÜRBNİ PERFORMANSINA ETKİSİ

ÖZET

Günümüzde enerjinin üretiminden ziyade verimli kullanılması toplumlar için gelişmişlik ölçütü olarak değerlendirilmektedir. Enerji dönüşümü yapılırken, enerjinin tamamını faydalı enerjiye dönüştürmek mümkün değildir. Bu da enerji verimliliği çalışmaları yapılması gerektiğinin bir göstergesidir. Bu projede enerji verimliliği çalışmaları yapabilmek amacıyla bir Yonga Levha tesisinde bulunan kojenerasyon santralindeki 7 MW'lık gaz türbini ele alınmıştır. Amaca yönelik iyileştirmeler yapılarak çalışma sonundaki verimi en iyi noktaya çıkarmak için gaz türbini giriş havası ve pano odalarının absorbsiyonlu chiller ile soğutulması sağlanmıştır. Sistemin mevcut verimliliği ile uygulama sonrası sistem verimliliği deneysel olarak karşılaştırılmıştır. Projenin mali tasarrufu 289.367,39 TL/yıl ve projenin geri ödeme süresi 1,91 yıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca pano odalarında soğutma için kullanılan elektrik enerji tüketiminde %77,8 oranında azalma sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Absorbsiyonlu Soğutma, Gaz Türbini Havası Soğutma, Gaz Türbini Performansı.

THE EFFECT OF COOLING OF GAS TURBINE INLET AIR WITH ABSORPTION CHILLER ON GAS TURBINE PERFORMANS

ABSTRACT

Today, the efficient use of energy rather than production is considered as a criterion of development for societies. It is not possible to convert all of the energy into useful energy while converting. This is an indication of the need for energy efficiency studies. In this project, 7 MW gas turbines in a cogeneration unit in a Partical board Plant were studied in order to conduct energy efficiency studies. Through goal-directed improvements in order to maximize the efficiency at the end of the study, it was ensured that the gas turbine inlet air and panel chambers were cooled with absorption chiller. The current efficiency of the system and post-application system efficiency were compared experimentally. The financial savings of the project were calculated as 289.367.39 TL / year and the project's repayment period was calculated as 1.91 years. In addition, electricity energy consumption used for cooling in board rooms decreased by 77.8%.

Keywords: Absorption Cooling, Gas Turbine Air Cooling, Gas Turbine Performance.

GİRİŞ

Günümüzde enerji kullanımının artışıyla birlikte artan enerji ihtiyacını karşılamak için çevresel zararları çok fazla olan fosil yakıtlar ve yapılan teşvik ve çalışmalarla yaygınlaşan yenilenebilir enerji kaynaklarının yanında enerjinin daha faydalı kullanılması için enerji verimliliği konusunda yatırımlar yapılmaktadır.

Günümüzde enerjinin daha verimli nasıl kullanıldığı ülkeler için gelişmişlik oranı olarak kullanılmaktadır. Enerji tasarrufu, enerji verimliliği ve spesifik enerji tüketimi gibi ifadeler daha fazla anlam kazanmaya başlamıştır.

Enerji dönüşümünde, enerjinin tamamının %100 faydalı enerjiye dönüşmesi pek olası değildir. Çevre, ortam parametreleri gibi etkenlerin sistem verimini düşündüğümüzde çok etkili olduğunu görürüz. İklim şartları, coğrafik koşullar vb. etkilerin olası sonuçlarının mutlaka irdelenmesi gerekir.

Günümüzde enerjinin üretiminden ziyade nasıl daha verimli kullanılabilir kısmı toplumlar için gelişmişlik ölçütü olarak kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları sınırlı ve elde etme yöntemleri türüne göre teknik bilgi ve maliyet gerektirir. Ayrıca bu kaynaklar coğrafi koşullara göre sınırlı olabilmektedir. Talebe göre de daha kıymetli olabilmektedir. Onun için kullanılan noktalarda ekipman verimliliği enerji anlamında çok büyük önem taşımaktadır. Enerjinin en yüksek oranda dönüşümü tabi ki istenen ve talep edilen, uğraşılması gereken bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerjinin mümkünse ne kadarı yapılabiliyorsa faydalı bir enerjiye dönüştürülmesi temel amaçtır.

Enerji dönüşümü yapılırken, enerjinin tamamı faydalı enerjiye dönüştürmek mümkün değildir. Çevre faktörleri ve dönüşümü gerçekleştiren sistemlerin verimleri düşünüldüğünde yakıtın enerjisinin tamamını mekanik yada ısı enerjisine dönüştürülmesi imkansızdır. Bu durumda yakıttan elde edilecek maksimum enerji sınırlıdır.

1. ENDÜSTRİYEL İŞLETME BİLGİLERİ

Kastamonu Entegre, mobilya sektörüne lamine kaplı ve zımparalanmış kaplı olmayan ham haliyle mdf, yonga levha ile laminant parke üretmektedir. Yaklaşık 10.000 çalışanı ile ülkemizin bu sektördeki en büyük firmasıdır. Bir çok ülkeye ihracat yapmakta ve gelişimini her geçen gün arttırmaktadır. Yetişmiş insan kaynakları yurt içi ve yurt dışındaki tüm tecrübesini yeni teknoloji transferi ve kendi gücü ile birleştirerek birim üretimi en verimli ve kaliteli üretme arayışındadır.

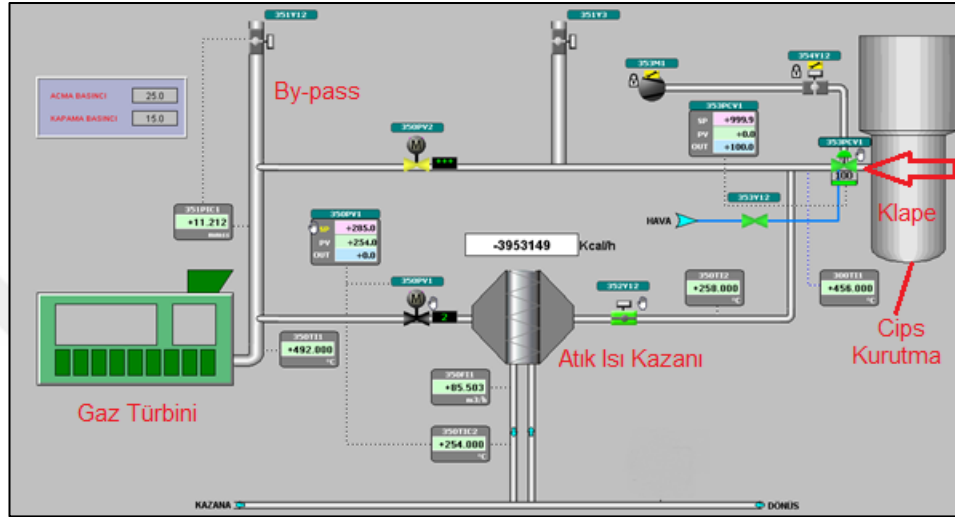
Balıkesir’ de Yonga Levha Üretim Tesisinde, 140.000 m² mobilya kalitesinde boyalı levha üretimi, 2100×2800 mm, 2100×3660 ve 1830×3660 mm ebatlarında 8-30 mm arası kalınlıklarda 2100 m³/gün kapasiteyle üretim, 0 milyon m²/yıl kapasiteye sahip bir adet emprenyeli kağıt, 3,6 milyon adet/yıl kaplı levha, 45.000 ton/yıl tutkal üretebilmektedir.

Buharını, elektrik enerjisini ve sıcak hava ihtiyacını, entegre yapı içindeki doğalgaz santralinde gerçekleştirebilmektedir.

Tesisimizde bulunan 7,5 MW’lık gaz türbininden 490~500°C sıcaklıkta egzoz gazı oluşmaktadır. Gaz türbininden çıkan egzoz gazları Şekil 1’de görüldüğü gibi iki ayrı hattan geçerek cips kurutmaya gitmektedir. Hatlardan biri üzerinde kızgın yağ serpantini bulunmaktadır. Kızgın yağ serpantinine 490~500 °C’de giren egzoz gazları, kızgın yağın 240~250°C’den 270~280°C’ye ulaşmasını sağlamaktadır. Kızgın yağ kazanından çıkan 270~280°C’deki kızgın yağ kollektörde toplanarak prosese veya buhar jeneratörüne gönderilmektedir. Buhar jeneratöründe kızgın yağın ısısı kullanılarak buhar elde edilmektedir. Kızgın yağ kazanından 350~500°C’lerde ayrılan egzoz gazı cips kurutma ünitesine ihtiyaç oranında beslenmektedir. Egzoz gazını taşıyan iki hattan birisi doğrudan kurutucu ünitesine diğeri de kızgın yağ serpantini üzerinden kurutma ünitesine beslenmektedir. Kurutma ünitesi girişinde bulunan bir klape vasıtası ile kurutma ihtiyacına bağlı olarak üniteye beslenecek egzoz gazı miktarı ayarlanmaktadır. Gaz türbinin çıkışında bulunan by-pass hattı doğrudan bacaya açılmaktadır. Kurutma ünitesi girişinde bulunan klape kapanmaya

başladığında by-pass hattında basınç oluşturmakta ve bu basınca bağlı olarak egzoz gazı atmosfere atık ısı olarak salınmaktadır.

Aşağıda verilen Tablo 1.1.'de yıllara göre klape açlık oranları ortalaması sunulmuştur. Klape açıklık oranında egzoz gazları cips kurutmak için kullanılmakta, arta kalan egzoz gazı atmosfere atılmaktadır.



Şekil 1.1. Gaz türbini ve atık ısı kazanı scada ekranı

Tablo 1.1. Yıllara göre cips kurutma klape açıklık oranı

Aylar	2011	2012	2013	Aylık Ortalama
Ocak	94,48	47,05	0	70,77
Şubat	96,86	77,67	0	87,27
Mart	83,51	78,10	0	80,81
Nisan	80,56	84,52	89	84,69
Mayıs	77,75	80,56	89,2	82,50
Haziran	68,22	76,79	57,4	67,47
Temmuz	35,60	77,40	42,67	51,89
Ağustos	18,33	42,84	53,5	38,22
Eylül	15,24	52,68	23	30,31
Ekim	22,57	49,72	52,7	41,66
Kasım	45,38	59,75	56,9	54,01
Aralık	54,30	69,36	61,6	61,75
Yıllık Ortalama	57,73	66,37	58,44	62,61

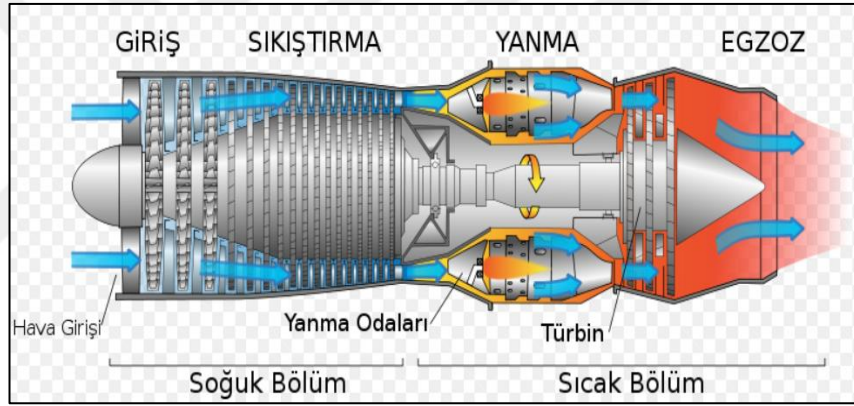
Proje kapsamında by-pass hattından atmosfere salınan sıcak baca gazı miktarı minimize edilerek, kızgın yağ kazanında maksimum düzeyde kızgın yağ elde edilecektir. Mevcut durumda kızgın yağ kazanı kapasitesinin yüksek olduğu halde, kızgın yağ ısı ihtiyacı düşük olduğundan türbin egzoz gazlarının bir miktarı atmosfere atılabilmektedir. Bu da enerjinin bir kısmının kullanılmadan atılması anlamına gelmektedir.

Fabrikamızda 2 adet absorpsiyonlu chiller bulunmaktadır. Absorpsiyonlu chillerden biri 1,5 bar diğeri 6 bar basınçlı buhar ile çalışmaktadır. Kızgın yağdan elde edilen ısıyla buhar jeneratöründe buhar üretilmekte ve üretilen buhar absorpsiyonlu chillerde kullanılmaktadır. 6 bar basınçlı absorpsiyonlu chillerimizin tam yükte çalıştığında soğutma kapasitesi 2.326 kW'tır. Yaz aylarında absorpsiyonlu chiller soğutma suyunun kullanılabilceği noktalardaki maksimum soğutma yükü 900 kW'tır. Bypass hattından atılan enerjiden maksimum düzeyde yararlanmak ve absorpsiyon chillerin kapasitesini arttırarak kullanabilmek için gaz türbini giriş havasının ve elektrik pano odalarının soğutulmasında absorpsiyonlu chillerden elde edilecek soğuk su kullanılacaktır. Mevcut durumda gaz türbini giriş havası soğutulmamaktadır. Atmosferden alınan hava doğrudan gaz türbinine gönderilmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Yöntemin Açıklanması

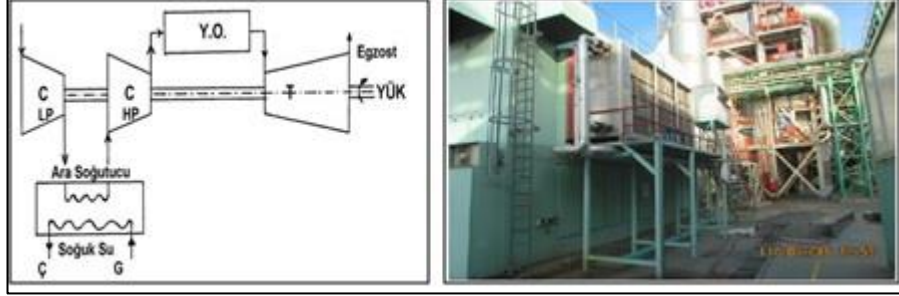
Gaz türbinlerinin açık çevrimle çalışan Taurus 70 türbini ele alınmıştır. Ortamdaki atmosfer basıncındaki hava, kompresör tarafından emilir ve böylece sıkıştırılarak sıcaklığı ve basıncı artar. Yüksek basınçtaki emiş havası yakıt ile sabit basınçta yakılacağı yanma odasına girer. Yanma ile oluşan yüksek sıcaklıktaki gazlar türbinde atmosfer basıncına genişleyerek iş yapar. Türbinden çıkan egzoz atmosfere verilir. Böylece Şekil 2.1’de görüldüğü üzere açık çevrim gerçekleşmiş olur.



Şekil 2.1. Gaz türbini çevrimi şematik gösterimi

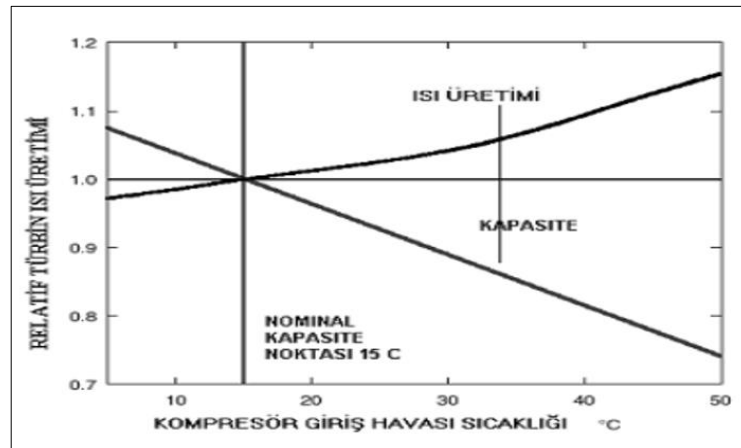
Kompresör giriş sıcaklığı düşer ve sıkıştırma işlemi daha kolaylaşacağında kompresör harcanan gücü azalır ve termik verim artar. Örnekle açıklayacak olursak, kompresör giriş sıcaklığı 1°F’lik artarsa türbin toplam gücü % 0,5 oranında azalır. Bu güç kaybı için yanma odasına yakıt püskürtmek gerekecektir. Tam tersi bir durumda ise aynı gücü sağlamak için yanma odasına daha az yakıt püskürtmek gerekir. Hava kompresörde sıkıştırılırken izotermal işleme yaklaştığı için kompresör işi azalır ve sistem verimi artar. İzotermal işleme yaklaşmak için sıkıştırma işlemi iki veya daha fazla kademe ile yapılır. Hava bir ısı eşanjörü ile soğutulur. Hava sıcaklığı azaldıkça

yoğunluğu artar ve daha az güç harcar. Şekil 2.2’de soğutucu eşanjör montajı yapılmış gaz türbini çevrimi gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Gaz türbini kompresör emiş havası ara eşanjör sistemi

Soğutulmuş havada yoğunluk artması ile sistem giriş havası ağırlıkça artar ve sistemin enerji üretim kapasitesi artar. Sistem yaz aylarında özellikle kapasite kaybına ve duruşlara sebebiyet verir. Şekil 2.3’te görüldüğü gibi soğutulmuş emiş havası üretilen enerjiyi artırır ve ısıyı düşürür. Emiş havası sıcaklığı çok düşerse buzlanma olacağından 5-6°C’lerin altına inmesini engellemek gerekir. Türbini emiş havasının 15°C’den 38°C’ye arttırılması, kapasitenin %73’üne azalmasına neden olur. Diğer bir taraftan, emiş havasının 38°C den 15°C soğutulması kapasitenin %27 oranında kaybolmasını engeller. Emiş havası 6°C ye kadar soğutulursa, türbin kapasitesi, normal kapasitenin %110’una yükselecektir, ve eğer emiş havası 38°C den 6°C ye soğutulursa, türbinin gücü kapasitenin %73’ünden %110’una çıkar ve bu da %50-40 güç artışı demektir.



Şekil 2.3. Gaz türbini kompresör emiş havası sıcaklığına göre verim değişimi grafiği

3. UYGULAMA ÖNCESİ HESAPLAMALAR

Türbin giriş havasının ekonomik yönlerini değerlendirmek için örnek olarak Kastamonu Entegre 'de bulunan kojenerasyon santrali ele alınmıştır. 7.965 MW kapasiteli bir endüstriyel gaz türbini giriş havası soğutulmamış türbinin üretim kapasitesi üç yıllık ortalamayla 6.725 MW değerine düşmektedir. Belirlenen kapasitelere göre bu durum ile yaklaşık %5,83 oranında kapasite düşüşü anlamına gelmektedir.

Türbinin ürettiği elektriksel güç (kW): 6.725,23 (üç yıllık ortalama)

Active power 7235 KW

Reactive power 1087 KVAR

Power factor 0,99 COSPHI

Frequency 50 HZ

Power set point 8351 KW

Gas flow meeter 1523 kg/h

Buhar jeneratörünün verimi= 0,85

Kızgın yağ kazanının verimi= 0,90

Absorbiyonlu chiller COP değeri= 1,41

Compressor inlet air temperature (T1)

İnternal air temperature

- Baseframe modül 43°C
- Client
- Control gas 32°C

- Lube oil 47°C
- Roof 25°C
- Turbine 42°C

Turbine exhaust temperature (T7) 496°C

Turbine exhaust temperature (T7) 492°C

Turbine exhaust temperature (T7) 489°C

Compensated T5 average 759,4°C

Compensated(T5) 757°C

Compensated(T5) 750,7°C

Compensated(T5) 768,6°C

Compensated(T5) 757,4°C

Compensated(T5) 755,9°C

Compensated(T5) 754,2°C

Compensated(T5) 741,1°C

Compensated(T5) 774,7°C

Compensated(T5) 757°C

T5 limiter set point 760°C

Kabuller;

1 kcal = 4,18 kJ

1 saat = 3600 s

1 kJ/s = 1 kW

$Q =$ Soğutma yükü

$m =$ Kütleli debi

$C_p =$ Özgül ısı

$\Delta T =$ Sıcaklık farkı

Türbinin ürettiği güç: 6725Kw

Çevre Sıcaklığı: 25°C C_p : 0,24025 kcal/kg.°C

Türbin giriş sıcaklığı: 754°C C_{pg} : 0,2711 kcal/kg.°C

Türbin çıkış sıcaklığı: 492°C $C_{pç}$: 0,2621 kcal/kg.°C

Doğalgaz alt ısı değeri: 9.250 kcal/kg

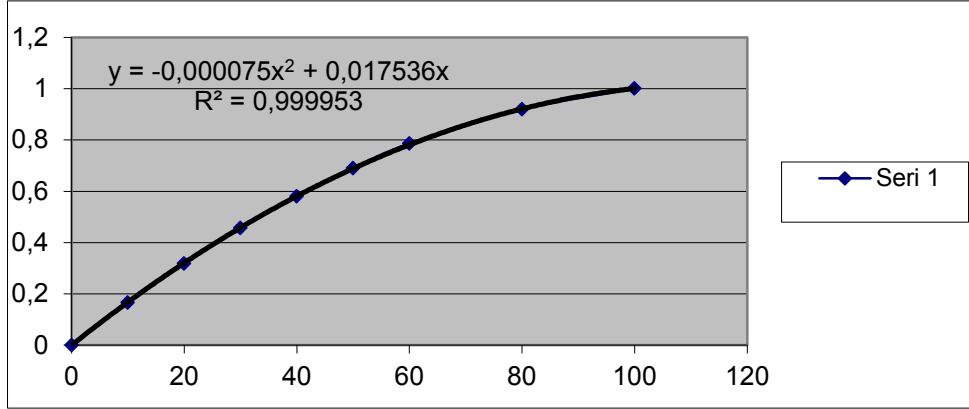
Yakma hava debisi: 80.000 m³

Çevre iç sıcaklığı: 43°C

Çevre dış sıcaklığı:30°C

Gaz Türbini By-Pass Hattı Atık Isı Hesabı ;

Cips kurutma klapesi açıklık oranının cips kurutma ünitesine giren egzoz gazı debisine etkisi, daha önce yaptığımız testlerle bir fonksiyon grafiği olarak elde edilmiştir. Cips kurutma klape açıklık oranı-egzoz gazı debisi fonksiyon grafiği oluşturulurken, farklı klape açıklık oranları seçilerek her bir oranlara karşı gelen egzoz gazı debisi deneysel olarak elde edilmiştir (klape açıklık oranı-egzoz gazı debisi fonksiyon grafiği cips kurutma ünitesi kurulduktan sonra, ünitenin performans testi yapılırken fabrikamız mühendisleri tarafından deneysel çalışma yapılarak elde edilmiştir). Bu VAP çalışmasında, daha önce elde edilen “klape açıklık oranı-egzoz gazı debisi fonksiyon grafiği” kullanılarak by-pass hattından atmosfere salınan ısı hesabı yapılmıştır.



Şekil 3.1. Cips kurutma klape açıklık oranı- egzoz gazı debisi fonksiyon grafiği

Türbinin ürettiği elektriksel güç (kW): 6.725,23 (üç yıllık ortalama)

Ortam sıcaklığı (°C): 28

Türbin giriş sıcaklığı (°C): 695

Türbin çıkış sıcaklığı (°C): 476,3

Türbin giriş özgül ısısı C_p (kcal/kg°C): 0,2707

Türbin çıkış özgül ısısı C_p (kcal/kg°C): 0,25956

Buhar jeneratörünün verimi= 0,85

Kızgın yağ kazanının verimi= 0,90

Absorbiyonlu chiller COP değeri= 1,41

Yapılan Kabuller;

1 kW = 860 kCal/h

$$\text{Egzoz gazı debi} = \frac{\text{Türbinin ürettiği güç} \times 860}{(\text{Türbin girişi } C_p \times (\text{türbin giriş sıcaklığı} - \text{ortam sıcaklığı})) - (\text{Türbin çıkış } C_p \times \text{türbin çıkış sic.})} \quad (3.1)$$

$$\text{Egzoz gazı debi} = \frac{6.725,23 \times 860}{(0,2707 \times (695 - 28)) - 0,25956 \times 476,3} = 101.595,90 \text{ kg/h} \quad (3.2)$$

Türbin ısı kapasitesi=

$$\text{Egzoz gazı küt. debi.} \times \text{türbin giriş } C_p \times (\text{türbin giriş sıcaklığı} - \text{ortam sıcaklığı}) \quad (3.3)$$

$$\text{Türbin ısı kapasitesi} = 101.595,90 \times 0,2707 \times (695 - 28) = 18.343.836 \text{ kcal/h} \quad (3.4)$$

Türbin egzozundan çıkan ısı=

$$\text{Türbin ısı kapasitesi} - (\text{Türbinin ürettiği elektriksel güç} \times 860) \quad (3.5)$$

$$\text{Türbin egzozundan çıkan ısı} = 18.343.836 - (6.725,23 \times 860) = 12.560.138 \text{ kcal/h} \quad (3.6)$$

Yaz ve kış aylarında (ortalama) kurutmada kullanılan ve bypass hattından atılan ısı enerjisi;

Kurutmada kullanılan ısı=

Türbin egzozundan çıkan ısı×

$$(-0,000075 \times \text{klape açıklığı} \times \text{klape açıklığı} + 0,017536 \times \text{klape açıklığı}) \quad (3.7)$$

Kurutmada kullanılan ısı=

$$12.560.138 \times (-0,000075 \times 62,61 \times 62,61 + 0,017536 \times 62,61) = 10.097.447 \text{ kcal/h} \quad (3.8)$$

Bypass hattından atılan ısı

$$= (\text{Türbin egzozundan çıkan ısı} - \text{kurutmada kullanılan ısı}) \quad (3.9)$$

$$\text{Bypass hattından atılan ısı} = 12.560.138 - 10.097.447 = 2.462.691 \text{ kcal/h} \quad (3.10)$$

Atık ısıdan üretilecek buharın enerjisi=

$$\text{Bypass hat. atılan ısı} \times \text{kızgın yağ kaz. verimi} \times \text{buhar jen. Verimi} \quad (3.11)$$

$$\text{Atık ısıdan üretilecek buharın enerjisi} = 2.462.691 \times 0,9 \times 0,85 = 1.883.959 \text{ kcal/h} \quad (3.12)$$

Buharın enerjisi kullanılarak absorpsiyon chillerden

elde edilecek soğutma yükü potansiyeli=

$$\text{COP} \times \text{atık ısıdan üretilcek buharın enerjisi} \quad (3.13)$$

Buharın enerjisi kullanılarak absorpsiyon chillerden

elde edilebilecek soğutma yükü potansiyeli=

$$\frac{1,41 \times 1.883.959}{860} = 3.088,82 \text{ kW} \quad (3.14)$$

Yaz ayları kurutmada kullanılan ve bypass hattından atılan ısı enerjisi;

Yaz aylarında klape açıklık oranı (Mayıs-Ekim)=

$$\frac{82,50+67,47+51,89+38,22+30,31+41,66}{6} = 52,00 \quad (3.15)$$

Kurutmada kullanılan ısı=

$$12.560.138 \times (-0,000075 \times 52,00 \times 52,00 + 0,017536 \times 52,00) = 8.906.042 \text{ kcal/h} \quad (3.16)$$

$$\text{Bypass hattından atılan ısı} = 12.560.138 - 8.906.042 = 3.654.096 \text{ kcal/h} \quad (3.17)$$

Atık ısıdan üretilcek buharın enerjisi=

$$3.654.096 \times 0,9 \times 0,85 = 2.795.383 \text{ kcal/h} \quad (3.18)$$

Buharın enerjisi kullanılarak absorpsiyon chillerden

elde edilebilecek soğutma yükü potansiyeli=

$$\frac{1,41 \times 2.795.383}{860} = 4.583,13 \text{ kW} \quad (3.19)$$

Kış ayları kurutmada kullanılan ve bypass hattından atılan ısı enerjisi;

Kış aylarında klape açıklık oranı (Mayıs-Ekim dışında kalan aylar)=

$$\frac{70,77+87,27+80,81+84,69+54,01+61,75}{6} = 73,21 \quad (3.20)$$

Kurutmada kullanılan ısı=

$$12.560.138 \times (-0,000075 \times 73,21 \times 73,21 + 0,017536 \times 73,21) = 11.075.941 \text{ kcal/h} \quad (3.21)$$

$$\text{Bypass hattından atılan ısı} = 12.560.138 - 11.075.941 = 1.484.197 \text{ kcal/h} \quad (3.22)$$

Atık ısıdan üretilecek buharın enerjisi=

$$1.484.197 \times 0,9 \times 0,85 = 1.135.411 \text{ kcal/h} \quad (3.23)$$

Buharın enerjisi kullanılarak absorpsiyon chillerden

elde edilebilecek soğutma yükü potansiyeli=

$$1,41 \times \text{Atık ısıdan üretilecek buharın enerjisi} \quad (3.24)$$

Buharın enerjisi kullanılarak absorpsiyon chillerden

elde edilebilecek soğutma yükü potansiyeli=

$$\frac{1,41 \times 1.135.411}{860} = 1.861,55 \text{ kW} \quad (3.25)$$

Gaz türbini giriş havası soğutma yükü hesabı;

Yapılan kabuller;

0-40°C aralığına ait C_p değeri; $C_p = 0,2404 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$

1 kcal=4,18 kJ

1 saat=3600 s

1 kJ/s= 1 kW

Q = Soğutma yükü

m = Kütleli debi

C_p = Özgül ısı

ΔT = Sıcaklık farkı (En yüksek sıcaklık farkı, Temmuz ayı)

Hesaplamalar;

$$Q=m \times C_p \times \Delta T \quad (3.26)$$

$$m_{\text{çıkış}}=101.606,14 \text{ kg/h} \quad (3.27)$$

$$m_{\text{çıkış}}=101.606,14 \text{ [kg/h]} / 3600 \text{ [s]}=28,22 \text{ kg/s} \quad (3.28)$$

$m_{\text{çıkış}}$: Gaz türbini çıkışında türbine alınan yakma havası+türbinde yakılan doğalgaz miktarı

Doğalgazın optimum yanabilmesi için kütleli olarak 1 birim doğalgaza karşılık 9 birim yakma havasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kabulden yola çıkılarak gaz türbinine giren yakma havası miktarı şu şekilde hesaplanır;

$$m_{\text{giriş}}=m_{\text{çıkış}} \times \left(\frac{9}{10}\right)=28,22 \text{ [kg/s]} \times \left(\frac{9}{10}\right)=25,40 \text{ kg/s} \quad (3.29)$$

$$C_p=0,2404 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \text{ } ^\circ\text{C}\right] \times 4,18 \text{ [kJ]}=1,005 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \quad (3.30)$$

$$\Delta T=10,3^\circ\text{C}$$

$$Q=m \times C_p \times \Delta T=25,40 \text{ [kg/s]} \times 1,005 \text{ [kJ/kg}^\circ\text{C]} \times 10,3 \text{ [}^\circ\text{C]}=262,93 \text{ kW} \quad (3.31)$$

Temmuz ayı için gaz türbini giriş havası soğutma eşanjörüne gönderilecek soğutma suyu debisi hesabı;

$$\text{Soğutma suyu debisi}=\frac{\text{Soğutma yükü}}{C_p \times \Delta T}=\frac{262,93}{4,18 \times (12-7)}=12,58 \frac{\text{kg}}{\text{s}}=45,288 \text{ ton/h} \quad (3.32)$$

Soğutma suyunu absorpsiyonlu chillerden eşanjöre transfer etmek için gerekli pompa gücü hesabı;

$$\text{Pompa gücü}=\frac{\text{Debi} \left(\frac{\text{ton}}{\text{h}}\right) \times \text{Basınç farkı (bar)}}{36 \times \text{Pompa verimi}}=\frac{45,288 \times 6,55}{36 \times 0,738}=11,165 \text{ kW} \quad (3.33)$$

Not: Pompa hesabı yapılırken sistemdeki pompanın katalog verileri kullanılmıştır (Katalog belgeler kısmında sunulmuştur).

Tablo 3.1. Aylara göre soğutma suyu pompa güçleri ve enerji tüketimleri

Aylar	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	TOPLAM
Pompa Gücü (kW)	4,153	9,893	11,165	12,214	7,573	1,588	-
Aylık Çalışma Saati (h)	696,67	654,00	604,67	640,67	593,33	626,00	3.815,33
Pompaların Enerji Tüketimleri (kWh)	2893,271	6470,022	6751,141	7825,143	4493,288	994,088	29426,953

$$\text{Mayıs-Ekim ayları arasında ortalama pompa gücü} = \frac{29426,953}{3815,33} = 7,7128 \text{ kW} \quad (3.34)$$

$$\text{Pompaların yıllık enerji tüketimi} = 29426,953 \text{ kWh} \quad (3.35)$$

$$\text{Elektrik Birim Maliyeti} = 0,1926 \text{ TL} \quad (3.36)$$

$$\text{Tüketimin Mali Değeri} = 29426,953 \text{ [kWh]} \times 0,1926 \text{ [TL]} = 5.667,631 \text{ TL/yıl} \quad (3.37)$$

Gaz türbini giriş havasının soğutulması ile yapılacak enerji tasarrufu;

Tablo 3.2. Son Üç Yıla Ait Ortalama Güçler ve Çalışma Saatleri (2011, 2012, 2013)

Aylar	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	TOPLAM
Güç (kW)	6.682,41	6.521,74	6.414,19	6.531,14	6.692,06	6.869,95	39.711,49
Aylık Çalışma Saati(h)	696,67	654,00	604,67	640,67	593,33	626,00	3.815,34

Gaz türbini verim hesabı;

Tablo 3.3. Türbin Giriş Sıcaklıkları

2013		Saat 22:49	Meteorolojik verilere göre ortalama sıcaklık	Hedeflenen Ortalama Sıcaklık	Sağlanacak sıcaklık azalması
Compressor Inlet Air Temperature (T1) Mayıs	TT501 1	°C	17,9	14,5	3,4
Compressor Inlet Air Temperature (T1) Haziran	TT501 1	°C	22,6	14,5	8,1
Compressor Inlet Air Temperature (T1) Temmuz	TT501 1	°C	24,8	14,5	10,3
Compressor Inlet Air Temperature (T1) Ağustos	TT501 1	°C	24,5	14,5	10,0
Compressor Inlet Air Temperature (T1) Eylül	TT501 1	°C	20,7	14,5	6,2
Compressor Inlet Air Temperature (T1) Ekim	TT501 1	°C	15,8	14,5	1,3

Tablo 3.4. Gaz Türbine Ait Verim-Sıcaklık Bilgileri

Engine Inlet Air Temperature (T1)	°C	-5	0	10	15	20	35
Nominal Electrical Efficiency	%	34,02	33,83	33,34	33,06	32,66	30,77

Turbo Mach Taurus 70-103015 Axial model Gaz Türbinine ait değerler

Mayıs ayına ait örnek verim hesabı;

Verim, Tablo 11.'deki değerler kullanılarak İnterpolasyon yöntemiyle hesaplanmıştır.

Mayıs Ayı Ortalama Sıcaklık=17,9 °C

Sıcaklık 15°C ile 20°C arasında olduğundan bu sıcaklıklara ait değerler kullanılmıştır.

Mevcut Verim=

$$\text{Yüksek Verim} - \left(\frac{\text{Yüksek Verim} - \text{Düşük Verim}}{\text{Yüksek Sıcaklık} - \text{Düşük Sıcaklık}} \right) * (\text{Ortam Sıcaklığı} - \text{Düşük Sıcaklık}) \quad (3.38)$$

$$\text{Verim} = \%33,06 - \left(\frac{(33,06 - 32,66)}{(20 - 15)} * (17,9 - 15) \right) = \%32,8294 \quad (3.39)$$

Verim, Tablo 3.4.'teki değerler kullanılarak İnterpolasyon yöntemiyle hesaplanmıştır.

Hedeflenen Ortalama Sıcaklık= 14,5 °C

Sıcaklık 10°C ile 15°C arasında olduğundan bu sıcaklıklara ait değerler kullanılmıştır.

Tablo 3.5. Aylara Göre Hesaplanan Türbin Verimleri

	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM
Ortalama Sıcaklık(°C)	17,9	22,6	24,8	24,5	20,7	15,8
Mevcut Verim	32,8294	32,3366	32,0589	32,0968	31,14056	32,9939
Hedeflenen Sıcaklık(°C)	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
Hedeflenen Verim	33,0852	33,0852	33,0852	33,0852	33,0852	33,0852

$$\text{Hedeflenen Verim}=\%33,34-\left(\frac{(33,34-33,06)}{(15-10)}*(14,5-10)\right)=\%33,0852 \quad (3.40)$$

Mayıs ayına ait diğer örnek hesaplamalar;

$$\text{Elde Edilecek Güç Tasarrufu}=\left(\frac{\text{Güç}}{\text{Mevcut Verim}}*100\right)-\left(\frac{\text{Güç}}{\text{Hedeflenen Verim}}*100\right) \quad (3.41)$$

Elde Edilecek Güç Tasarrufu=

$$\left(\frac{6.682,41 \text{ [kW]}}{32,8294}*100\right)-\left(\frac{6.682,41 \text{ [kW]}}{33,0852}*100\right)=157,375 \text{ kW} \quad (3.42)$$

Aylık Çalışma Saati=696,67 h

Elde Edilecek Aylık Enerji Tasarrufu=

$$\text{Elde Edilecek Güç Tasarrufu} \times \text{Aylık Çalışma Saati} \quad (3.43)$$

Elde Edilecek Aylık Enerji Tasarrufu=

$$157,375 \text{ [kW]} \times 696,67 \text{ [h]}=109.638,59 \text{ kWh} \quad (3.44)$$

Doğalgaz Birim Fiyatı= 0,07813 TL/kWh

Elde Edilecek Aylık Enerji Tasarrufunun Mali Değeri=

$$\text{Elde Edilecek Aylık Enerji Tasarrufu} \times \text{Doğalgaz Birim Fiyatı} \quad (3.45)$$

Elde Edilecek Aylık Enerji Tasarrufunun Mali Değeri=

$$109.638,59 \text{ [kWh]} \times 0,07813 \text{ [TL/kWh]}=8.566,06 \text{ TL} \quad (3.46)$$

Tablo 3.6. Aylara Göre Hesaplanan Güç, Enerji Tasarrufu ve Tasarrufun Mali Değerleri

	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	
Güç (kW)	6.682,41	6.521,74	6.414,19	6.531,14	6.692,06	6.869,95	Tasarrufun Toplam Değerleri
Aylık Çalışma Saati (h)	696,67	654,00	604,67	640,67	593,33	626,00	
Tasarruf Gücü (kW)	157,355	456,2932	620,6336	607,9075	1.263,0894	57,4424	
Doğalgaz Birim Fiyatı (TL/kWh)	0,07813	0,07813	0,07813	0,07813	0,07813	0,07813	
Aylık Enerji Tasarrufu (kWh)	109.638,59	298.415,75	375.276,48	389.466,05	749.433,07	35.958,94	1.958.179,29
Aylık Enerji Tasarrufu Mali Değeri (TL)	8.566,06	23.315,13	29.320,24	30.428,87	58.552,98	2.809,46	152.991,56

Elde Edilecek Yıllık Net Enerji Tasarrufunun Mali Değeri=

$$152.991,56 - 5.667,631 = 147.323,929 \text{ TL/yıl} \quad (3.47)$$

Yatırım Maliyeti=291.135 TL

$$\text{Basit Geri Ödeme Süresi} = \frac{\text{Yatırım Maliyeti}}{\text{Tasarrufun Mali Değeri}} \quad (3.48)$$

$$\text{Basit Geri Ödeme Süresi} = \frac{291.135,00 \text{ [TL]}}{147.323,929 \text{ [TL]}} = 1,9762 \text{ yıl} \quad (3.49)$$

Pano odalarının absorpsiyonlu chiller ile soğutulmasıyla elde edilecek enerji tasarrufu;

Mevcut Klima ve Fancoillerin Çektiği Toplam Aktif Güç=117,96 kW

Yeni Klima Santralleri Ve Fan Coillerin Çektiği Aktif Güç=26,184 kW

Pano Odalarının Absorpsiyonlu Chiller ile

Soğutulmasıyla Elde Edilecek Güç Tasarrufu=

(Mevcut Klima ve Fancoillerin Çektiği Aktif Güç)-

$$\text{(Yeni Fancoillerin Çektiği Aktif Güç)} \quad (3.50)$$

$$= 117,96 \text{ [kW]} - 26,184 \text{ [kW]} = 91,776 \text{ kW} \quad (3.51)$$

Pano odalarına absorpsiyonlu chillerden su göndermek için gerekli pompa gücü hesabı;

$$\text{Soğutma suyu debisi} = \frac{\text{Soğutma yükü}}{C_p \times \Delta T} = \frac{285,08}{4,18 \times (12-7)} = 13,64 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 49,104 \text{ ton/h} \quad (3.52)$$

$$\text{Pompa gücü} = \frac{\text{Debi} \left(\frac{\text{ton}}{\text{h}} \right) \times \text{Basınç farkı (bar)}}{36 \times \text{Pompa verimi}} = \frac{49,104 \times 6,55}{36 \times 0,738} = 12,106 \text{ kW} \quad (3.53)$$

Not: Pompa hesabı yapılırken sistemdeki pompanın katalog verileri kullanılmıştır (Katalog belgeler kısmında sunulmuştur).

Pano Odalarının Absorpsiyonlu C. ile

Soğutulmasıyla Elde Edilecek Net Güç Tasarrufu=

$$91,776 - 12,106 = 79,67 \text{ kW} \quad (3.54)$$

Klimaların yıllık çalışma saati=8.050 h

Sağlanacak yıllık net enerji tasarrufu=

$$79,67 \text{ [kW]} \times 8.050 \text{ [h]} = 641.343,5 \text{ kWh} \quad (3.55)$$

Elektrik Birim Maliyeti= 0,1926 TL

$$\text{Tasarrufun Mali Değeri} = 641.343,5 \text{ [kWh]} \times 0,1926 \text{ [TL]} = 123.522,76 \text{ TL/yıl} \quad (3.56)$$

Yatırım Maliyeti= 263.961,00 TL

$$\text{Basit Geri Ödeme Süresi} = \frac{\text{Yatırım Maliyeti}}{\text{Tasarrufun Mali Değeri}} \quad (3.57)$$

$$\text{Basit Geri Ödeme Süresi} = \frac{263.961,00 \text{ [TL]}}{123.522,76 \text{ TL/yıl}} = 2,1369 \text{ yıl} \quad (3.58)$$

Tablo 3.7. Mevcut Klimaların COP değerleri

Pano Odası	Soğutucu Tipi	COP
Kazan	Kanallı tip klima	2,78
Simpelkamp	Kanallı tip klima	2,80
Kontrol Odası	Kanallı tip klima	2,80
SHS	Kanallı tip klima	2,80
Zımpara ADP	Kanallı tip klima	2,80
M.Pres 1.Panoları	Kanallı tip klima	2,45
M.Pres 2.Panoları	Kanallı tip klima	2,45
M.Pres 3-1	Kanallı tip klima	2,81
	Salon tipi klima	2,80
M.Pres 3-2	Salon tipi klima	2,80
Emprenye	Salon tipi klima	1,95
	Split tipi klima	2,31
Kurutucu Driver Odası	Kanallı tip klima	1,83
		1,83
UPS	Salon tip klima	3,03
	Split tipi klima	2,31
Bileme Atelyesi	Kanallı tip klima	2,80
Zımpara Kontrol Odası	Duvar tipi	2,78
SHS Kontrol Odası		3,30
Teknik Depo		3,11
Teknik Depo Üst Kat		3,24
M.Pres Sorumlu Odası		3,20
Kurutma Kontrol Odası		Salon tipi klima
M.Pres Klimatize Oda	Salon tipi klima	2,86
Sistem Odası	Salon tipi klima	2,93
Revir	Duvar tipi	3,11

Tablo 3.8. Pano Odasındaki Klimaların Soğutma Yükleri

PANO ODASI	ETKİN GÜÇ	COP	Pano odası klimaların soğutma yükü (kW)
Kazan	3,50	2,78	9,73
Simpelkamp	2,50	2,80	7,00
Kontrol Odası	4,50	2,80	12,60
SHS	4,00	2,80	11,20
Zımpara ADP	5,16	2,80	14,45
M.Pres 1.Panoları	14,25	2,45	34,91
M.Pres 2.Panoları	16,00	2,45	39,20
M.Pres 3-1	3,36	2,81	9,44
M.Pres 3-1	4,16	2,80	11,65
M.Pres 3-2	1,00	2,80	2,80
Emprenye	2,90	1,95	5,66
Emprenye	0,70	2,31	9,70
Kurutucu Driver Odası	8,00	1,83	14,64
Kurutucu Driver Odası	8,42	1,83	15,41
UPS	4,15	3,03	12,57
UPS	4,2	2,31	9,70
Bileme Atelyesi	3,28	2,80	9,18
Zımpara Kontrol Odası	1,60	2,78	4,45
SHS Kontrol Odası	0,64	3,30	2,11
Teknik Depo	1,26	3,11	3,92
Teknik Depo Üst Kat	1,49	3,24	4,83
M.Pres Sorumlu Odası	0,89	3,20	2,85
Kurutma Kontrol Odası	3,80	2,43	9,23
M.Pres Klimatize Oda	4,51	2,86	12,89
Sistem Odası	3,85	2,93	11,28
Revir	1,18	3,11	3,67
Toplam			285,08

Tablo 3.9. Mevcut durum ve proje uygulandıktan sonraki durumun karşılaştırılması

P.O. No	Pano Odası	Mevcut Durum			Proje Uygulandıktan Sonra	
		Soğ. Adedi	Soğutucu Tipi	Çekilen Aktif Güç (kW)	Cihaz tipi	Çekilecek Aktif Güç (kW)
1	Kazan	1	Kanallı Tip Klima	3,50	Klima santrali	1,5
2	Simpelkamp	1	Kanallı Tip Klima	2,50	Klima santrali	3,0
3		1	Aldağ Fancoil	1,50		
4	Kontrol Odası	1	Kanallı Tip Klima	4,50	Klima santrali	1,5
5	SHS	1	Kanallı Tip Klima	4,00	Klima santrali	3,0
6		1	Aldağ Fancoil	5,16		
7	Zımpara ADP	1	Kanallı Tip Klima	5,16	Klima santrali	1,5
8		1	Aldağ Fancoil	2,00		
9	M.Pres 1 Panoları	3	Kanallı Tip Klima	14,25	Fancoil	3×0,38
10	M.Pres 2 Panoları	3	Kanallı Tip Klima	16,00	Fancoil	3×0,38
11	M.Pres 3-1	1	Kanallı Tip Klima	3,36	Klima santrali	1,5
12		1	Salon Tipi Klima	4,16		
13	M.Pres 3-2	1	Salon Tipi Klima	1,00	Klima santrali	1,5
14	Emprenye	1	Salon Tipi Klima	2,90	Klima santrali	1,5
15		1	Split Klima	0,70		
16	Kurutucu Driver Odası	1	Kanallı Tip Klima	8,00	Klima santrali	2×1,5
17		1	Kanallı Tip Klima	8,42		
18	UPS	1	Salon Tipi Klima	4,15	Fancoil	0,38
19		1	Split Klima	4,20		
20	Bileme Atelyesi	2	Kanallı Tip Klima	3,28	Klima santrali	1,5
21	Zımpara Kontrol Odası	1	Duvar Tipi	1,60	Fancoil	0,108
22	SHS Kontrol Odası	1	Duvar Tipi	0,64	Fancoil	0,059
23	Teknik Depo	1	Duvar Tipi	1,26	Fancoil	0,087
24	Teknik Depo Üst Kat	1	Duvar Tipi	1,49	Fancoil	0,108
25	M.Pres Sorumlu Odası	1	Duvar Tipi	0,89	Fancoil	0,108
26	Kurutma Kontrol Odası	1	Salon Tipi Klima	3,80	Fancoil	0,087
27	M.Pres Klimatize Oda	1	Salon Tipi Klima	4,51	Klima santrali	3,0
28	Sistem Odası	1	Salon Tipi Klima	3,85	Fancoil	0,38
29	Revir	1	Duvar Tipi	1,18	Fancoil	0,087
TOPLAM		34		117,96		26,184

Gaz türbini giriş havasının ve pano odalarının absorpsiyonlu chiller ile soğutulması projesi için toplam değerler;

Tasarrufun Mali Değeri_{toplam} =

$$\text{Pano Odaları Tasarruf Değeri} \left[\frac{\text{TL}}{\text{yıl}} \right] + \text{Gaz Türbini Tasarruf Değeri} \left[\frac{\text{TL}}{\text{yıl}} \right] \quad (3.59)$$

Tasarrufun Mali Değeri_{toplam} =

$$136.375,83 \left[\frac{\text{TL}}{\text{yıl}} \right] + 152.991,56 \left[\frac{\text{TL}}{\text{yıl}} \right] = 289.367,39 \text{ TL/yıl} \quad (3.60)$$

$$\text{Yatırım Maliyeti}_{\text{toplam}} = 263.961,00 [\text{TL}] + 291.135,00 [\text{TL}] = 555.096,00 \text{ TL} \quad (3.61)$$

$$\text{Basit Geri Ödeme Süresi} = \frac{555.096,00 [\text{TL}]}{289.367,39 [\text{TL/yıl}]} = 1,9183 \text{ yıl} \quad (3.62)$$

Tablo 3.10. Gaz türbini egzoz gazı by-pass hattı atık ısısından elde edilecek soğutma potansiyeli ve soğutma yapılacak noktalarda gerekli olan soğutma yükü

Mevsimler	Mevcut kullanılan noktaların soğutma yükü (kW)	Pano odası klimaların soğutma yükü (kW)	Gaz türbini giriş havası soğutma yükü (kW)	Atık ısıdan elde edilecek soğutma potansiyeli (kW)	Absorpsiyonlu chiller kapasitesi (kW)
Kış	900*	275,38	200,91	1.861,47	2.326
Yaz	900*	275,38	1090**	4.582,95	

*: Absorpsiyonlu chiller Nisan 2014'te devreye alınmış ve VAP 2013-01 kapsamındaki mekanik chillerler kaldırılarak, prosesin ihtiyacı olan soğuk su yeni kurulan absorpsiyonlu chillerden temin edilmektedir. Absorpsiyonlu chiller yeni devreye alındığından dolayı yaz ve kış aylarında absorpsiyonlu chillerden prosese gönderilen soğutma suyu miktarı (soğutma kapasitesi) sağlıklı bir şekilde belirlenememiştir. Mekanik chillerlerin kurulu kapasitesi hesaplamalarda kullanılmıştır.

** : 35 °C sıcaklık, %50 nem ve soğutma sonrası sıcaklığı 14,5 °C kabul edildiği durum için gerekli soğutma yükü

Yıllık çalışma süresi hesabı;

Son üç yıllık bakım çizelgeleri incelendiğinde pano odası klimalarının yıllık ortalama 8.050 saat çalıştığı görülmektedir.

Gaz türbinin yıllık ortalama 3.815,33 saat çalıştığı görülmektedir.

KEAS/GAZ TÜR BİN/01 bileşen için maliyet;

Gaz Türbini Giriş Havası için Soğutma Bataryası Kullanımlı Soğutma Ünitesi
Maliyeti = 48.500,00 € = 141.135,00 TL

(1€ = 2,91 TL)

Gaz Türbini Giriş Havası Soğutma Eşanjör Bağlantı ve Hat Montajı
Maliyeti=150.000.00 TL

TOPLAM= 291.135,00 TL

KEAS/KLİMA/01 Bileşen için Maliyet;


Fan-coil, Klima Santrali ve Kanal Tesisatı Maliyeti = 100.925 \$ = 213.961,00 TL

(1\$ = 2,12 TL)

Pano Odaları Soğutma Sistemi borulama ve Montajı Maliyeti=50.000,00 TL

TOPLAM= 263.961,00 TL

Tablo 3.11. Turbo Mach Taurus 70-103015 Axial model gaz türbinine ait bilgiler

				Type :	TBM-T70		Rev. 25-May-06
				Model :	TAURUS 70-10301S Axial		TBC-1S REV. 1.3
					SoLoNOx GAS		17.9.2007
Relative Humidity	%	60	TBM-TR		Run on:	25.Haz.08	16:20
					PERFORMANCE DATA SHEET		
Fuel	Std. Natural Gas						
Lower Heating Value (LHV)	kJ/kg	45.449			Kastamonu Entegre		
Density	kg/Nm3	0,76					
Site Elevation	m	160					
Barometric Pressure	mbar	994					
Inlet Duct Loss	mmH2O	100			MED		
Exhaust Duct Loss	mmH2O	200					
Exhaust Stack Temperature (T9)	°C	125			D:\Solar Performance\Data		
Ambient Air Temperature (T0)	°C	15	-5	0	10	20	35
Part Load (kWe, % Load or 0 for MAX)		0	0	0	0	0	0
EXPECTED PERFORMANCE, NOT GUARANTEED							
Engine Inlet Air Temperature (T1)							
Nominal Gen. Output Power	°C	15	-5	0	10	20	35
Nominal HEAT RATE	kWe	7.141	8.064	7.844	7.380	6.849	5.883
Heat Input (LHV)	kJ/kWe-hr	10.890	10.583	10.642	10.797	11.021	11.699
Fuel Consumption	kW	21.601	23.705	23.188	22.135	20.967	19.119
Nominal Electrical Efficiency	Nm3/h	2.251	2.471	2.417	2.307	2.185	1.993
Exhaust Gas Temperature (T7)	%	33,06	34,02	33,83	33,34	32,66	30,77
Exhaust Gas Mass Flow	°C	490	484	485	488	493	509
Exhaust Gas Mass Flow	kg/s	26,15	27,62	27,29	26,55	25,57	23,68
Exhaust Heat (from T7 to T9)	kg/h	94.138	99.435	98.237	95.592	92.043	85.258
Cp average	kW	10.457	10.815	10.724	10.545	10.345	10.136
Exhaust Gas Analysis (Wet) (based on SD natural gas)	kJ/kg°C	1,0959	1,0916	1,0920	1,0940	1,0987	1,1140
Argon (Ar)							
Carbon Dioxide (CO2)	% (V)	0,899	0,906	0,905	0,902	0,895	0,874
Water (H2O)	% (V)	2,973	3,090	3,063	3,005	2,942	2,837
Nitrogen (N2)	% (V)	6,575	5,991	6,046	6,314	6,959	9,059
Oxygen (O2)	% (V)	75,176	75,723	75,658	75,404	74,853	73,132
	% (V)	14,377	14,291	14,328	14,375	14,351	14,097

Tablo 3.12. Gaz türbini emisyon tablosu

Gas Turbine Emission Warrantee			
Application		SoLoNO _x GAS	
@ 15% O ₂ dry basis, steady-state operation		NO _x	CO
	mg/Nm ³	50	64
Temperature Range	°C	> -20	> -20
Load Range	%	50 - 100	50 - 100

4. UYGULAMA SONRASI HESAPLAMALAR

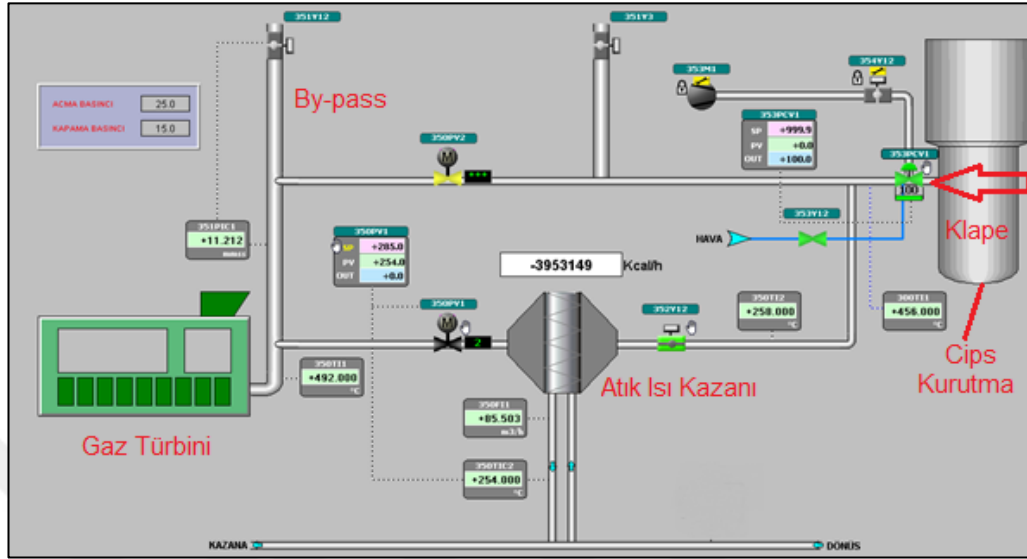
4.1. Uygulama Hakkında Bilgiler

VAP uygulaması 26.01.2015 tarihinde başlatılmış ve uygulama 28.12.2015 tarihinde tamamlanmıştır. Proje kapsamında iki bileşen mevcuttur. Bileşenlerin başlangıç ve bitiş tarihi projeninki ile aynıdır.

Son yıllarda ülkemizdeki enerji maliyetlerindeki artışlar enerjinin ürün maliyetleri içindeki payının yükselmesine neden olmuştur. Bu da ülkemizde üretim yapan firmaların yurt dışındaki rekabet gücünü olumsuz etkilemiştir. Bu nedenle bu olumsuzluğun etkilerini azaltmak amacıyla, firmalar enerji tasarrufu çalışmalarına hız vermişlerdir.

Tesiste bulunan 7,5 MW'lık gaz türbininden 490~500 °C sıcaklıkta egzoz gazı oluşmaktadır. Gaz türbininden çıkan egzoz gazları Şekil 1'de görüldüğü gibi iki ayrı hattan geçerek cips kurutmaya gitmektedir. Hatlardan biri üzerinde kızgın yağ serpantini bulunmaktadır. Kızgın yağ serpantinine 490~500 °C'de giren egzoz gazları, kızgın yağın 240~250 °C'den 270~280 °C'ye ulaşmasını sağlamaktadır. Kızgın yağ kazanından çıkan 270~280 °C'deki kızgın yağ kollektörde toplanarak prosese veya buhar jeneratörüne gönderilmektedir. Buhar jeneratöründe kızgın yağın ısısı kullanılarak buhar elde edilmektedir. Kızgın yağ kazanından 350~500 °C'lerde ayrılan egzoz gazı cips kurutma ünitesine ihtiyaç oranında beslenmektedir. Egzoz gazını taşıyan iki hattan birisi doğrudan kurutucu ünitesine diğeri de kızgın yağ serpantini üzerinden kurutma ünitesine beslenmektedir. Kurutma ünitesi girişinde bulunan bir klape vasıtası ile kurutma ihtiyacına bağlı olarak üniteye beslenecek egzoz gazı miktarı ayarlanmaktadır. Gaz türbinin çıkışında bulunan by-pass hattı doğrudan bacaya açılmaktadır. Kurutma ünitesi girişinde bulunan klape kapanmaya başladığında by-pass hattında basınç oluşturmakta ve bu basınca bağlı olarak egzoz gazı atmosfere atık ısı olarak salınmaktadır.

Klape açıklık oranında egzoz gazları cips kurutmak için kullanılmakta, arta kalan egzoz gazı atmosfere atılmaktadır.



Şekil 4.1. Gaz türbini ve atık ısı kazanı scada ekranı

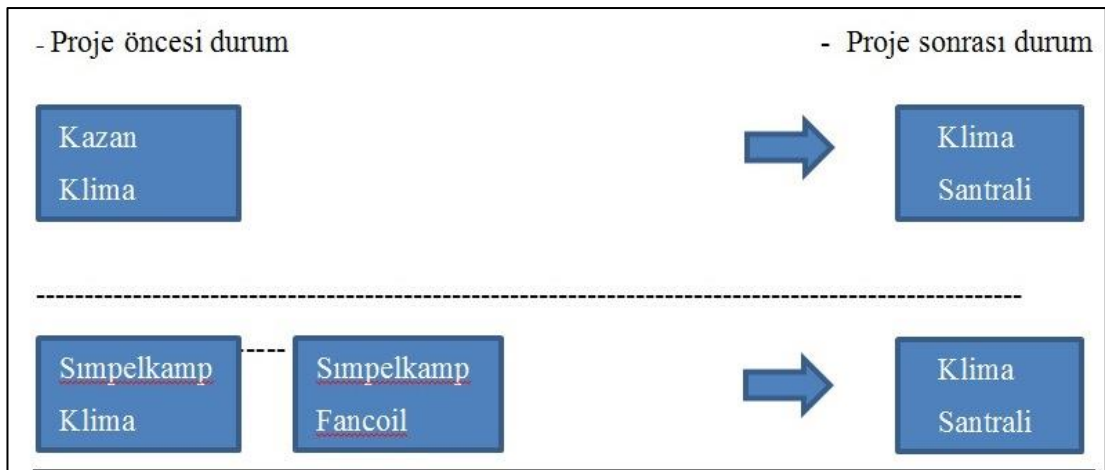
Proje kapsamında by-pass hattından atmosfere salınan sıcak baca gazı miktarı minimize edilerek, kızgın yağ kazanında maksimum düzeyde kızgın yağ elde edilmiştir. Proje öncesi durumda kızgın yağ kazanı kapasitesinin yüksek olmasına rağmen, kızgın yağ ihtiyacı düşük olduğu için gaz türbini egzoz gazlarının belli bir miktarı (mevsimsel şartlara göre egzoz gazı kullanım oranı) atmosfere atılmaktaydı. Bu durum enerjinin kullanılmadan atmosfere atılması anlamına gelmekteydi.

Fabrikamızda 2 adet absorpsiyonlu chiller bulunmaktadır. Absorpsiyonlu chillerden biri 1,5 bar diğeri 6 bar basınçlı buhar ile çalışmaktadır. Kızgın yağdan elde edilen ısıyla buhar jeneratöründe buhar üretilmekte ve üretilen buhar absorpsiyonlu chillerde kullanılmaktadır. 6 bar basınçlı absorpsiyonlu chillerimizin tam yükte çalıştığında soğutma kapasitesi 2.326 kW'tır. Yaz şartlarında absorpsiyonlu chiller soğutma suyunun kullanılabileceği noktalardaki maksimum soğutma yükü 900 kW'tır. Bypass hattından atılan enerjiden maksimum düzeyde yararlanmak ve absorpsiyon chillerin kapasitesini artırarak kullanabilmek için gaz türbini giriş havasının ve elektrik pano odalarının soğutulmasında absorpsiyonlu chillerden elde edilecek soğuk su kullanılmaktadır. Proje öncesi durumda gaz türbini giriş havası soğutulmamaktaydı. Atmosferden alınan hava doğrudan gaz türbinine

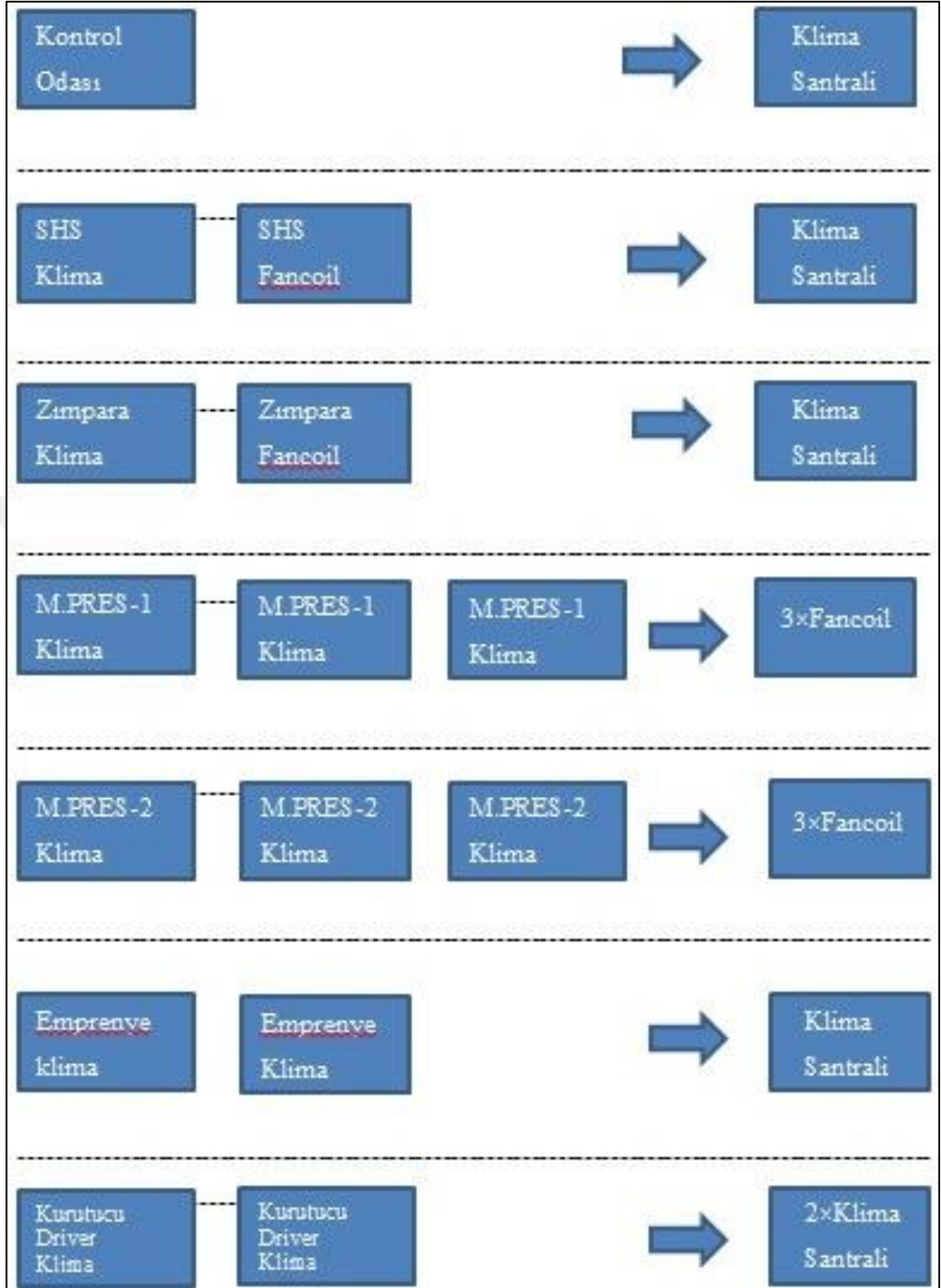
gönderilmekteydi. Ayrıca, proje öncesi durumda pano odaları kanallı tip ve split klima ile soğutulmaktaydı.

Not: Proje öncesi durumda pano odalarını soğutmak için kullanılan kanallı tip klima, salon tipi klima, split klima ve duvar tipi klima elektrik enerjisi harcayarak soğutma sağlayan cihazlardır. Fancoil ise absorpsiyonlu chiller ile elde edilen soğuk sudan faydalanılarak (cebri fanlı eşanjör prensibiyle) odanın soğutulmasını sağlamaktaydı. Fancoil elektrik enerjisi harcayarak soğutma sağlayan bir cihaz (klima) değildir. Proje öncesi küçük kapasiteli fan coiller yerine klima santrali kurularak yeni durumda birkaç oda birlikte soğutulmaktaydı.

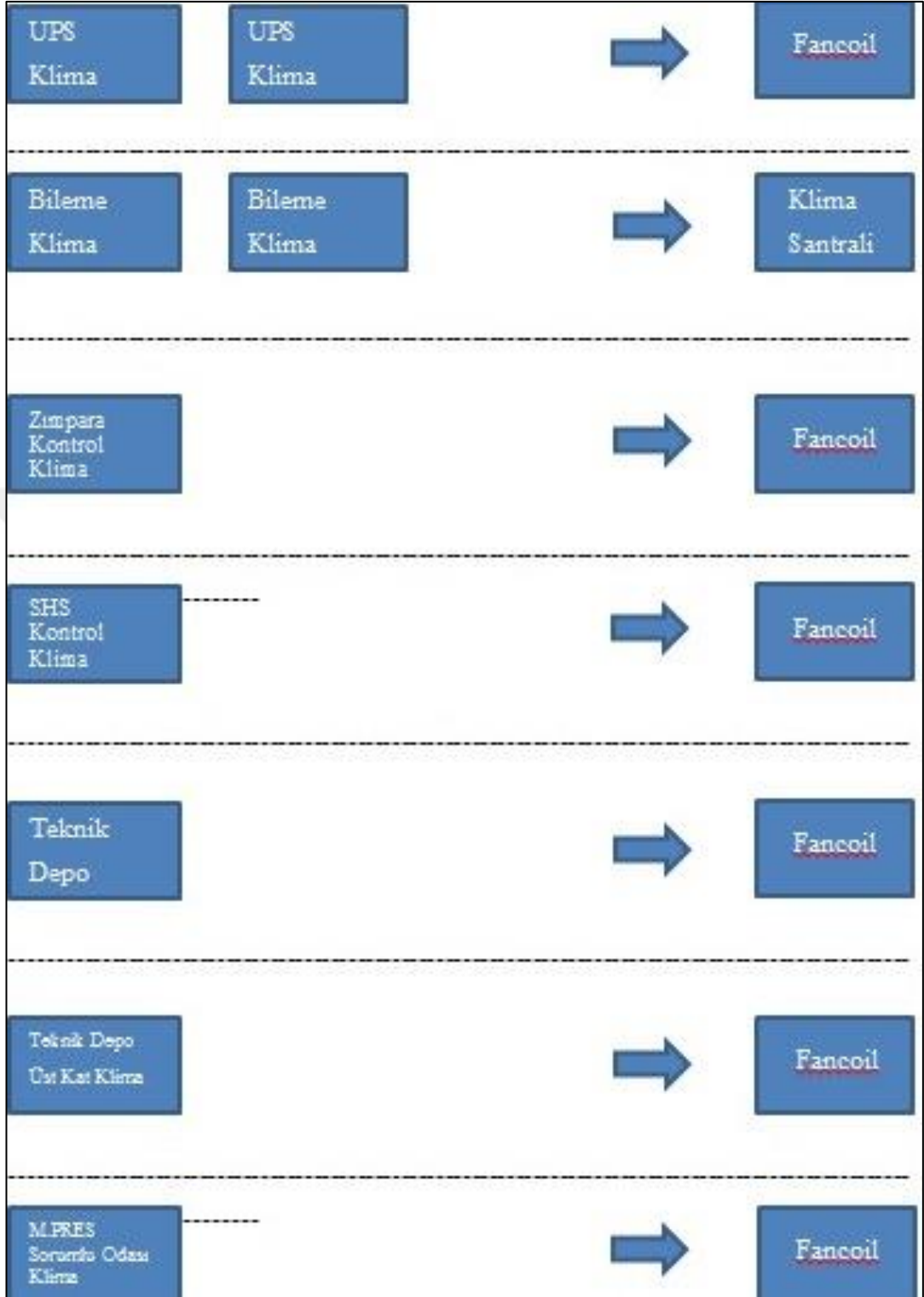
Bilindiği gibi kanallı tip ve split klimalar elektrik enerjisi tüketmektedir. Bir tarafta gaz türbini çıkışı egzoz gazı ısısı kullanılmadan atmosfere atılırken, diğer taraftan pano odalarının soğutulması için elektrik enerjisi kullanılmaktaydı. Bu proje ile gaz türbini egzoz gazının bir kısmı ile buhar jeneratöründen (kızgın yağ kazanı vasıtasıyla) buhar elde edilmekteydi. Bu proje kapsamında alınan eşanjör ve fancoillerle absorpsiyonlu chillerden gelen soğutma suyuyla gaz türbini giriş havası ve pano odaları soğutulmaktadır. Diğer bir ifadeyle, gaz türbini egzoz gazı atık ısısı kullanılarak gaz türbini giriş havası ve pano odaları soğutulmaktadır. Bu bağlamda atık ısı değerlendirilirken, elektrikle çalışan kanallı tip ve split klimaların devre dışı kalmasıyla elektrik tasarrufu sağlanmıştır.



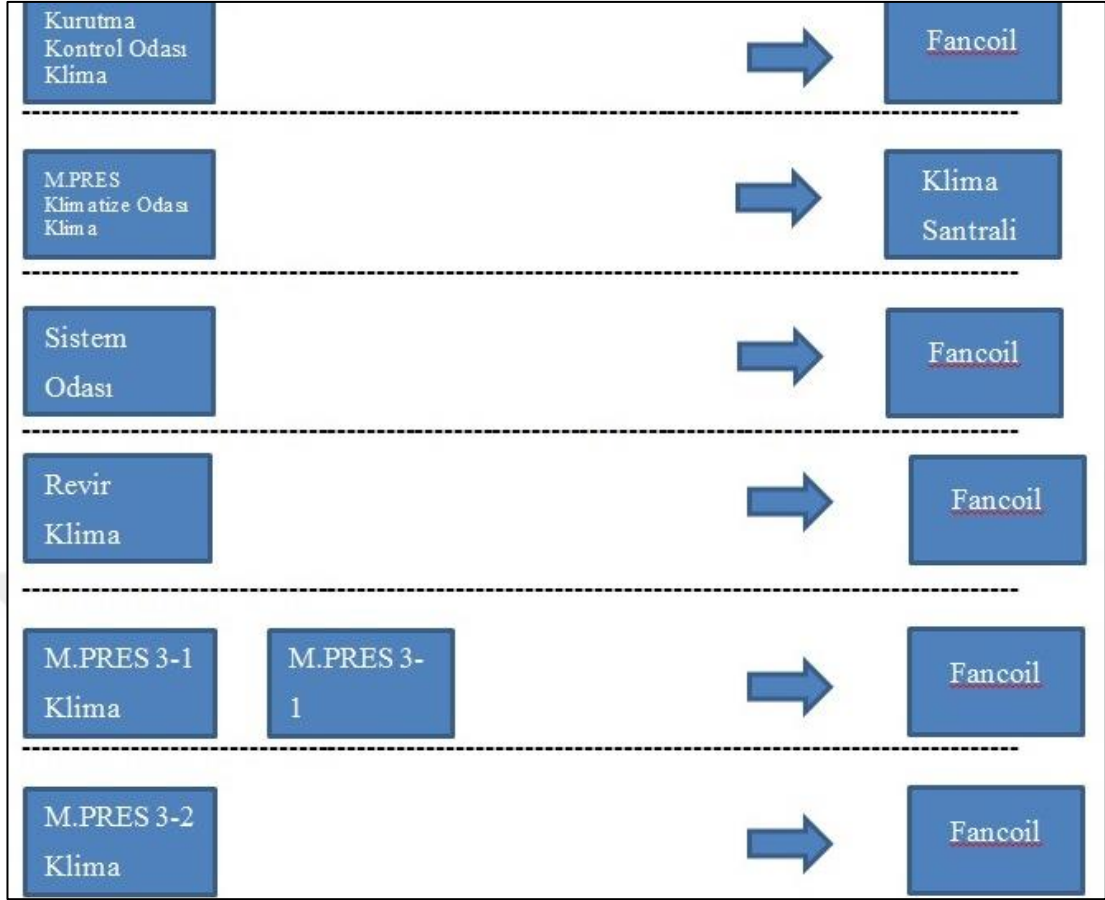
Şekil 4.2. Pano odalarındaki soğutucuların proje öncesi durumu ve proje uygulama sonrası durumu şematik resmi



Şekil 4.2. (Devam) Pano odalarındaki soğutucuların proje öncesi durumu ve proje uygulama sonrası durumu şematik resmi



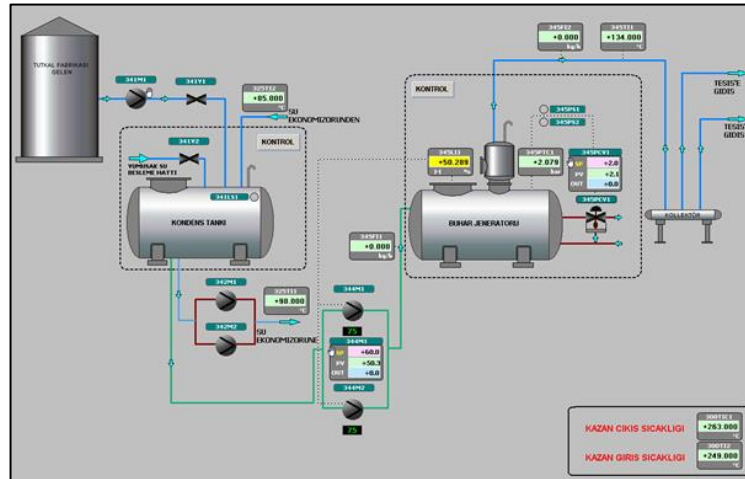
Şekil 4.2. (Devam) Pano odalarındaki soğutucuların proje öncesi durumu ve proje uygulama sonrası durumu şematik resmi



Şekil 4.2. (Devam) Pano odalarındaki soğutucuların proje öncesi durumu ve proje uygulama sonrası durumu şematik resmi

Gaz türbini giriş havası soğutulması için gerekli eşanjör ve boru hatları, pano odalarının soğutulması için fancoiller ve boru hatları yatırım maliyeti olarak proje bütçesine eklenmiştir.

Buhar jeneratörü scada ekranı Şekil 4.6' da verilmiştir.



Şekil 4.3. Buhar jeneratörü scada ekranı

Uygulanan bu projede, mevcut absorpsiyonlu chillerden elde edilecek soğutma suyu kullanılarak gaz türbini giriş havası ve elektrik pano odalarının soğutulması bypass bacasından atılan atık ısı ile sağlanmıştır.



Şekil 4.4. Uygulama sonrası fotoğrafı




Şekil 4.5. Uygulama sonrası fotoğrafı



Şekil 4.6. Uygulama sonrası fotoğrafı

4.2. Vap Uygulaması Sonrası Sisteme Ait Bilgiler

Yeni uygulamaya ait teknik veriler aşağıda sunulmuştur.



SKY ENDÜSTRİ SİSTEMLERİ ENERJİ SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ.
Tel: +90 216 357 55 97
Gsm: +90 532 416 94 01
www.skyene.com
info@skyene.com
Ataşehir / İstanbul / TURKEY

TEKLİF Tarih: 09/10/2013
Teklif No: T025R4/2013-01
KASTAMONU ENTEGRE AĞAÇ SAN. ve TİC. A.Ş.
Sn. Bülent ORAL

**GAZ TÜRBİNİ GİRİŞ HAVASI İÇİN SOĞUTMA BATARYASI KULLANIMLI
SOĞUTMA ÜNİTESİ TEKLİFİ**

1. İŞİN KAPSAMI

83.000 m³/h giriş hava debisindeki bir adet Solar Taurus 70 model gaz türbininin giriş hava sektörünün önünde mevcut bulunan petekli sistem evaporatif soğutma ünitesinin yerinden alınarak bulunduğu yere 7/12 C rejimli soğuk su kullanımlı konvansiyonel tip soğutma ünitesinin kurulumu yapımı içinde proje, dizayn, imalat, montaj, mevcut türbine entegrasyonu sağlama ve devreye alma işlemlerini kapsar.

2. KURULUM

Soğuk su kullanımlı soğutma sistemi için bir gruptan oluşan soğutucu batarya filtre evi önünde gelecek şekilde yerleştirilecektir. Filtre evinin diğer tarafındaki açıklık kapama sacı ile kapatılacak ve içeriyi girilebilmesine imkan tanımak üzere bir adet kapı yerleştirilecektir.

Soğutucu bataryanın çalışma ağırlığı 2.650 kg olup, gerekli olması halinde altına taşıyıcı konstrüksiyon yapılması ve batarya önü yürüme yolunun öne kaydırılması işlemi işverence üstlenilecektir.

3. DÖKÜMANTASYON

Soğutma sistemine ilişkin dış görünüş çizimleri, yerleşim planı ve entegrasyon çizimleri verilecektir.

SKY Endüstri Sistemleri Enerji San. ve Tic. Ltd. Şti.
Tel: +90 216 357 55 97
Gsm: +90 532 416 94 01
www.skyene.com
info@skyene.com

Fetih Mah. Libadiye Cad. Yenisehir Sok.
Garanti Sit. Zambak Apt. A-2 No:16
Ataşehir / İstanbul / TURKEY

Şekil 4.7. Vap uygulaması sonrası sistem bilgileri



4. DİZAYN DEĞERLERİ

Giriş havası: 83.000 m³/h,
Dış hava dizayn şartları: 35 C , % 50 Rh
Yer: Balıkesir
Soğutma Kapasitesi: 1.090 Kw / 937.400 Kcal/h
Soğutucu akışkan: 7 / 12 C (İdarece temin edilecektir)
Batarya sonrası hava çıkışı: 14,5 C
Hava tarafı basınç kaybı: 250-280 Pa.
Su tarafı basınç kaybı: 0,5 bar
Gerekli su debisi: 196 m³/h
Batarya çalışma ağırlığı: 2.650 Kg

Soğuk su temini için gerekli pompa: V =210 m³/h debide , Hm:12 mss. Basma yüksekliğinde 1450 d/d yaklaşık 11 Kw (İdarece temin edilecektir)

Bataryaya getirilecek suyun yaklaşık 40 -50 metre mesafede olduğu kabul edilerek pompa basması değerlendirilmiştir.

Batarya çıkış havası kontrolü için isteğe bağlı olarak hava çıkış sıcaklık termostadı, buna bağlı çalışan oransal kontrollü iki yönlü vana / pompanın devrini ayarlayacak frekans invertörlü düzenek ve pano idarece temin edilecektir.

Soğuk su devresine monoetilen glkol İdarece temin edilip konulmalıdır. (%20 oranında)

5. SOĞUTUCU BATARYA ÖZELLİKLERİ

Soğutma sistemi ölçüleri: 2.800 x 3.950 x 1.040 mm (filtre ve damla tutucu ünite ile birlikte)
Malzeme: Bakır borulu, alüminyum kanatlı, paslanmaz çelik çerçeveli batarya

6. SAHA ŞARTLARI

İşletmeden beklenen işler,

- Chiller soğutma suyu geliş/gidiş hatlarının batarya girişlerine kadar getirilmesi
- Gerekli olması halinde bataryaların altına taşıyıcı konstrüksiyon düzeneğinin hazırlanması ve batarya önü yürüme yolunun öne kaydırılması (Soğutma sistemi mevcut evaporatif soğutma sistemi alınarak bulunduğu yere konulacağı için büyük ihtimalle ek düzeneğe gereksinim olmayacaktır)
- Bataryanın bulunduğu yere güç temini.
- Soğuk su giriş ve çıkış hatlarının bataryaya bağlanması (flanşlı bağlantı yapılacaktır)

SKY Endüstri Sistemleri Enerji San. ve Tic. Ltd . Sti.
Tel: +90 216 357 55 97
Gsm: +90 532 416 94 01

Fatih Mah. Libadiye Cad. Yenisehir Sok.
Garanti Sit. Zambak Apt. A-2 No:16
Atasehir / Istanbul / TURKEY

Şekil 4.7. (Devam) Vap uygulaması sonrası sistem bilgileri



7. GARANTİ

7.1-Malzeme Garantisi

Sistemde kullanılacak tüm malzeme ve ekipmanların garantisi kurulumu müteakip 24 aydır.

7.2-Performans Garantisi

Sıcaklık düşüşü: 35 C, % 50 RH şartlarındaki giriş havası 14,5 C'ye düşürülecektir.(7/12 C soğuk su rejiminde)

8. TEKLİF FİYATI ve ÖDEME

1 adet Taurus 70 türbini için fiyat 48.500 Euro'dur.

Ödeme Planı:

Siparişte % 40
Malın sahaya tesliminde %50
Devreye almada %10 şeklindedir.

TL yapılacak ödemelerde ödeme gününe ait TCMB döviz satış kuru esas alınacaktır.

Soğutma bataryası, kapama sacı ve kapsına ilişkin projelendirme, imalat, sahaya intikal, kurulum, filtre evine entegrasyon, devreye alma ve ilgili personele verilecek 2 günlük eğitim fiyat kapsamında yer almaktadır.

Bu teklif, Kastamonu Entegre Ağaç yetkililerince tarafımıza ulaştırılan filtre evi teknik çizimleri, türbin spesifikasyonları, saha şartları ve diğer özellikler esas alınarak hazırlanmıştır.

Teklifin geçerlilik süresi teklif tarihini müteakip 30 gündür.

9. TESLİMAT ve DEVREYE ALMA

Soğutma sistemi siparişin verilmesi ve ön ödemenin yapılmasını müteakip 9-10 hafta içinde tüm testleri yapılmış ve çalışır şekilde teslim edilecektir.

Sistemin devreye alınabilmesi için soğutucu bataryalara 7/12 C soğuk su temininin işletmece yapılmış olması ve işletme tarafından isteğe bağlı olarak konulacak otomasyon ekipmanlarının montajının tamamlanmış olması gerekmektedir.

SKY Endüstri Sistemleri Enerji San. ve Tic. Ltd . Sti.
Tel: +90 216 357 55 97
Gsm: +90 532 416 94 01
www.skyene.com
Info@skyene.com

Fatih Mah. Libadiye Cad. Yenisehir Sok.
Garanti Sit. Zambak Apt. A-2 No:16
Atasehir / Istanbul / TURKEY

Şekil 4.7. (Devam) Vap uygulaması sonrası sistem bilgileri

Uygulama sonrası yapılan ölçümler Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Uygulama sonrası alınan ölçüm sonuçları

	Parametreler		Ölçülen Değerler	
	KEAS/ GAZT ÜRBİN /01	Türbin doğalgaz tüketimi	2.109	Sm ³ /h
	Türbin elektrik üretimi	6.970	kW	
	Türbin hava giriş sıcaklığı	13	°C	
	Sirkülasyon pompa gücü	4,8	kW	
KEAS/ KLİM A/01	Soğutma suyu debisi	46,33	m ³ /h	
	Su gidiş sıcaklığı	10,7	°C	
	Su dönüş sıcaklığı	16,1	°C	
	Sirkülasyon pompa gücü	11,4	kW	
KEAS/ KLİM A/01	Pano Odası	Çekilen Aktif Güç (kW)	Pano Odası	Çekilen Aktif Güç (kW)
	Kazan	1,5	UPS	0,32
	Simpelkamp	1,85	Bileme Atölyesi	1,5
	Kontrol Odası	1,5	Zımpara Kontrol Odası	0,108
	SHS	0,91	SHS Kontrol Odası	0,059
	Zımpara ADP	1,45	Teknik Depo	0,087
	M.Pres 1 Panoları	1,14	Teknik Depo Üst Kat	0,108
	M.Pres 2 Panoları	1,14	M.Pres Sorumlu Odası	0,108
	M.Pres 3-1	1,5	Kurutma Kontrol Odası	0,087
	M.Pres 3-2	1,5	M.Pres Klimatize Oda	3
	Emprenye	1,5	Sistem Odası	0,38
	Kurutucu Driver Odası	0	Revir	0,087
	Toplam	13,99	Toplam	5,844
Genel Toplam			19,834	

4.3. Ölçümlerde Kullanılan Ölçüm cihazları ve Kalibrasyon Bilgileri

Ölçümlerde kullanılan enerji analizörü, ultrasonik debimetre ve sıcaklık ölçere ait cihaz ve kalibrasyon bilgileri Tablo 4.2.'de verilmektedir.

Tablo 4.2. Uygulama sonrası ölçümlerde kullanılan cihazların özellikleri ve kalibrasyon sertifika bilgileri

Sıra	Ölçüm Cihazı Adı	Marka/Model	Seri No	Son Kalibrasyon Tarihi
1	Enerji Analizörü	Fluke 435	21303109	02.12.2015
2	Ultrasonik debimetre	GE PT878	PT7-7178E	12.07.2016
3	Sıcaklık ölçer	Testo 435	02325028	27.07.2016

Tablo 4.3. Proje Bileşenleri İcmal Tablosu Uygulama Öncesi

Uygulama Öncesi Projede Öngörülen Değerler					Proje Kodu	VAP-2014/01	
Proje Verimlilik Bileşenleri							
Bileşen Kodu	Bileşen / Proje Hazırlama Bedeli (TL)	BEK (kW)	BEEK (kW)	YİS (h)	Bileşen Yıllık Enerji Kazancı (kWh)	Bileşende Kullanılan Enerjinin Birim Fiyatı (TL/kWh)	Bileşen Mali Tasarrufu (TL)
KEAS/GAZ TÜRBİN/01		513,24	-	3.815,33	1.958.179,29	0,07813	152.992,56
KEAS/GAZ TÜRBİN/01		-	7.7128	3.815,33	29.426,953	0,1926	5.667,631
KEAS/KLİMA/01		-	79,67	8.050,00	641.343,50	0,1926	123.522,76
Proje Yerinden Üretim Bileşenleri							
Bileşen Kodu	Bileşen / Proje Hazırlama Bedeli (TL)	Kurulu Kapasite (kW)	Yıllık İşletme Süresi (h)	Yıllık Üretim (kWh)	Proje Yerinden Üretim Bileşen Bedeli (PYÜB) (TL)		
Proje Hazırlama Bedeli (TL)							
TOPLAMLAR	Proje Verimlilik Bileşenleri Bedeli (PVBB) (TL)	Proje Enerji Kazancı (PEK) (kWh)	Proje Elektrik Enerjisi Kazancı (PEEK) (kWh)	Proje Mali Tasarrufu (PMT) (TL)			
	555.096,00	1.958.179,29	611.916,547	270.847,689			

Tablo 4.4. Proje Bileşenleri İcmal Tablosu Uygulama Sonrası

Uygulama Sonrası Gerçekleşen Değerler							Proje Kodu	VAP-2014/01		
Proje Verimlilik Bileşenleri										
Bileşen Kodu	Bileşen / Proje Hazırlama Bedeli (TL)	BEK (kW)	BEEK (kW)	YİS (h)	Bileşenin Yıllık Enerji Kazancı (kWh)	Bileşende Kullanılan Enerjinin Birim Fiyatı (TL / kWh)	Bileşen Mali Tasarrufu (TL)	Bileşende tasarruf edilen enerji	Bileşende tasarruf edilen enerji miktarı	
KEAS/GAZ TÜRBİN/01		644,55746	-	3.815,33	2.459.199,41	0,0855	210.261,55	Doğalgaz	2.434.522,38 kWh	
KEAS/GAZ TÜRBİN/01		-	6,46786	3.815,33	24.677,03	0,2098	-5.177,24	Elektrik		
KEAS/KL İMA/01		98,126	98,126	8.050,00	789.914,30	0,2098	165.724,02	Elektrik	698.144,30 kWh	
KEAS/KL İMA/01		-11,4	-11,4	8.050,00	91.770,00	0,2098	-19.253,35	Elektrik		
Uygulanması Yapılmayan Proje Verimlilik Bileşenleri										
Proje Yerinden Üretim Bileşenleri										
Bileşen Kodu	Bileşen / Proje Hazırlama Bedeli (TL)	Kurulu Kapasite (kW)	Yıllık İşletme Süresi (h)	Yıllık Üretim (kWh)	Proje Yerinden Üretim Bileşen Bedeli (PYÜB) (TL)					
Proje Hazırlama Bedeli (TL)										
TOPLAMLAR	Proje Verimlilik Bileşenleri Bedeli (PVBB) (TL)	Proje Enerji Kazancı (PEK) (kWh)	Proje Elektrik Enerjisi Kazancı (PEEK) (kWh)	Proje Mali Tasarrufu (PMT) (TL)						
	495.520,08	2.459.199,41	673.467,27	351.554,98						

4.4. Uygulama Sonrasi Hesaplamalar

Gaz Türbini Giriş Havaşı Soğutma Yüğü Hesabı;

Pompa gücü (Ağustos ayı için)=4,8 kW

Tablo 4.5. Aylara göre soğutma suyu pompa güçleri ve enerji tüketimleri

Aylar	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	TOPLAM
Pompa Gücü(kW)	4,153	9,893	11,165	4,800	7,573	1,588	-
Aylık Çalışma Saati (h)	696,67	654,00	604,67	640,67	593,33	626,00	3.815,33
Pompaların Enerji Tüketimleri(kWh)	2.893,27	6.470,02	6.751,14	3.075,22	4.493,29	994,09	24.677,03

Pompaların yıllık enerji tüketimi= 24.677,03 kWh

Elektrik Birim Maliyeti= 0,2098 TL

Tüketimin Mali Değeri=24.677,03 [kWh]×0,2098 [TL]=5.177,24 TL/yıl (4.1)

Gaz türbini giriş havasının soğutulması ile yapılacak enerji tasarrufu ağustos ayına ait örnek hesap;

Uygulama öncesi;

Türbin verimi, “Proje Başvuru Dosyası”ndaki değerler kullanılarak İnterpolasyon yöntemiyle hesaplanmıştır.

Tablo 4.6. Gaz Türbine Ait Verim-Sıcaklık Bilgileri

Engine Inlet Air Temperature (T1)	°C	-5	0	10	15	20	35
Nominal Electrical Efficiency	%	34,02	33,83	33,34	33,06	32,66	30,77

Ağustos Ayı için Uygulama Öncesi Verim=32,0968 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.7. Uygulama Öncesi türbin verimi ve doğalgaz tüketim miktarı

	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM
Uygulama Öncesi Verim*	32,8294	32,3366	32,0589	32,0968	31,14056	32,9939
Güç kW	6.682,41	6.521,74	6.414,19	6.531,14	6.692,14	6.869,95
Aylık Çalışma Saati (h)	696,67	654,00	604,67	640,67	593,33	626,00

Uygulama sonrası;

Türbin Hava Giriş Sıcaklığı=13°C

Türbin Doğalgaz Tüketimi=2.109 Sm³/h= 20.231,69 kW

Türbin Elektrik Üretimi=6.970 kW

$$\text{Yeni Verim} = \left(\frac{6.970 \text{ kW}}{(20.231,69) \text{ kW}} \right) = \%34,45 \quad (4.2)$$

Elde Edilecek Aylık Enerji Tasarruf Miktarı=

$$\text{Uygulama Öncesi Durum-Uygulama Sonrası Durum} \quad (4.3)$$

$$\text{Uygulama Öncesi Tüketim} = 6.531,14 \text{ (kW/ay)} / 0,320968 = 20.348,26 \text{ kW/ay} \quad (4.4)$$

$$\text{Uygulama Sonrası Tüketim} = 6.531,14 \text{ (kW/ay)} / 0,3445 = 18.958,32 \text{ kW/ay} \quad (4.5)$$

Elde Edilecek Aylık Tasarruf Miktarı=

$$20.348,26 \text{ (kW/ay)} - 18.958,32 \text{ (kW/ay)} = 1.389,94 \text{ kW/ay} \quad (4.6)$$

Elde Edilecek Aylık Enerji Tasarruf Miktarı=

$$1.389,94 \text{ (kW)} \times 640,67 \text{ (h)} = 890.492,86 \text{ kWh/ay} \quad (4.7)$$

Elde Edilecek Aylık Enerji Tasarruf Mali Değeri=

$$890.492,86 \text{ (kWh/ay)} \times 0,0855 \text{ (TL/kWh)} = 76.137,14 \text{ TL/ay} \quad (4.8)$$

Tablo 4.8. Toplam tasarruf miktarları

	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	Tasarrufun Toplam Değerleri
Güç (kW)	6.682,41	6.521,74	6.414,19	6.531,14	6.692,06	6.869,95	
Aylık Çalışma Saati (h)	696,67	654,00	604,67	640,67	593,33	626,00	
Tasarruf Gücü (kW)	157,355	456,2932	620,6336	1.389,94	1.263,0894	57,4424	
Doğalgaz Birim Fiyatı (TL/kWh)	0,0855	0,0855	0,0855	0,0855	0,0855	0,0855	
Aylık Enerji Tasarrufu (kWh)	109.624,51	298.415,75	375.278,52	890.492,86	749.428,83	35.958,94	2.459.199,41
Aylık Enerji Tasarrufunun Mali Değeri (TL)	9.372,90	25.514,55	32.086,31	76.137,14	64.076,16	3.074,49	210.261,55

Toplam tasarruf miktarı ;

Doğalgaz Birim Fiyatı= 0,0855 TL/kWh

Elde Edilecek Yıllık Enerji Tasarrufunun Mali Değeri=

Elde Edilecek Yıllık Enerji Tasarrufu×Doğalgaz Birim Fiyatı (4.9)

Elde Edilecek Yıllık Enerji Tasarrufunun Mali Değeri=

2.459.199,41 [kWh/yıl]× 0,0855 [TL/kWh]=210.261,55 TL/yıl (4.10)

Elde Edilecek Net Enerji Tasarrufunun Mali Değeri=

Gaz türbini giriş havası soğutma tasarrufu maliyeti-Pompa tüketimi maliyeti (4.11)

=210.261,55 $\frac{TL}{yıl}$ -5.177,24 $\frac{TL}{yıl}$ =205.084,31 $\frac{TL}{yıl}$ (4.12)

Pano odalarının absorpsiyonlu chiller ile soğutulmasıyla elde edilen enerji tasarrufu;

Uygulama Öncesi Klima ve Fancoillerin Çektiği Toplam Aktif Güç=117,96 kW

Yeni Klima Santralleri ve Fan Coillerin Çektiği Aktif Güç=19,834 kW

Pano odalarının absorpsiyonlu chiller ile soğutulmasıyla elde edilecek güç tasarrufu=

(Uygulama öncesi klima ve fancoillerin çektiği aktif güç)-

$$(Yeni fancoillerin çektiği aktif güç) \quad (4.13)$$

$$=117,96 \text{ [kW]}- 19,834 \text{ [kW]}=98,126 \text{ kW} \quad (4.14)$$

Pano odalarına absorpsiyonlu chillerden su göndermek için gerekli pompa gücü;

$$Pompa gücü=11,4 \text{ kW}$$

Pano Odalarının Absorpsiyonlu C. İle

Soğutulmasıyla Elde Edilecek Net Güç Tasarrufu=

$$98,126 \text{ kW}-11,4 \text{ kW}=86,726 \text{ kW} \quad (4.15)$$

Klimaların yıllık çalışma saati=8.050 h/yıl

Sağlanacak yıllık net enerji tasarrufu=

$$86,726 \text{ [kW]} \times 8.050 \text{ [h/yıl]}=698.144,30 \text{ kWh/yıl} \quad (4.16)$$

Elektrik Birim Maliyeti= 0,2098 TL/kWh

Tasarrufun Mali Değeri=

$$698.144,30 \text{ [kWh/yıl]} \times 0,2098 \text{ [TL/kWh]}=146.470,67 \text{ TL/yıl} \quad (4.17)$$

Gaz Türbini Giriş Havaasının ve Pano Odalarının Absorpsiyonlu Chiller ile Soğutulması Projesi İçin Toplam Değerler ;

Tasarrufun Mali Değeri_{toplam} =

$$\text{Pano Odaları Tasarruf Değeri} \left[\frac{\text{TL}}{\text{yıl}} \right] + \text{Gaz Türbini Tasarruf Değeri} \left[\frac{\text{TL}}{\text{yıl}} \right] \quad (4.18)$$

Tasarrufun Mali Değeri_{toplam} =

$$146.470,67 \left[\frac{\text{TL}}{\text{yıl}} \right] + 205.084,31 \left[\frac{\text{TL}}{\text{yıl}} \right] = 351.554,98 \text{ TL/yıl} \quad (4.19)$$

Yatırım Maliyeti_{toplam} =495.520,08 TL

$$\text{Basit Geri Ödeme Süresi} = \frac{495.520,08 \text{ [TL]}}{351.554,98 \text{ [TL/yıl]}} = 1,41 \text{ yıl} \quad (4.20)$$

Yıllık çalışma süresi hesabı;

Son üç yıllık bakım çizelgeleri incelendiğinde pano odası klimalarının yıllık ortalama 8.050 saat çalıştığı görülmektedir.

Gaz türbinin giriş havasının soğutulması gereken süre yıllık 3.815,33 saattir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gaz türbini emiş havası soğutularak gaz türbini verimi %32,09'dan %34,45'e arttırılmış, doğalgaz tüketimi yıllık 2.459.199,41 kWh azaltılmıştır. Emiş havası daha temiz ve şartlandırıldığından dolayı bakım masrafları azaltılmıştır. Sıcak havalarda türbinin devre dışı kalması engellenerek üretim kesintileri ve kayıpları minimize edilmiştir.

Bu çalışma ve benzer çalışmalar göstermiştir ki enerji tasarrufu önemli bir kavramdır. Ancak enerji verimliliği de en az tasarruf kadar önem arz etmektedir. Ülkemiz enerji kaynakları noktasında dışa bağımlı ve kullanımı noktasında da bir o kadar savurgandır. Genelde tasarruf kavramının yanında yatırım yapılarak spesifik enerji tüketimleri düşürülmeli ve orta uzun vadede geri dönüşleri takip edilmelidir. Emiş havasının soğutulması ile verimliliğin arttırılması basit prensibinden yola çıkılarak ne kadar etkili bir proje ve kısa geri dönüşünün olduğu görülmüştür. Bu prensip kompresörler, gaz motorları, içten yanmalı motorlarda vb. sistemlerde kolaylıkla uygulanabilir ve bu sistemlere atık ısı absorpsiyon chiller sistemleri ya da yenilenebilir enerji kaynakları ile elde edilen herhangi bir soğutma makinaları yardımıyla entegre edilmesi ile verim artışı izlenebilir.

KAYNAKLAR

Ashrae A.H., *HVAC Systems and Equipment*, Ashrae Handbook, Atlanta, 2000.

Böhringer H., Pratt G.W., Finoguenov A., Schuecker P., *Heating Versus Cooling in Galaxies and Clusters of Galaxies*, Springer, Berlin, 2007.

Flin M.D., Combustion Turbine Inlet Air Cooling, *Energy&Cogeneration World*, September 2004.

Kreider J.F., *Handbook of Heating: Ventilation and Air Conditioning*, CRC Press, New York, 2000.

Petchers N., *Combined Heating Cooling and Power Handbook: Technologies & Applications*, The Fairmont Press, Lilburn, 2003.

Stewart W.E.Jr., *Designing for Combustion Turbine Inlet Air Cooling Systems*, Ashrae Transactions, Atlanta, 1999.

URL-1:<https://www.broadeu.com/en/uploads/145/BROAD%20non-electric%20chiller%20model%20selection%20catalog.pdf>

URL-2:<https://www.friterm.com/Uploads/Document/e4e4d2d0-6fe1-445e-906b-cd4657691a33.pdf?v-636865504400000000>

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Demiral E., Eyidoğan M., Gaz Türbini Giriş Havaşının Absorbsiyonlu Chiller ile Soğutulmaşının Gaz Türbini Performansına Etkisi, *İmascon 2019*, Kocaeli, Turkey, 26-28 April, 2019.



ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Balıkesir’ de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Balıkesir’ de tamamladı. 1997 yılında girdiği Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden 2002 yılında mezun oldu. Lisans bitirme tezini Lazer ile kesim teknolojileri ve GDI motorları üzerine yaptı. 2004-2005 yılları arasında Çelmak Ltd. Şti. şirketinde Üretim Şefi, 2005 yılından beri halen Kastamonu Entegre Ağaç San. Tic. A.Ş. şirketinde Mekanik Bakım ve Yard. İşl. Kıdemli Şefi olarak çalışmaktadır. 2017 yılında İşletme Yüksek Lisansını tamamladı.

