

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SANAYİDE ATIK ISIDAN YARARLANMA
YÖNTEMLERİ**

Makina Müh. Aslı TARAKCIOĞLU

**FBE Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Doğan ÖZGÜR
Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Eyüp AKARYILDIZ
Doç. Dr. Nurten VARDAR

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	vi
KISALTIMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Sanayide Isı Geri Kazanımı	2
1.2 Atık Isıdan Faydalanma Teknikleri	3
1.3 Atık Isının Kullanımı	4
2 ATIK ISIDAN YARARLANMA SİSTEMLERİ	7
2.1 Atık Isıdan Doğrudan Yararlanma Sistemleri	7
2.2 Atık Isıdan Dolaylı Yararlanma Sistemleri	7
2.3 Atık Isı Geri Kazanım Cihazları ve Sınıflandırılması	8
2.3.1 Rejenerötör	9
2.3.1.1 Sabit Kanatlı Rejeneratör	9
2.3.1.2 Döner Rejeneratör	12
2.3.2 Reküperatörler	15
2.3.2.1 Isı Taşınımı Ağırlıklı Reküperatörler	15
2.3.2.2 Isı Işınımı Ağırlıklı Reküperatörler	18
2.3.2.3 Kombine Reküperatörler	19
2.3.3 Isı Borulu Sıcaklık Değiştiricileri	19
2.3.4 Spiral Isı Değiştiricileri	22
2.3.5 Gaz.Sıvı Isı Değiştiricileri	23
2.3.5.1 Kanatçıklı Borulu Isı Değiştiricileri	24
2.3.5.2 Atık Isı Kazanları	25
2.3.5.2.1 Duman Borulu Atık Isı Kazanları	25
2.3.5.2.2 Su Borulu Atık Isı Kazanları	28
2.3.5.3 Ekonomizerler	29
2.3.5.4 Kızdırıcılar	31

2.4	Bacaya Atılan Sıcak Duman Gazlarından Yararlanma Yöntemleri	32
2.5	Flaş Buhardan Isı Geri Kazanım Yöntemleri	34
3	KOJENERASYON	37
3.1.	Kojenerasyon ve Kojenerasyon Yaklaşımları	38
3.1.1	Merkezi İstasyonlu Buhar Ve Elektrik Üretimi	39
3.1.2	Endüstriyel Tesisler	40
3.1.3	Toplam Enerji Sistemleri	40
3.2	Buhar Türbini Kojenerasyonu	41
3.3	Atık Isı Kullanımlı Gaz Türbin Kojenerasyonu	41
3.4	Ana Makinalar	42
3.4.1	Gaz Türbinleri	42
3.4.2	Motorlar	43
3.4.3	Buhar Türbinleri	44
3.5.	Kombine Çevrim	45
3.5.1	Kombine Elektrik ve Isı Üretim Sistemlerinin Temel Elemanları	45
3.6.	Gaz Türbinleri ile Gaz Motorlarının Karşılaştırılması	47
4	ŞİŞECAM TRAKYA BÖLGE SANTRALİNDE ATIK ISIDAN FAYDALANMA PROSESİ	49
4.1	Trakya Bölge Santrali Prosesi ve Çevrim Ana Makinaları	49
4.1.1	Prosesteki Gaz Türbinleri ve Çalışma Sistemi	51
4.1.2	Prosesteki Buhar Türbini ve Enerji Denklemi	53
4.1.3	Prosesteki Atık Isısından Faydalanılan Baca Gazının Nitelikleri ve Değerlendirilmesi	55
4.2	Kombine Çevrimde Kullanılan Besleme Suyunun Hazırlanma Prosesi	58
4.3	Trakya Bölge Santralindeki Kombine Çevrimde Atık Isıdan Faydalanma Prosesi ve Enerji Denklemi	60
4.3.1	Gaz Türbinleri Atık Isı Kazanları	62
4.3.2	Cam Fırını Baca Gazı Atık Isı Kazanları	66
4.4	Trakya Bölge Santralinde Atık Isıyla Elde Edilen Enerjinin Kullanımı	70
5	ŞİŞECAM ÇAYIROVA BÖLGE SANTRALİNDE ATIK ISIDAN FAYDALANMA PROSESİ	72
5.1	Çayırova Bölge Santrali Kojenerasyon Çevrimi	72
5.1.1	Prosesteki Dizel Motorlar Ve Çalışma Sistemleri	74
5.2	Çayırova Bölge Santralinde Kojenerasyon Ünitesinde Atık Isıdan	

	Faydalanma Prosesi	75
5.2.1	Besleme Suyu Çevrimi	76
5.2.2	Egzost Gazı Çevrimi	79
5.3	Çevrimdeki Atık Isı Kazanları	80
5.3.1	Atık Isı Kazanlarının Start Up Ve Boşaltılması	81
5.3.2	Atık Isı Kazanlarının Temizlenmesi	83
5.3.3	Atık Isı Kazanlarının Otomatik Kontrolü	85
5.4	Çayırova Bölge Santralinde Atık Isıyla Elde Edilen Buharın Kullanımı	85
5.4.1	Atık Isıdan Üretilen Buhar İle Çalışan Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi Prosesinin İncelenmesi	86
5.4.1.1	Cam Elyaf Fabrikasındaki Atık Isı Absorbsiyonlu Soğutma Sistemlerinin Ekonomik Analizi	88
5.5	Çayırova Bölge Santrali Çevriminin Fizibilitesi	92
6	ŞİŞECAM ÇAYIROVA BÖLGE SANTRALİNDE ATIK ISIDAN FAYDALANMA PROSESİNE İLAVE SİSTEM ÖNERİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ ve FİZİBİLİTESİ	93
6.1	Şişecam Çayırova Bölge Santralinde Geri Kazanımı Yapılmayan Atık Isı Çıktıları ve Kullanılabilirlikleri	93
6.1.1	Flaş Buhar	94
6.1.2	Motor Ceket Soğutma Suyu	95
6.2	Atık Isıdan Faydalanma Prosesine İlave Sistem Önerileri ve Fizibiliteleleri	96
7	ŞİŞECAM OTOPRODÜKTÖR GRUBUNUN ISI GERİ KAZANIMI AÇISINDAN KENDİ ARASINDA DEĞERLENDİRİLMESİ	101
7.1	Sistemlerin Karşılaştırılması ve Genel Bilgiler	101
7.2	Şişecam Otoprodüktör Grubunun Isı Geri Kazanımı Açısından Değerlendirilmesi	102
8	SONUÇ	103
	KAYNAKLAR	104
	EKLER	105
Ek 1	Trakya Bölge Enerji Santralindeki Kombine Çevrimin ve Atık Isıdan Faydalanma Prosesinin Diyagram Paftası	106
Ek 2	Trakya Bölge Enerji Santrali Gaz Türbini Atık Isı Kazanlarının Proses Akış Şeması	107
Ek 3	Trakya Bölge Enerji Santrali Cam Fırınları Atık Isı Kazanlarının Proses Akış Şemaları	108

Ek 4	Çayırova Bölge Enerji Santralının Kojenerasyon Sistemindeki Isı Geri Kazanım Prosesinin Çevrimine Ait Yerleşim Düzeni	109
Ek 5	Çayırova Bölge Enerji Santralının Kojenerasyon Sistemindeki Isı Geri Kazanım Prosesinin Çevrimine Ait Akış Düzeni	110
Ek 6	Çayırova Bölge Enerji Santrali Atık Isı Geri Kazanım Sisteminin Besleme Suyu Çevrimi Diyagramı	111
Ek 7	Çayırova Bölge Enerji Santrali Atık Isı Kazanlarına ve Dramlara Ait Teknik Resimler	112
Ek 8	Çayırova Bölge Enerji Santrali Atık Isı Kazanlarına ve Dramlara Ait Boru Yerleşimi	113
ÖZGEÇMİŞ	114

SİMGE LİSTESİ

B	Yakıt miktarı (Kg / hız veya m ³ /hız)
c	Öz ısı (j/kg C)
COP	Soğutma performans katsayısı
d	Doğalgaz
Dk	Kılcal çap
e	Elektrik
Fk	Kılcal kapiler yüzey olmaktadır.
g	Gaz
H	Yükseklik (mm)
Hu	Yakıtın alt ısı değeri (Kcal / kg veya Kcal / m ³)
L	Boy (mm)
Lb	Borunun etkin boyu
m'	Debi(m ³ /h)
m abs	Absorbsiyonlu soğutma su debisi(m ³ /h)
m' kule	Soğutma kulesi su debisi(m ³ /h)
ηk	Kazan verimi
PH	Asit Baz yoğunluk değeri
PK	Performans Katsayısı
Q	Isı kapasite (kcal/h)
Sk	Soğutma kules
sm ³	Standart m ³
SPK	Soğutma performans katsayısı
W	Genişlik (mm)
Γ	Yüzey gerilimi
γ	Sıvının kinematik viskozitesi
ΔΓb	Buharlaşma entalpisi
ΔP	Basınç farkı(kpascal)
Δt	Sıcaklık farkı(C)

KISALTIMA LİSTESİ

ABAK	Grafikleştirilmiş Çizelge
AIK	Atık Isı Kazanları
BOTAŞ	Boru Hatları Petrol Taşıma Anonim Şirketi
CEF	Cam Elyaf Fabrikası
CFAIK	Cam Fırınları Atık Isı Kazanları
CHP	Kombine Elektrik ve Isı Üretim tesisleri
ÇBES	Çayırova Bölge Enerji Santrali
H.K.K.Z.	Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
TBES	Trakya Bölge Enerji Santrali
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEK	Türkiye Elektrik Kurumu

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Atık ısının tek kullanım yolu	5
Şekil 2.1	Sabit kanallı rejeneratör	10
Şekil 2.2	Hava soğutulması için kullanılan rejeneratör	11
Şekil 2.3	Döner tip hava ısıtıcıları	12
Şekil 2.4	Rejeneratörlerde kullanılan bazı kanal geometrileri	13
Şekil 2.5	Döner tip rejeneratörün dış görünüşü	14
Şekil 2.6	Isı taşınım ağırlıklı reküperatör	17
Şekil 2.7	Isı ışınımının esas olduğu reküperatör	18
Şekil 2.8	Termosifon sisteme göre çalışan ısı borusu	20
Şekil 2.9	Kılcal sisteme göre çalışan ısı borusu	20
Şekil 2.10	Spiral ısı değiştiricileri	23
Şekil 2.11	Kanatçıklı borulu ısı değiştirici	24
Şekil 2.12	Dikey tip duman borulu atık ısı kazanı	27
Şekil.2.13	Yatay borulu atık ısı kazanı	27
Şekil 2.14	Su borulu atık ısı kazanları	28
Şekil 2.15	Kondens tankı havalık borusu flaş buhar kaçağı	34
Şekli 2.16	Flaş buhar uygulaması	36
Şekil 3.1	Kojenerasyon uygulamalarından örnekler	37, 38
Şekil 3.2	Kojenerasyon formları	39
Şekil 3.3	Merkezi istasyon kojenerasyonu	40
Şekil 4.1	Trakya Bölge Santrali Binası	49
Şekil 4.2	Trakya Bölge Santrali Çevriminin şeması	50
Şekil 4.3	Trakya Bölge Santralindeki gaz türbinleri	52
Şekil 4.4	Trakya Bölge Santralindeki buhar türbini	54
Şekil 4.5	Trakya Bölge Santrali kombine çevrimi enerji akış şeması	62
Şekil 4.6	Sistemdeki gaz türbinleri atık ısı kazanları	63
Şekil.4.7	Gaz türbini 52 bar atık ısı kazanı anlık kontrol enerji akış diyagramından örnek	65
Şekil 4.8	Gaz türbini 8 bar atık ısı kazanı anlık kontrol enerji akış diyagramından örnek	65
Şekil 4.9	Sistemdeki cam fırını atık ısı kazanları	66, 67
Şekil 4.10	Cam fırını atık ısı kazanları iç görünüşleri, boru demetleri	68, 69
Şekil 4.11	Cam fırını atık ısı kazanları anlık kontrol enerji akış diyagramından örnek	70
Şekil 5.1	Çayırova Bölge Santrali binası	72
Şekil 5.2	Çayırova Bölge Santrali çevrim şeması	73
Şekil 5.3	Çayırova Bölge Santralindeki dizel motorlar	74
Şekil 5.4	Isı geri kazanım prosesinin besleme suyu ve kazan çevrim şeması	79

Şekil 5.5	Çayırova Enerji Santrali atık ısı kazanları	81
Şekil 6.1	Kojenerasyon tesisindeki flaş buhar konteynırı	94
Şekil 6.2	Kojenerasyon dizel motorlarının soğutma suyu anlık kontrol akış diyagramı	95
Şekil 6.3	Kojenerasyon motor ceket suyu kullanımıyla absorpsiyonlu soğutma öneri şeması	97
Şekil.6.4	Alternatif iki kademeli absorpsiyonlu soğutma ünitesi öneri şeması	100

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4.1	Kojenerasyon sistemi 1 bacasında yapılan emisyon ölçümleri	56
Çizelge 4.2	Sistemdeki bacaların nitelikleri	57
Çizelge 4.3	Sistemdeki gaz türbini atık ısı kazanlarının kanat dizaynları	64
Çizelge.5.1	Cam Elyaf A. Ş.'de Kasım 1999 - Ekim 2000 arası toplam buhar tüketimi	88
Çizelge 5.2	Şişecam Cam Elyaf A.Ş.'nin pistonlu kompresörler kullanılırken yaptığı yıllık harcama	89
Çizelge 5.3	Absorbsiyonlu soğutma makinelerinin alınmaması durumunda olacak enerji artışının maliyeti	90
Çizelge 5.4	Absorbsiyon makinesinin yıllık masrafı	90
Çizelge 5.5	Absorbsiyonla soğutma makinesinin ilk yatırım maliyeti	91

ÖNSÖZ

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, sanayi tesislerinde açığa çıkan atık ısının değerlendirilme sistemleri, alanları ve alternatiflerinin seçilmiş örnek işletmelerde incelenerek atık ısı kullanımının ekonomik ve çevresel faydaları ortaya konmuştur.

Bu çalışmada emeği geçen ve tezimin şekillenmesinde bana sabırla yol gösteren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Doğan Özgür'e, araştırmalarım esnasında desteklerini esirgemeyen Şişecam Otoprodüktör Grubu yönetici, mühendis ve teknisyenlerine, tezimin yazılması sırasında son derece büyük yardımları olan sevgili arkadaşım İlknur Polat'a, K.Arzu Aslanoğlu'na, S.Elif Müftüler'e ve değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, insanlığın daha müreffeh yaşamasını sağlayan bilimsel ve teknik çalışmalara imza atmış tüm bilim adamlarına saygılarımı sunuyorum.

İstanbul, 2006

ÖZET

Dünyada sınırlı olan enerji kaynakları, gelişen teknoloji ve artan nüfusla paralel olarak açığa çıkan yoğun enerji ihtiyacı yeni ve alternatif enerji arayışını gündeme getirmiştir. Ekonomik olarak enerji verimliliğinin artırılması sadece ithal enerjinin azaltılmasını sağlamaz aynı zamanda ilave yeni enerji kaynaklarının devreye sokulması için yapılacak büyük sermaye yatırımlarından daha caziptir. Enerji tasarrufu pahalı yatırımlardan daha çabuk ve ucuza elde edebilen bir enerji kaynağıdır.

Bu sebeple atık ısıdan enerji elde edilmesi ve bu enerjinin sanayiye kazandırılması son derece büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada atık ısıdan enerji elde edilme yöntemleri, bunların sanayi de kullanım alternatifleri, örnek olarak seçilen işletmelerin yapıları içerisinde atık ısıdan faydalanma prosesleri incelenmiş ve sistemin verimliliğini artırıcı öneriler ortaya konmuştur.

Anahtar Sözcükler: Atık ısı, atık enerji, ısı geri kazanımı, kojenerasyon, bileşik güç çevrimi

ABSTRACT

World's limited energy resources, development of technology and dense energy necessity which is growing parallelly with the increase of population; brought new alternative energy research into public attention. Economically, increasing the energy productivity doesn't just decrease the energy that we buy from other countries, it's more attractive than big capital enterprises to give a start to new energy saving is quicker and cheaper than expensive enterprises.

Because of this, obtaining energy from the waste heat and to bring this energy for the use of industry is really important. In this project; getting energy from the waste heat methods, alternatives of using them in industry, benefitting from researches from the waste heat processes of big enterprises and suggestions that make systems' productivity increase is talked about.

Keywords: waste heat, waste energy, heat recovery, cogeneration, combined power cycle.

1 GİRİŞ

Sanayinin bir çok alanında sıvı ve gaz prosesini tamamladıktan sonra yüksek miktarda enerji içerdiği halde atıl duruma gelmektedir. Aslında geliştirilen sistemlerle bu atıklar tekrar sanayiye kazandırılabilir. Ekonomik katkısının yanı sıra bu kazanç aynı zamanda çevre kirliliğini azaltan ve ekolojik dengenin bozulmasını engelleyen bir unsurdur.

Atık ısıdan gelişmiş ülkelerde endüstriyel enerjinin yaklaşık % 26'sı sıcak gazlar ve sıvılar biçiminde dışarı atılmaktadır. Bu kayıpları önlemek için en uygun yalıtım önlemlerinin alınması ile atık ısının asgariye indirilmesi ve kalan kısmının mümkün olduğu kadar değerlendirilmesi, geri kazanılması gerekmektedir. Bunları önemli ölçüde sanayiye tekrar kazandırmak için ısı boruları, eşanjörler, atık ısı kazanları gibi sistemlerden faydalanılır.

Atık ısıdan faydalanmak için gerekli olan sistemin ana projeye entegre edilmesinin ekonomik olabilmesi ancak, atık ısı miktarının yeterli seviyede ve uzun süreli olması mümkündür. Bu entegrasyonda akışkan debisi, sıcaklık, nem ve basınç gibi parametreler göz önünde bulundurulmalıdır. Buna rağmen sistemin kendini finanse edebilmesi için belli bir süre geçmesi gerekmektedir. Bu süreyi kısaltmak ekipmanın ısı geri kazanım veriminin yüksek olması ve düzenli bir şekilde işletilmesiyle mümkündür. Bu nedenle işletme şartları ve detaylara ilişkin parametreler de hesaplanmalıdır.

120 derece üzerindeki sıcaklıklarda bulunan atık ısıdan buhar eldesinde, elektrik üretiminde veya yanma işleminde kullanılır. Düşük sıcaklıktaki atık ise genellikle hacim ısıtması için uygundur.

Atık ısının geri kazanılması ekonomikliği çeşitli unsurlara bağlıdır. Atık ısı için aynı tesiste kullanma alanı olmalıdır, yeterli miktarda ve optimum sıcaklıkta atık ısı mevcut olmalıdır. Ayrıca ısı kaynağı ile kullanım yeri arasındaki uzaklığın fazla olması atık ısı kullanımını gereksiz hale sokabilir. Bunların yanısıra ısı geri kazanma sistemlerinin iç enerji ihtiyacı da ihmal edilmemelidir.

Bu çalışma esnasında Şişecam Otoprodüktör Grubu altında bulunan Çayırova ve Trakya Bölge Enerji Santralleri örnek işletmeler olarak seçilmiştir. Bu işletmelerden dizel motorlu kojenerasyon ünitesi olan Çayırova Bölge Enerji Santrali ve bileşik güç çevriminde çalışan

Trakya Bölge Enerji Santrallerinin atık ısı çıkışları, çıkan atık ısıdan enerji elde edilme prosesleri ve bu enerjilerin kullanımları incelenmiştir. Bunlara ek olarak ısı geri kazanım proseslerine ilave öneriler geliştirilmiştir.

1.1 Sanayide Isı Geri Kazanımı

Endüstriyel uygulamalarda ısının geri kazanılması için sınırsız fırsatlar vardır. Isı değiştiricileri her bir santralde etkin enerji makinalarıdır. Isı değiştiricileri genellikle iki akışkan (veya daha fazla) arasındaki ısı transferi prensibine göre çalışır.

Isı kaynağının kullanılan ısıya yakınlığı ısı geri kazanma teçizatını kullanırken çok önemli bir husustur. Büyük mesafelerde bir yerden bir yere havanın nakil maliyeti çok pahalı olabilir. Bu da ısı kaynağının kullanılan ısıya yakınlığını zorunlu hale getirir. Isı değiştirici türleri özellikle endüstriyel uygulamalarda ısı enerjisinin geri kazanılması için kullanılır. Paralel ve zıt akımlı ısı değiştiricilerinin her ikisinde kullanılmasına rağmen ısı geri kazanmada zıt akımlı ısı değiştiricisi daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Boru demetli ısı değiştiricilerinde dış taraftan akan akışkan boru boyunca geçerken kir bırakabilir. Bunun için bu tip ısı değiştiricilerinde boru demetini tutan kafa kısmı hareket ettirilebilir şekilde tasarlanırsa mekanik temizleme olanağı kolaylaşır.

Isı değiştiricisinde boruların üzerine akışkandan gelen kir tabakası ve korozyona dayanıklı uygun boru malzemesi kullanım için belirtilmelidir. Isı değiştiricilerini satan şirket akışkan özellikleri hakkında bilgi, akış hızı, kirlenme faktörleri ve basınç kayıpları ile birlikte maliyet etkinliği gibi ısı değiştiricisini tanımlayan bilgileri tam ve doğru bir şekilde alıcıya verilmelidir. Böyle alıcı en uygun ısı değiştiricisini projesine göre seçmiş olur. Ekonomik olarak en iyi çalışan ısı değiştiricilerinden olan levha tipli ısı değiştiricileri birbirine oldukça yakın sıcaklıklarda (1 ve 3 °C) arasında çalışmaya izin verirler. Bu ısı değiştiricileri birbirine paralel oluklu titanyum, paslanmaz çelik veya diğer uygun malzemelerle birlikte imal edildikten sonra contalar ile birbirinden ayrılırlar ve sonra birlikte sıkıştırılarak monte edilirler. Çünkü bu levhalar temizlik ve kontrol için kolayca ayrılabilirler. Dolayısı ile bunlar yiyecek ve süt endüstrisinde sıkça kullanılırlar.

Spiral levhalı ısı değiştiricilerinin birleşik bir üniteye birbirine yakın sıcaklıklarda çalışmaya imkan vermesi avantajdır. Böylece bu tip ısı değiştiricileri diğer ısı değiştiricilerinden daha az alana ihtiyaç duyar.

1.2 Atık Isıdan Faydalanma Teknikleri

Günümüzde tükenebilir enerji kaynaklarının en iyi şekilde kullanılması ve hava kirliliğini azaltacak tekniklerin geliştirilmesi geniş bir şekilde incelenmektedir. Enerji maliyetleri gittikçe arttığından alternatif enerji kaynakları incelenmekte ve maliyet etkinliği egzost enerji kaynaklarının kullanımına gereksinim duymaktadır. Birçok endüstriyel uygulamalarda ısı enerjisi eşitleri formları, yüksek verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Atık ısının geri kazanılması için ısı değiştiricileri ve diğer ısı tehzizatları kullanılır. Genellikle 200-500 °C arasındaki sıcaklıklarda geri kazanım mümkün olabilmektedir. Gelişmiş lkeler enerji tüketim ile birlikte atık enerji hakkında çalışmalar yapmaktadırlar.

Endüstrideki yanmamış fakat yanabilir yakıt çeşitlerinin dışarı atılması hissedilir enerji depolama özellikle duyulur ve gizli ısı yükleme baca gazlarından olur.

Atık enerjinin geri kazanılması yanma tehzizat tesisatının atık gazı kullanarak sağlanır ve böylece daha sonraki kullanım için ısı kazanma tehzizatı duyulur ve gizli ısıyı tekrar kazanır. Bu sistemler kurulurken ekonomik şartlar göz önünde bulundurulmalı ve atık ısının geri dönmesi zamanı ile ömür maliyet kavramları uygulamayı yaparken düşünölmelidir.

Araştırmacılar atık ısıdan endüstride çöp yakma fırınlarında, cam ocaklarında, imento fabrikalarında vb. enerji geri kazanma yöntemlerini incelemişlerdir. Ekonomizerler yalnızca hissedilir ısıyı geri kazanmakta ve atık ısı kazanları en uygun olarak 300 °C sıcaklıklar üzerinde çalışmaktadır. Seraları ısıtmak için kullanılan elektrik jeneratörlerini soğutmak amacı ile kullanılan soğutma suyundan elde edilen atık ısı kullanımı, ısı geri kazanma sistemlerine birer örnektir. Bunun dışında gaz-gaz ısı değiştirici dışarı atılan atık gaz ile içteki gazı ısıtarak enerji geri kazanılır. Bu yanmış baca gazlarının kullanımı sonucunda yakıt tüketiminde %6 oranında bir azalma olur. Gazdan gaza ısı kazanma sistemlerinde ısı tekerleri, ısı boruları ve reküperatör gibi ısı değiştiricileri kullanılır. Bazı araştırmacılar yüksek basınç gaz kompresörlerinde ısı geri kazanmada sıvıdan sıvıya ısı değiştirici kullanımını tavsiye

etmektedirler. Böylece gaz türbininin termal verimliliğini artırmak için giren gazı ön soğutma yaparak ve kompresör kademelerinde ara soğutma yapılarak bu sonuca varılır.

Isı geri kazanma sistemlerinde dışarı atılan atık gazın kullanılarak enerjinin geri kazanılması aşağıdaki limitlerle sınırlıdır;

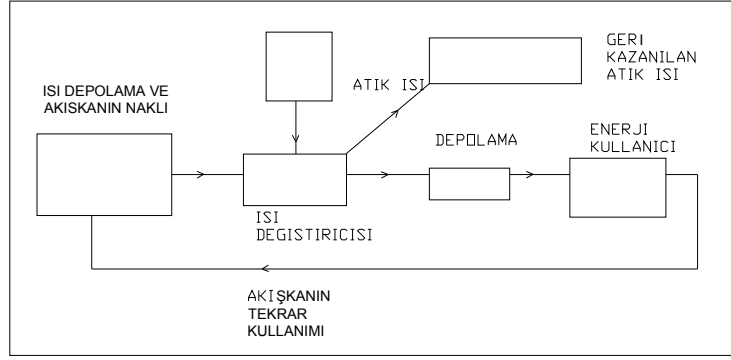
1. Dışarı atılan atık gaz mümkün mertebe temiz olmalıdır. Çünkü ısı değiştiricisinde kirlenme ısı transferini olumsuz yönde etkiler.
2. Çiğ noktası sıcaklığının altına düşülmemelidir. Çünkü yoğunlaşma korozyona neden olur.
3. Termal gerilmeye sebep olunmamalıdır. Aksi halde malzeme yorulur.

Yukarıda anlatılan bu limitler ısı geri kazanma sisteminin ömrünü ve verimini azaltır.

Egzost gazından ısı geri kazanma miktarı müsaade edilebilir düşük sıcaklık limitine bağlıdır. Çünkü bu gazlar istenildiği kadar soğutulabilmelidir. Kirli gazlar Sülfür oksit ve nitrogenoksit içerirler. Bunlar 150 °C altında soğutulursa yoğunlaşarak sülfirik ve nitrik asit meydana getirirler. Bu tehlikeli durumdan sakınılmalıdır. Aksi halde asit solüsyonları ısı geri kazanma teçizatını tahrip eder.

1.3 Atık Isının Kullanımı

Atık ısı genellikle düşük sıcaklık ile tanımlanamaz. Enerjinin geri kazanılması ve kullanımında birçok metod vardır. Yanmamış yakıt özel yanma teçizatında tüketilir. Geri kazanılmış enerji kullanılarak atık enerji miktarı azaltılır. Atık ısı ve önerilen uygulamanın eşit sıcaklığına bağlı olarak ısının geri kazanılmasını kolaylaştırmak için farklı ısı değiştiricileri kullanılabilir. Enerjinin geri kazanılması ve kullanılması arasında zaman açısından mesafe varsa yani hemen kullanılmıyorsa enerjinin depolanması ihtiyacı vardır. Isı geri kazanma uygulamalarının fiziksel olarak atık ısı kaynağına yakın olması geri kazanılan enerjiden maksimum yarar sağlar. Şekil 1.1 mümkün olan enerji kullanımı tasarısını şematik olarak göstermektedir.



Şekil 1.1 Atık ısının tek kullanım yolu

Atık ısının kullanılarak elektrik ve proses buharı üretimi teknolojileri arasında önemlidir. Hem üst çevrimde (ilk olarak elektrik üretimi ve sonra proses buharından atık ısı kazanılması) ve hem alt çevrimde (ilk olarak atık ısının geri kazanılması ve daha sonra kazanılan enerjinin elektrik veya mekanik güç üretimi için kullanımı) atık enerjinin geri kazanılması dikkatli incelenmelidir.

Atık ısıyı kullanan diğer bir makine ısı pompasıdır. Isı pompasında buharlaştırıcı düşük kalitedeki enerjiyi almakta sonra kompresör ile mekanik iş olarak çıkan bu ısı yoğuşturucuda kullanım için atılmaktadır. Böylece ısı pompası kalitesini yükselttiği ısıyı buharlaştırıcıda oldukça yüksek kaliteli yararlı ısı olarak kullanılmaktadır. Isı pompasını karakterize eden en önemli faktör performans katsayısıdır. Bu katsayı aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır:

$$PK = \text{Yoğuşturucudaki yararlı ısı} / \text{kompresörün yaptığı iş} \quad (1.1)$$

Atık ısının kullanımı ile absorpsiyonlu soğutma çevrimi de gerçekleştirilmektedir. Bu durumda ısı kaynağı mil gücünün yerine geçer. Burada atık ısı jeneratörde kullanılarak hemen hemen saf soğutucu akışkan elde edilir. Bu akışkan yoğuşturucuya geçer. Genişlemeden sonra bu soğutucu akışkan buharlaştırıcıda soğutma etkisini gösterir. Soğutma performans katsayısı aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır:

$$SPK = \text{Buharlaştırıcıdaki soğutma etkinliği} / \text{Jeneratörde eklenen ısı} \quad (1.2)$$

Yukarıda anlatılan sistemler vasıtası ile geri kazanılan ısı sistemin ihtiyaçlarına cevap verecek nitelikte kullanılır.

2 ATIK ISIDAN YARARLANMA SİSTEMLERİ

Atık ısıdan yararlanma sistemleri genel olarak iki ana grupta incelenebilir. Bunlar atık ısıdan direkt ve dolaylı yararlanma sistemleridir.

2.1 Atık Isıdan Doğrudan Yararlanma Sistemleri

Bu yöntemle atık ısıdan herhangi bir ısı değiştirgeci sistemi kullanmaksızın direkt olarak yararlanır. Bu tür sistemlere örnek olarak herhangi bir üretim işleminden çıkan atık baca gazları direkt olarak yanma havası ile karıştırılarak, yanma havasının ön ısıtılmasında kullanılabilir veya bu baca gazlarından direkt olarak proses hammaddesinin kurutulmasında faydalanılabilir.

Atık ısıdan direkt yararlanma sistemleri diğer atık ısı sistemlerine rağmen hem daha ucuz hem de uygulaması daha kolaydır. Ancak bu sistemin birçok yerde kullanılabilmesini sınırlayan önemli sakıncaları da vardır. Örneğin baca gazları ile direkt olarak proses hammaddesinin kurutulması sistemi göz önüne alınırsa, baca gazları genellikle bünyesinde kükürt ve rutubet ihtiva ederler. Baca gazları sıcaklığı kurutma işlemi sırasında çiğ noktası sıcaklığı altına düşerse oluşacak asit hem ürünlerin kalitesini kötü yönde etkileyecek hem de baca ve benzeri yüzeylerde korozyona yol açacaktır. Bu metod üretimin etkilenmediği sürece yalnız korozyon probleminin söz konusu olduğu durumlarda ekonomik açıdan diğer sistemlere tercih edilir.

2.2 Atık Isıdan Dolaylı Yararlanma Sistemleri

Atık ısının direkt olarak kullanımının mümkün olmadığı durumlarda Isı transferini sağlayan çeşitli ısı değiştirici sistemler kullanılabilir. Bu tür sistemlerde atık ısının kullanımı ile elde edilen enerji birçok şekilde kullanılabilir. Bunlardan bir kısmı; kazan besleme suyunun veya yanma havasının ısıtılması sıcak su veya sıcak hava eldesi, atık ısı kazanları kullanımı ile buhar üretimi, mevcut tesisin herhangi bir yerinde ısıl işleme girecek

Ham madde veya yarı mamül maddelerin ısıtılması, gerektiğinde atık ısı tesisleri ek enerji kaynağıyla takviye edilerek yüksek basınçtaki buhar eldesiyle birleşik enerji üretim santrallerinde kullanımıdır.

2.3 Atık Isı Geri Kazanım Cihazları ve Sınıflandırılması

Endüstriyel fabrikalarda atık ısının geri kazanımın temel yöntemi ısı değiştiricilerinin kullanımınıdır.

Endüstriyel bir ısı değiştiricisinin belirlenmesinde ısı transfer kapasitesi akışkanların sıcaklıkları, her bir akışkan devresinde izin verilebilecek basınç düşümleri ve ısı değiştiriciye giren akışkanların özellikleri ve hacimsel debilerin bilinmesi gerekir. Bu değerler ısı değiştiricisinin tasarım parametreleridir ve dolayısı ile maliyeti belirleyicidir.

Son tasarım, basınç düşümü, ısı değiştirici verimliliği ve maliyet üçlüsünün uzlaşımıyla gerçekleştirilecektir. Son tasarımda kararlara yol gösterici sabit maliyetlere karşı bütün sistemin bakım ve işletme giderlerinin karşılaştırılmasıdır. Böylelikle toplam maliyetler minimize edilebilecektir.

Bir optimum atık ısı cihazı seçiminde temel parametreler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1- Atık ısı akışkanının sıcaklığı
- 2- Atık ısı akışkanının debisi
- 3- Atık ısı akışkanı için izin verilebilen en düşük sıcaklığı
- 4- Isıtılan akışkanın kimyasal bileşimi
- 5- Isıtılan akışkanın izin verilen en son sıcaklığı
- 6- Eğer kontrol gerekliyse kontrol sıcaklığı

2.3.1 Rejeneratörler

İçinden sıra ile arka arkaya sıcak ve soğuk yani ısı veren ve ısı alan akışkanların geçtikleri ısı değiştiricileridir.

Gaz akışkan olarak kullanma gayesine göre genellikle çürük gazlar, baca gazları, azot, hava ve benzeri akışkanlar sözkonusudur. Kanallardan geçen gazların ısıları kanal malzemeleri tarafından yutulur ve sonra geçen gazlara verilir.

Isıyı yutma ve ısı geçişi yönünden kanal malzemelerinin seçimi ile geometrileri çok önemlidir. Periyodik bir şekilde ısı yutan ve geri veren rejeneratörleri çalışma şekline göre

- 1- Genellikle sadece rejeneratör olarak adlandırılan sabit kanallı rejeneratör.
 - 2- Döner rejeneratörler
- Olmak üzere iki grupta toplamak mümkündür.

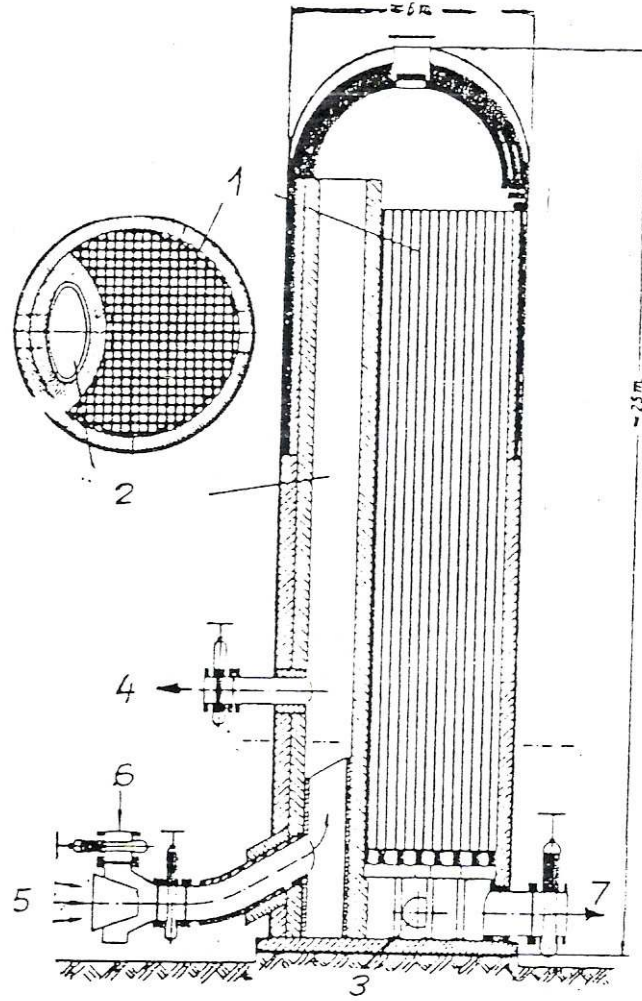
2.3.1.1 Sabit Kanatlı Rejenarötörler

Şekil 2.1' de görülen sabit kanallı rejeneratör tipi genellikle yüksek fırınlarda, Siemens-Martin ocaklarında ve cam fırınlarında olduğu gibi yüksek sıcaklıklardaki gazlar yardımıyla hava ısıtılmasında kullanılır.

Isı deposu ateşe dayanıklı malzemedendir yapılıdır.

Yanma kanalından ise sıcak gazlar geçer ve çok yüksek sıcaklıklar elde etmek için ilave yanma yapılıdır. Bu yüksek sıcaklıktaki gazlar ısı deposu denilen kanalcıklardan yukarıdan aşağı doğru geçerken ısınıyını yaladığı malzemeye verir, alt kısımdan dışarı çıkar.

Belirli bir süre sonra sıcak gazların geçişi durdurularak, ısınacak soğuk hava ısı deposuna alt kısımdan gönderilir ve sıcak gazların ısıttıkları yüzeyleri yalayarak yutulan ısıyı geri alıp ısıyırlar ve mesela yüksek fırına yanma havası olarak sevk edilirler. Sıcak gazlar ile ısınan soğuk havanın geçmeleri peşisıra devam eder.



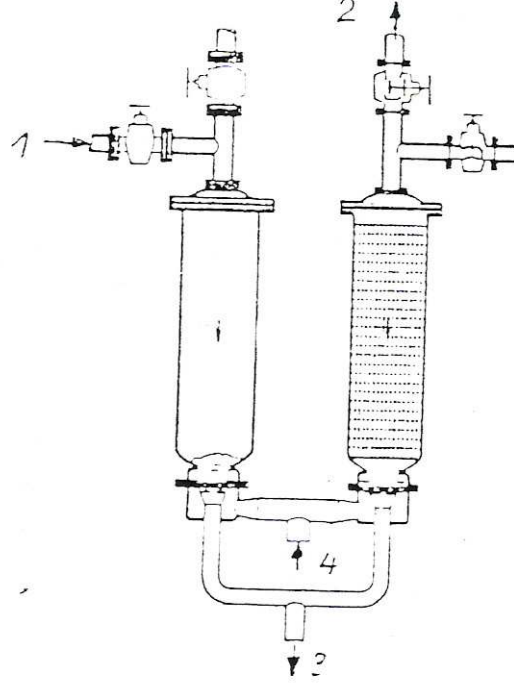
Şekil 2.1 Sabit kanallı rejeneratör

Sabit kanallı rejeneratör

1. Isı yutucu ve verici (deposu)
2. Yanma borusu
3. Soğuk hava girişi
4. Sıcak hava çıkışı
5. Sıcak hava girişi
6. Yanma hava çıkışı
7. Sıcak gaz çıkışı

Şekil 2.2' de görülen havanın soğutulması için kullanılan bir rejeneratör tipi görülüyor. Azot gazı geçerken kanalları soğutmakta, üst kısımdaki vanalar birkaç dakikalık süreler içinde

periyodik olarak açılıp kapanarak azotun ve soğuyarak havanın geçişleri ayar edilmektedir. Isı alış verişi olan kanallar gözenekli veya kafesli malzemedir. Isı yutucu malzemelerin seçimleri önemlidir.



Şekil 2.2 Hava soğutulması için kullanılan rejeneratör

- 1- Hava girişi
- 2- Azot çıkışı
- 3- Hava çıkışı
- 4- Azot girişi

Sıcaklığı 1400 °C ye kadar çıkan yüksek fırın gazlarının kullanıldıkları rejeneratörlerde ateşe dayanıklı malzemelerden faydalanılır. Ateşe dayanıklı malzemelerin kalınlıkları genellikle 200 mm civarında olup periyodik değişme süreleri 1 ile 2 saat arasında değişir. Kimyasal gazlar için kullanılan rejeneratörlerde yutucu duvar kalınlıkları 50 mm civarında alınır ve periyodik değişme süreleri 15 dakika kadar düşer.

Yüksek sıcaklığa dayanıklı ısı tutucu malzemeler;

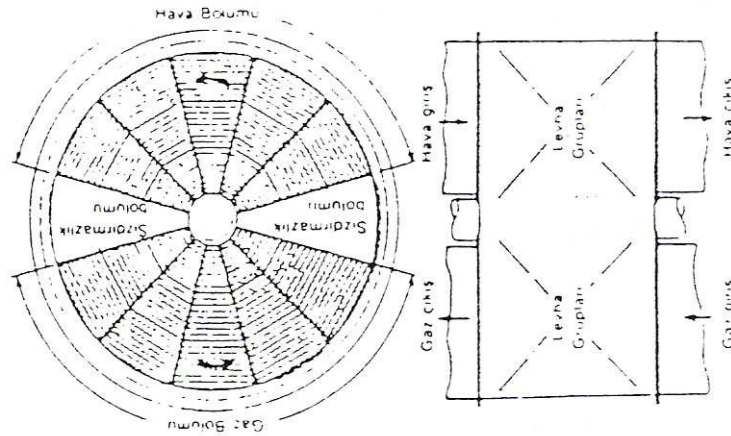
Orta veya düşük sıcaklıklardaki rejeneratörlerde ısı yutucu malzeme olarak ince çelik alüminyum levhalar kullanılır.

Aşırı soğutma olan hallerde ince alüminyum levhalar ondüveli hale getirilerek kaydırılmış olarak yerleştirilirler. Böylece meydana getirilen kanallar arasındaki mesafeler 1 mm gibi çok küçük değerlere kadar düşürülür.¹

2.3.1.2 Döner Rejenerötörler

Ljungström hava ısıtıcıları olarak adlandırılan hava ısıtıcıları, kazanlardan çıkan dumanların ısınıp kazan yanma havasını ısıtmak için son otuz yıldan beri kullanılmaktadır.

Şekil 2.3.'te görülen döner rejeneratif hava ısıtıcıları, genellikle yavaşça dönen bir mile bağlı olan bir çerçeveye tesbit edilmiş, birbirinden hafifçe ayrı metal plakalardan oluşur. Bu plakaların bir bölümünden ise ısıtılacak hava geçecek şekilde düzenleme yapılmıştır. Plakalar gaz akımı içinden yavaş hareketleri esnasında ısınırlar. Daha sonra aynı plakalar hava akımı içine girdiklerinden ısılarını havaya vererek soğurlar. Böylece devam eden bu dönme hareketi ile metal plakalar ısıyı sıcak gazlardan soğuk havaya taşımış olurlar. Plakalar milin etrafında dilimler halinde gruplanmıştır. Gaz ve hava akımları sızdırmazlıklarla birbirinden ayrılır ve karışımları en alt seviyede tutulmaya çalışılırlar. Bu üfleyiciler ısıtıcı yüzeylerin kurum ve yağla kaplanmasını periyodik olarak çalışmak sureti ile önlerler.



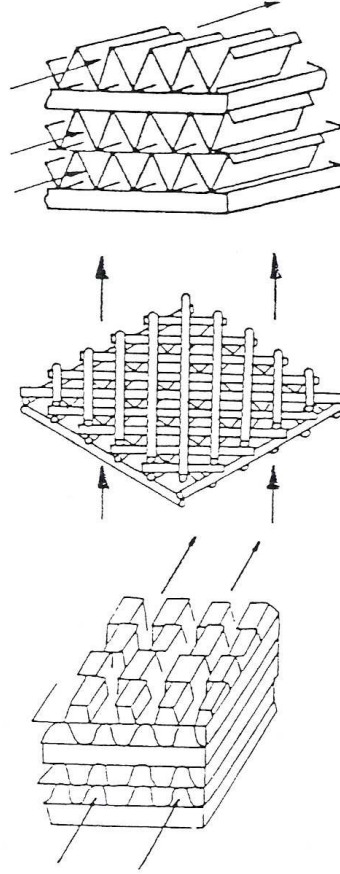
Şekil 2.3 Döner tip hava ısıtıcıları

¹ DAĞSÖZ 1985

Döner tip ısı değiştiricilerin çok çeşitli kullanma alanları bulunmaktadır. Gaz türbinlerinde uzun zamandan beri başarı ile kullanılmaktadırlar. Ayrıca termik santrallerde hava ön ısıtıcısı olarak döner rejeneratörler kullanılarak enerji tasarruf edilmektedir. Son yıllarda döner tip rejeneratörler iklimlendirme tesislerindedeki kullanılmaya başlanmışlardır. *

Döner Tip Rejeneratörlerde Konstrüksiyon Esasları:

Döner tip rejeneratörler prensip olarak disk ve tanbur şeklinde imal edilmektedirler. Disk şeklinde olanda akış genelde aksel yönde olup, tanbur şeklinde olanda ise genelde radyal doğrultudadır. Isı değiştiricilerin içinde matriks adı verilen katı malzemeler ısı depolama görevi yaparlar ve çok çeşitli şekillerde olabilmektedirler.

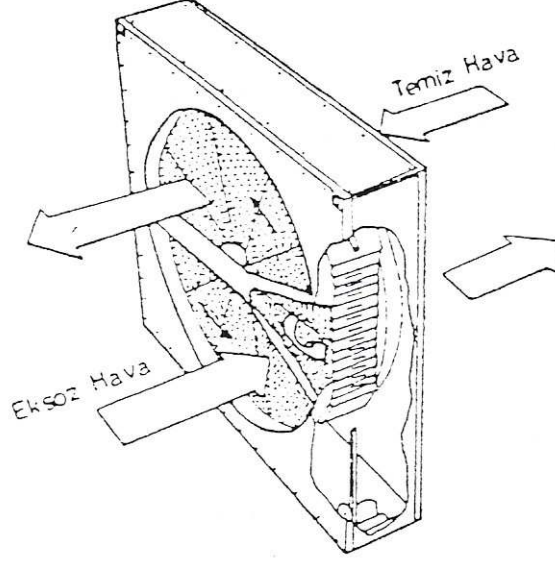


Şekil 2.4 Rejeneratörlerde kullanılan bazı kanal geometrileri

*ARISOY 1988

Rejeneratörlerde kullanılan bazı kanallar

Bu özel yapım sayesinde bu ısı değiştircilerde $4000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ değerine kadar birim hacimde ısı transferi yüzeyi elde edilmektedir. Isı değiştirciler normalde karşıt akış olarak çalıştırılırlar. Egzost gazının temiz havaya karışmaması için ısı değiştircilerin bir kısmı ısı transfer etmez.



şekil 2.5 Döner tip rejeneratörün dış görünüşü

Döner tip rejeneratörlerde ısı değiştirme yanında nem alışverişide yapılabilir. Bundan dolayı kullanılan levha tipi maddelere higroskopik özellikler ilave edilmektedir. Böylece duyulur ısı yerine gizli ısıyada transfer etmek mümkün olmaktadır. Rotor apı bilhassa 2 m'yi geçtiğinde rotor tek parça değil çok parça olarak imal edilmektedir.

Isı değiştircisininin tahrik mekanizmasını varyatörler kullanılarak merkezdende tahrik etmek mümkündür. Bazı durumlarda devir sayısı kontrol de edilmektedir. *

Kullanım Alanları ve Bağlama Şekilleri

Döner tip rejeneratörlerin oldukça geniş kullanım alanları vardır.

* GÜNGÖR,ÖZBALTA 1988

Higroskopik maddeli döner tip ısı değiştiricileri normal olanlara göre % 30-40 civarında daha fazla ısı transfer edilebilmektedirler. Bilhassa nemlendirmeli veya soğutmalı iklimlendirme sistemlerinde higroskopik maddeli döner ısı değiştiricilerinin kullanılması tavsiye edilir.

Yazları sıcak ve nemli bölgelerde kurulan modern oteller de nemli sıcak dış havanın nemini almak için egzost havadan yararlanılır ve % 90 lara varan enerji tasarrufu yapılabilir. Yüksek temiz dış hava ihtiyacı olan hastanelerde de yüksek miktarda enerji döner ısı değiştiricileri ile elde edilebilir.

2.3.2 Reküperatörler

Reküperatörler yüzeyli ısı değiştiricilerden farklı olmayıp, muhtelif gayelerle ısıtılacak havanın baca gazları ile ısıtılmaları sözkonusudur.

Reküperatörleri ısı geçiş şeklinde aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür.

- 1.) Isı taşınım ağırlıklı reküperatörler
 - a. Seramik malzemeli reküperatörler
 - b. Dökme demir malzemeli reküperatörler
 - c. Çelik borulu reküperatörler
- 2.) Isı ışıınımı ağırlıklı reküperatörler
 - a. İki kılıflı reküperatörler
 - b. Kanal içine monte edilmiş reküperatörler
- 3.) Isı taşınımı ve ışıınımı olan kombine reküperatörler

2.3.2.1 Isı Taşınımı Ağırlıklı Reküperatörler

Isı taşınım ağırlıklı reküperatörler kullanılan malzeme seramik, dökme, demir, ve çelik borulu olmak üzere üç şekilde imal edilirler.

Seramik Reküperatörler:

Seramik malzemeli reküperatörlerde her iki gaz akışkan seramik malzeme ile ayrılmış kanallardan geçer. Her iki gaz akışkanın 20 mmss den küçük bir fark olduğu hallerde kullanılmaları tavsiye edilir. Toplam ısı geçiş ortalama $K:5-10 \text{ kcal/m h C}$ civarındadır.

Seramik malzemeli reküperatörlerin onarımı çok zaman alır, fazla el emeğine ihtiyaç gösterir ve bu sebeple de işletme masrafları yüksek olur. Ancak metalik reküperatörler de çıkılamayan yüksek sıcaklıklarda kullanılmaları avantaj sağlar. Başlangıçta % 5 civarında olan gaz kaçakları zamanla % 15 ve hatta % 30 değerine kadar yükselir. Ömürleri genellikle 5 yıl civarındadır.

Seramik reküperatörlerin imalat ve montaj fiyatları metalik reküperatörlerden daha yüksektir. Ayrıca işgal ettikleri yer ise metalik reküperatörlerden daha fazladır.

Metalik Reküperatörler:

Metalik reküperatörler dökme demirden ve çelik borulu olmak üzere iki malzemeden yapılırlar.

Metalik reküperatörlerde kaçaklar % 0,1 civarındadır.

Ancak görülebilir korozyon arızalarından sonra kayıplar yükselir.

Seramik reküperatörlere nazaran hava sıcaklığı işletme süresine bağlı değildir. Korozyon arızaları haricinde erişilebilen yüksek sıcaklık içteki kirlenmeye bağlıdır. Kanal içlerinin ince kir tabakalarıyla kaplanmaları ısı gücünü çok azaltmamakla beraber tıkanmalar başlayacak kadar kirlenme teşekkül etmesi ısı gücünü çok azaltmamakla beraber tıkanmalar başlayacak kadar kirlenme teşekkül etmesi ısı gücünü çok düşürür.

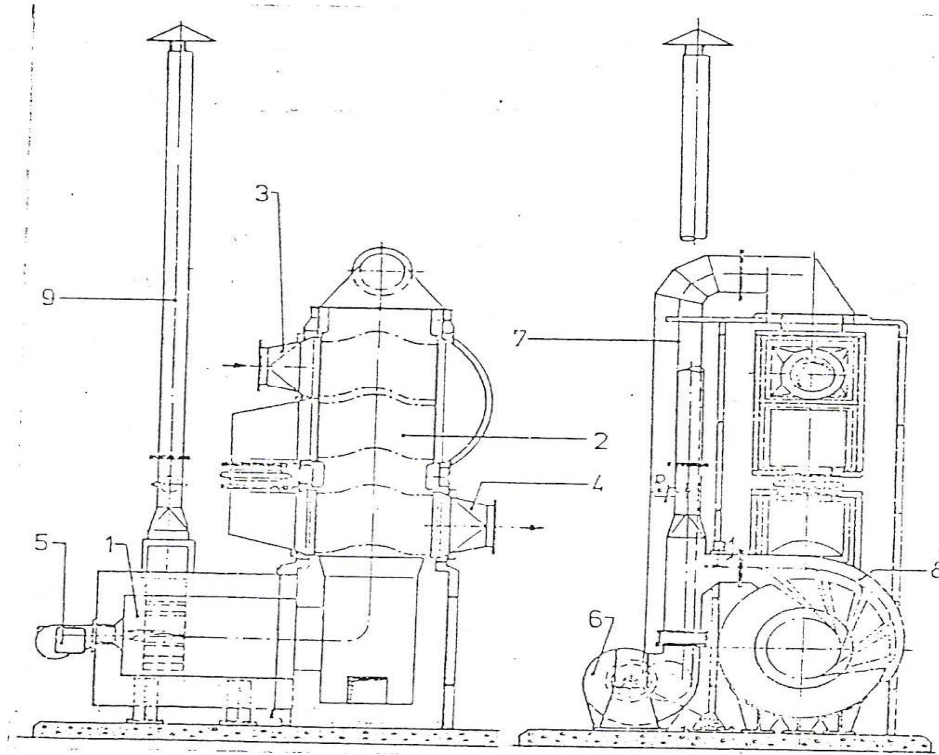
Metalik reküperatörlerde yanma havasının basıncı sınırlı olmadığı için brülör seçiminde sınırlı değildir.

Metalik reküperatörlerin ömürleri ocak (yanma) şartlarına bağlı olup hava sıcaklığının maksimum değeri 500 ile 700 °C arasında değişir. Genellikle ömürleri 5 sene olarak kabul edilir. Gazlardaki korozyon yapan bileşikler ömürlerini azaltır.

Metalik reküperatörler dışarıdan gelen titreşimlere daha mukavim oldukları gibi ani sıcaklık değişimlerinde de sızdırmazlık yönünden daha avantajlıdırlar. Ayrıca tamir ve bakımları daha kolay olup daha az yer işgal ederler.

Çelik reküperatörler hacim, ağırlık ve yatırım masrafları yönünden rejeneratörler hacim, ağırlık ve yatırım masrafları yönünden rejeneratörlere nazaran daha avantajlıdırlar. Çelik reküperatörlerde malzeme sıcaklığı 1100 C ile sınırlanmış olup hava en fazla 850 °C ye kadar ısıtılabilir. Daha yüksek sıcaklıkta hava elde etmek için ateş tuğlasıyla kaplanmış rejeneratörler kullanılır.

Dökme demirli reküperatörlerde akışa uygun formda yapılan kanatlar sayesinde ısı taşınımı yüzeyleri arttırıldığı gibi ısı taşınım katsayısıda iyileştirilir. Korozyon tehlikesine ve kanat aralarının tıkanmalarına karşı sık sık temizlenmeleri gerekir. Bilhassa tıkanmalar olunca borulardaki uzama farklılıkları hissedilecek şekilde büyür. Bu sebeple kompensatörler kullanılır.

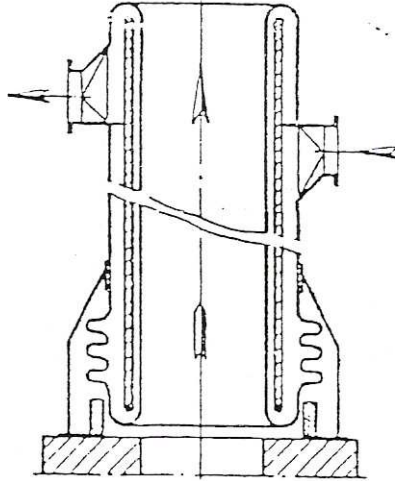


Şekil 2.6 Isı taşınım ağırlıklı reküperatör

1. Yanma Odası
2. Taşınılma Isı Geçişi
3. Soğuk Hava Girişi
4. Sıcak Hava Girişi
5. Brülör
6. Dolaşım Fanı
7. Duman Borusu
8. Ayar Klapeli Duman Borusu
9. Çekiş Ayar Klapeli Baca *

2.3.2.2 Isı Işınımı Ağırlıklı Reküperatörler

Reküperatörlerde karşılaşılan en önemli zorluklardan bir tanesi kirlenmeler ve fazlalığı sebebiyle tıkanmalar oluyor. Baca gazlarındaki kurum gibi yabancı maddelerin tutulmalarıyla reküperatörlerin ömürleri daha fazla uzatılabilir. Bu özellik sebebiyle çift gömlekli ısı ışınımı ağırlıklı reküperatörler geliştirilmiştir.



Şekil 2.7 Isı ışınımının esas olduğu reküperatör

Isı ışınımı ağırlıklı reküperatörlerde CO ve su buharı başta olmak üzere baca gazlarındaki üç atomlu moleküller rol oynarlar. Işınım yapan gazın kısmi basıncı ile tabaka kalınlığı arttıkça ısı yalıtımında artar.

* DAĞSÖZ 1991

Çöp yakacaklı tesislerde baca gazlarındaki partikül fazlalığı ve korozyon sebebiyle ısınım ağırlıklı reküperatörler tercih edilir. Bu cins reküperatörler, çöp yakacaklı tesislerde baca gazının soğuyarak atmosfere atılmadan önce partiküllerin ayrılmasını sağlarlar. Bu yöntemle baca gazları önce 1000 °C'den 500 °C'ye kadar soğuması sağlanır. Daha fazla soğutmak için de su püskürtme yöntemi kullanılır.

Isı ısınımı olan reküperatörlerde yüzeylerin büyük olmadan ve kavislerin çok bulunmaması sebebiyle daha stabildirler ve daha az asıl gerilmeler meydana gelir.

Çaplarının ve yüksekliklerinin daha büyük olması sebebi ile ısı taşınımı olan reküperatörlere nazaran daha pahalı olup daha fazla yer işgal ederler.

2.3.2.3 Kombine Reküperatörler

Baca gazlarının sıcaklıklarının çok yüksek olmadığı ve yüksekliğin sınırlı bulunduğu hallerde hem ısı taşınımı ve hemde ısı ısınımı ağırlıklı reküperatörlerin özelliklerinin bir arada toplandığı kombine reküperatörler geliştirilmiştir.

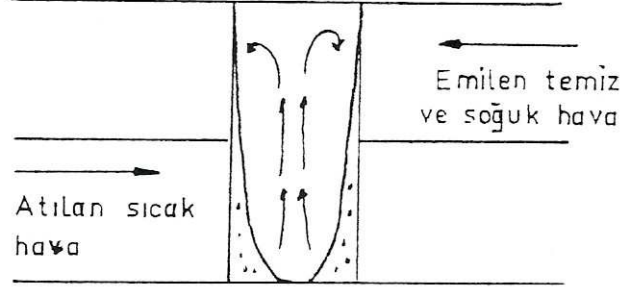
Kombine reküperatörler etrafı silindirik çift gömlekle çevrilmiş çelik borulardan müteşekkildir. Çelik borular aynen kum saati geometrisine benzer şekilde bir yüzey meydana getirmiştir.

2.3.3 Isı Borulu Sıcaklık Değiştiricileri

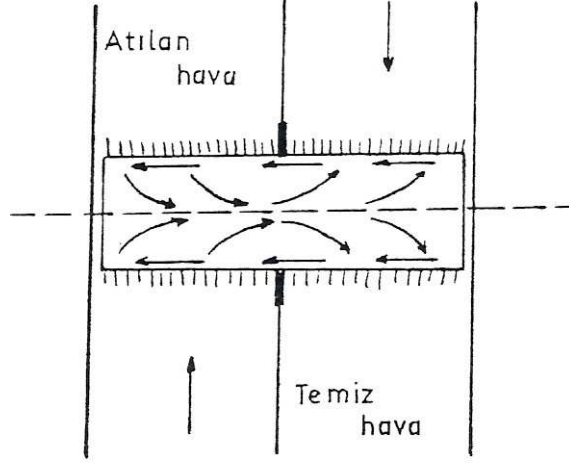
Kurutma ve ısıtma tekniğinde proses sonunda dışarı atılan sıcak hava ve gazların enerjilerinin geri kazanılmasında çoğu kez ısı boruları tercih edilir.

Isı borusu, her iki ucu kapalı ve içinde soğutucu bir akışkan bulunan bir ısı geri kazanma elemanıdır. Düşey durumdaki bir ısı borusunu göz önüne alalım. Alttaki yatay kanaldan atılan sıcak hava (veya gazlar) üstteki yatay kanaldan dışarı emilen temiz ve soğuk hava geçsin. Atılan sıcak hava ısı borusunu dıştan yalarken ısıyı içerdeki soğutucu akışkana geçer, kaynama ve buharlaşma olayları sonucu buharlaşan soğutucu akışkan yukarı kısma yükselir. Üst kısımda

ise emilen soğuk ve temiz hava boruyu dıştan yalarken buhar fazındaki soğutucu akışkanın ısınıp alarak ısınır. Bu kısımda buhar fazındaki soğutucu akışkanın ısınıp alarak ısınır. Bu kısımda buhar fazındaki soğutucu akışkan borunun iç yüzeyinde yoğuşarak ince film halinde aşağıya süzülür.



Şekil 2.8 Termosifon sisteme göre çalışan ısı borusu



Şekil 2.9 Kılcal sisteme göre çalışan ısı borusu

Görüleceği üzere ısı borusu içinde sürekli iki fazlı akış meydana gelir, buhar yukarıya çıkarken yoğuşan kısım iç yüzeylerden aşağı akar. Yoğuşan akışkanın kendi ağırlığı ile aşağıya aktığı bu hal termosifon sistem olarak adlandırılır.

Isı borusunun yüzeyi her noktada hep aynı sıcaklıkta olup, aşağıdan yukarıya yani sıcak ortamdan soğuk ortama atılan ısı çok yüksektir. Şayet ısı borusu yerine aynı boyutta bakır boru kullanılsa idi, bakır boru haline nazaran 1000 misli fazla ısı aktarıldığı söylenebilir.

Şekil 2.8.'deki düşey olarak verilen ısı borusu yerine; şekil 2.9.'da görülen yatay boru kullanılması halinde yoğuşan soğutucu akışkanın buharlaşma bölgesine geri dönmesi zorlaşır. Bu sebeple borunun iç yüzeyine kılcal yapıdaki (gözenekli) elemanlar yerleştirilerek yoğuşan soğutucu akışkanın buharlaşma bölgesine doğru akması sağlanır. Bu hal kılcal sistem olarak adlandırılır.

Bazı ısı borularında merkezkaç, elektromagnetik, elektrostatik veya osmotik kuvvetlerdende yararlanılır. Fakat uygulamalarda genel olarak kılcal sistem kullanılır.

Kılcal sistemde basınç farkı

$$P_k : P_{\text{buhar}} - P_{\text{sıvı}} = \frac{4 \Gamma}{D_k} \quad (2.1)$$

$$Q = \frac{F_k \cdot D_k \cdot \Gamma \cdot \Delta \Gamma_b}{L} \quad (2.2)$$

İfadeleriyle belirlidir. Bu ifadelerde;

D_k : kılcal çap

L : borunun etkin boyu

Γ : yüzey gerilimi

γ : sıvının kinematik viskozitesi

ΔΓ_b : buharlaşma entalpisi

F_k : kılcal kapiler yüzey olmaktadır. *

Uygulamaları

Isı borusu atılan kirli havadaki enerjiyi geri kazanarak sisteme girin temiz havaya verin. Soğutulan ünitelerde giren sıcak havadaki ısının, çıkan soğuk havaya bir ısı borusuyla aktarılmasıyla soğutma maliyetinde önemli ölçüde azalma sağlanabilir.

Diğer uygulama alanları arasında,

- Kurutma, kavurma ve pişirme fırınlarından atık ısının geri kazanılarak yeniden kullanılması
- Yanma havası ön ısıtması
- Motor egzostlarından ısı geri kazanımı sayılabilir.

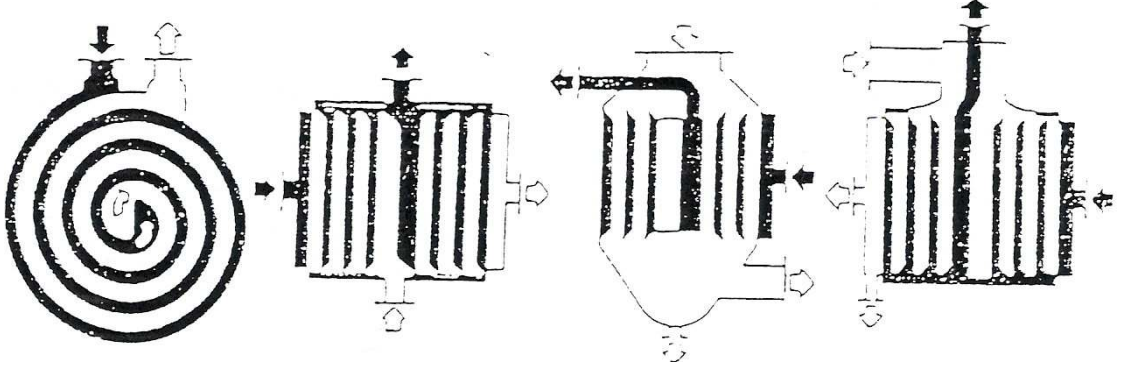
Isı borularının endüstriyel uygulamalarındaki sıcaklık limitleri (-140 °C) ve (600 °C) dir. Isı borularının hiçbir hareketli parçası olmadığı için, bu sıcaklık limitleri arasında uzun süre çalışabilirler. Burada ısı kaynağının ve ısının aktarılacağı ortamın yan yana olması gereklidir. Aksi takdirde giriş ve çıkış gaz kanallarının modifiye edilmesi ilave masraflara yol açabilir.

2.3.4 Spiral Isı Değiştiricileri

Spiral ısı değiştiricileri iki adet spiral olarak kıvrılmış levhadan ibaret olup alın yüzeyleri iki düzlemsel levha ile kapanmıştır. Küçük bir hacim içinde çok büyük ısı geçiş yüzeyi elde edilmesi yönünden çok avantajlıdır. 1 m hacim içinde 80 m ye kadar ısı geçiş yüzeyi elde edilebilmektedir.

Isı taşınım katsayıları da oldukça yüksek olup, sıvı ve sıvı çalışma halleri için toplam ısı geçiş katsayısı genellikle $K : 600-200 \text{ W/m K}$ değerindedir. Genellikle yüksek basınçtaki çalışmalara uygun olmayıp en fazla 15 Kg/cm işletme basınçlarına kadar çıkılabilir.

Spiral ısı değiştiricilerinde muhtelif akış şekilleri sağlayacak şekilde konstrüksiyon yapılabilir.



Şekil 2.10 Spiral ısı değiştiricileri

Spiral ısı değiştiricilerinde spiral levhalar arasındaki kanal genişliği 5-15 mm, kanal yüksekliği 100-1800 mm arasında değişmekte olup 250 m büyüklüğe kadar ısı geçiş yüzeyleri yapılmaktadır. Yatay veya düşey olarak montajları yapılabilir. Spiral ısı değiştiricileri bilhassa bira, meyva suyu, süt soğutulmasında olduğu gibi gıda sanayinde kullanılır. Sklme ve temizlenmeleri kolaydır.

2.3.5 Gaz.Sıvı Isı Değiştiricileri

Gaz-sıvı ısı değiştirgeçleri, atık bir gazdaki ısıyı direkt olarak sıvı bir ortama aktaran sistemlerdir.

Gaz-sıvı ısı değiştirgeçleri düşük veya orta sıcaklık aralığındaki egzost gazlarından atık ısı geri kazanımı amacıyla kullanılırlar.

Başlıca uygulama alanları arasında,

-Proseslerde sıvıların ısıtılması

Su ısıtma

Buhar kazanlarında besleme suyunun n ısıtılması, sayılabilir.

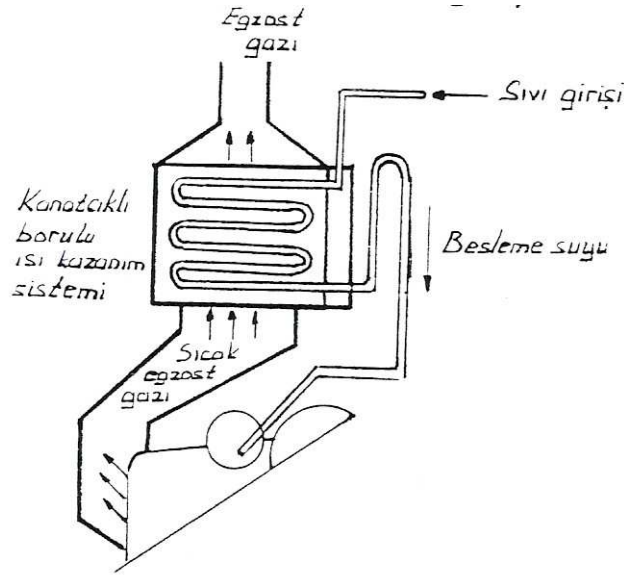
Gaz-sıvı ısı değiştirgeçlerinin kullanıldığı yerlerde atık gaz sıcaklığının çiğlenme noktasının altına düşmemesine zen gösterilmelidir. Aksi takdirde, özellikle kullanılan yakıtların kükürt ihtiva ettiği hallerde, asit oluşumuna bağlı olarak yüzeylerde korozyonlar ortaya çıkabilir

2.3.5.1 Kanatçıklı Borulu Isı Değiştiricileri

Buhar kazanlarının besleme suyunun ön ısıtılması, proseslerde gerekli sıvıların ısıtılması, hacim ısıtılmasında gerekli sıcak su, günlük tüketimde gereken sıcak suyun hazırlanmasında egzost gazlarındaki atık ısıdan faydalanmak mümkündür ve bu amaçla genellikle kanatçıklı borulu ısı değiştirgeçleri kullanılır. Bu sistemde ısıtılan sıvı dairesel kesitli borulardan geçirilir. Isı transfer yüzeyini arttırmak için borulara kanatçıklar ilave edilmiştir.

Şekil 2.11’de egzost gazlarındaki atık ısıdan yararlanmak amacıyla tasarlanan kanatçıklı borulu ısı değiştirici görülmektedir. Uygulanan bu özel model ekonomizer olarak isimlendirilmektedir. Borular genellikle seri olarak bağlanırlar ancak sıvı tarafındaki basınç kayıpları ise boru dizilerinin sayısı ve borular arası mesafeler ayarlanarak düzenlenir.

Kanatçıklı borulu ısı değiştiriciler modüler boyutlarda hazır olarak bulunabileceği gibi standart elemanlardan kolaylıkla imal edilebilir. Isıtılan sıvının sıcaklık kontrolü kanala gaz tarafı için bypass düzenlemesi eklenerek sağlanır. Bu düzenleme ile ısı değiştirici üzerinden geçen sıcak gazların akış hızı değiştirilebilir. Kanatçık ve boru malzemesi sıcak egzost ile sıvının aşındırıcı etkilerine dayanıklı olmalıdır. Kanatçıklı borulu ısı değiştiriciler orta ve düşük sıcaklıklarda egzost gazlarındaki atık ısıdan yararlanmaya uygun cihazlardır.



Şekil 2.11 Kanatçıklı borulu ısı değiştirici

2.3.5.2 Atık Isı Kazanları

Atık ısı kazanları duman gazları ısısı ile suyun buharlaştırılmasını sağlayan asıl ısı transfer ekipmanlarıdır. Ve ısı transferi yalnızca konveksiyonla sağlanır.

Atık ısı kazanları 2 ana grupta sınıflandırılabilir

1 Duman borulu atık ısı kazanları

2 Su borulu atık ısı kazanları

2.3.5.2.1 Duman Borulu Atık Isı Kazanları

Duman borulu atık ısı kazanları, baca gazlarının boruların içinden, suyun boruların dışında aktığı silindirik kazanlardır. Şelil 6 da duman borulu atık ısı kazanlarının prensip şekli gösterilmiştir. Burada boruların içinden geçen baca gazlarının ısısından yararlanarak kazanda doymuş buhar üretilmektedir.

Duman borulu atık ısı kazanlarının konstrüksiyonu, yakıtla çalışan alev borulu kazanlara benzemekle beraber önemli farklılıklar mevcuttur.

Duman borulu atık ısı kazanlarında kullanılan boru çapları yakıtla çalışan kazan borularına nazaran daha ufaktır. Dolayısıyla aynı dizilişteki boru arası mesafe yakıtla çalışan kazanlara nazaran daha küçüktür.

Duman borulu atık ısı kazanlarında aynalar hemen hemen tamamen borularla doldurulmuş, buhar hacmi ise yakıtla çalışanlara nazaran daha aza indirilmiştir.

Duman borulu atık ısı kazanları yalnız konveksiyonla ısı transferi yapabildiğinden genellikle tek geçişli, nadiren çift geçişli dizayn edilirler.

Bu tür kazanların iç cidarlarını şamot veya refrakterle kaplamaya gerek yoktur. Ancak dış ızalasyonun yapılması gereklidir.

Atık duman gazlarının kazana giriş sıcaklıkları diğer kazanlara nazaran daha düşük olduğundan bu kazanların projelendirilmesinde konveksiyonla ısı transferinin mümkün olduğunca yüksek

olmasına çalışılır. Bunun sağlanması için de kazanın ilk kısımlarındaki gaz hızları nispeten yüksek seçilir. Bu hızlar 18-22 m/s arasında değişir.

Kazan çıkışındaki buhar hızı, doymuş buharın kazandan çıkarken fazla su sürüklememesi için genellikle 4-6 m/s alınır. Eğer sistemde kızdırıcı yoksa ve doymuş buhar doğrudan yararlanma yerine gönderilecekse, hız ortalama olarak 15-20 m/s alınabilir

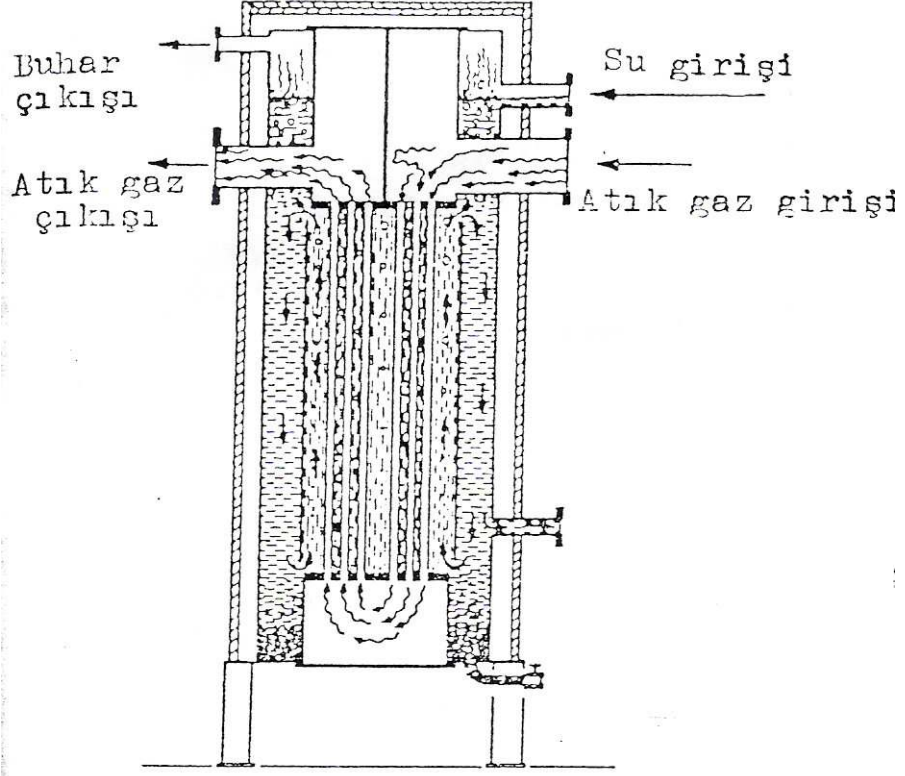
Bu kazanlarda toplam ısı transfer katsayısı; yüzeylerin temizlik derecesine, duman gazı giriş sıcaklığı ve hızına bağlı olarak değişim gösterirler. Ortalama olarak 30 Kcal/h m² h °C değeri verilebilir.

Bu tür kazanların verimleri, devreye bir eko ilave etmek suretiyle önemli ölçüde artabilir. Bu gibi tesislerde verim % 70 lere ulaşır.

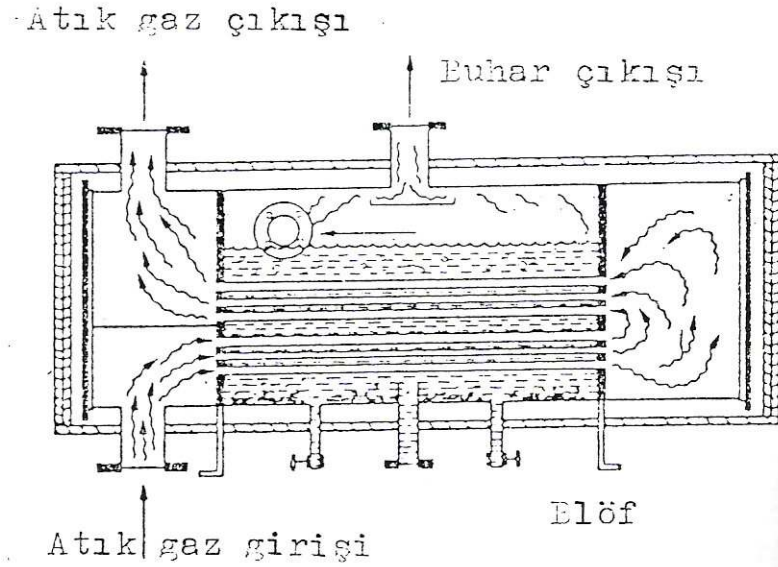
Endüstri tesislerinden çevreye atılan duman gazları içinde, büyük oranlarda toz ve imalatla ilgili yabancı madde parçacıkları bulunmaktadır. Atık ısı kazanlarının verimli çalışabilmesi ısıtma yüzeylerinin temiz kalması ile ilgili olduğundan, bu toz ve yabancı parçacıkların özel önlemlerle tutulması gereklidir. Bu önlemler genellikle filtrelerle siklonlar olmaktadır.

Duman borulu atık ısı kazanları kirlilik açısından 1 m³ duman gazı içinde 200 gramdan az toz içeren gazlarda kullanılmalıdır.

Duman borulu atık ısı kazanları yararlanma amacına işletme şartlarına göre yatay ve dikey tipte dizayn edilebilirler.



Şekil 2.12 Dikey tip duman borulu atık ısı kazanı



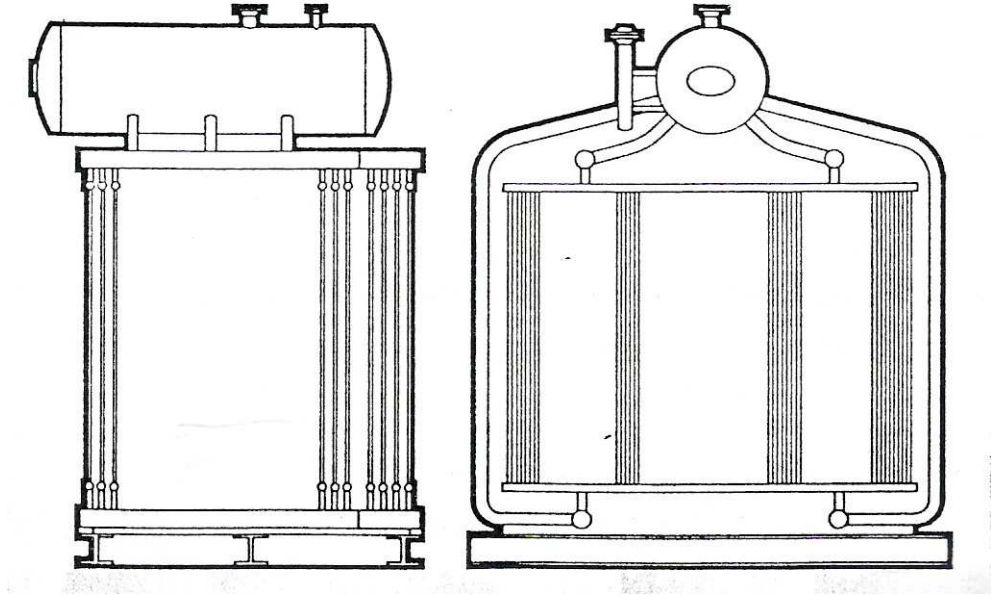
Şekil.2.13 Yatay borulu atık ısı kazanı

Yatay atık ısı kazanlarının tesis yerlerine biraz meyilli monte edilmeleri tavsiye edilmektedir. Bu sayede sirkülasyonun iyileştirilmesi, en yüksek kısımda buharın toplanmasının kolaylaştırılması ve en alçak kısımda duman gazları içinde bulunan toz ve katı parçacıkların toplanması kolaylaştırılmış olacaktır. Bu meyil açısı yaklaşık olarak 15° alınabilir. Dikey tip

atık ısı kazanları içinde yüksek oranda kükürt bulunan yakıtların yanması sonucu oluşan veya içinde yüksek oranda toz bulunduran duman gazlarından yararlanıldığında tercih edilebilirler. Duman gazlarının kazana girişi üstten, çıkışı alttan sağlanır. Bu suretle oluşabilecek yoğuşmalar duman gazları ile sürüklenerek alt kısımdan dışarı atılabilmektedir.

2.3.5.2.2 Su Borulu Atık Isı Kazanları

Su borulu atık ısı kazanları, bir veya birkaç dramın boru demetleri ile bağlanması suretiyle meydana gelmiş olup, duman borulu atık ısı kazanlarının aksine boruların içinden su-buhar karışımı, dışından duman gazları geçer. Su borulu atık ısı kazanlarının resimleri şekil 2.14'te verilmiştir.



Şekil 2.14 Su borulu atık ısı kazanları

Bu baca gazları aşağıdan yukarı doğru akmaktadır. Su ise karşıt akım prensibine göre üstten girmektedir. Ortada buharlaştırıcı kısım yer almaktadır. En sıcak bölge olan altta ise kızdırıcı bulunmaktadır.

Su borulu atık ısı kazanları yüksek basınç ve sıcaklıkta buhar elde edilmek istendiğinde veya duman gazı debisinin yüksek değerlerde olduğu atık ısı tesislerinde tercih edilirler. Atık baca

gazları debisinin 20000 Nm³ /H dan büyük değerlerde olduğu atık ısı tesislerinde, su borulu kazanlar tercih edilmektedir.

Su borulu atık ısı kazanlarında duman gazı hızları, duman borulu atık ısı kazanlarına nazaran daha küçük seçilirler. Duman gazı hızları 6-12 m/s değerleri arasındadır.

Bu kazanların toplam ısı transfer katsayısı; yüzeylerin temizlik derecesine, duman gazı giriş sıcaklığına ve hızına bağlı değişim gösterirlerse de ortalama olarak 35 Kcal / m² h °C civarındadır. Su borulu atık ısı kazanları, duman borulu atık kazanlarına nazaran bünyesinde yüksek oranda toz ve yabancı madde içeren gazların yararlanılması durumunda tercih edilmektedir. Su borulu atık ısı kazanlarında, borular genellikle dikey konulduğundan, duman gazlarında bulunan tozların ısı transfer yüzeyleri üzerinde kirlenme yapması azalmaktadır. Bu kazanlarda süper hiter ve ekonomizer de genellikle dikey konumda yerleştirilir.

Su borulu atık ısı kazanlarının konstrüksiyonunda duman gazlarının içinde bulunan toz ve yabancı maddeler dikkate alınarak aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

1. Kazan girişinde, gazların ani yön değiştirmesi sağlanarak toz ve yabancı maddelerin çökmesi sağlanmalıdır.
2. Gaz hızları nispeten düşük seçilerek ısıtma yüzeylerinde aşımalar minimuma indirilmelidir.
3. Gereken yerlere perdeler koymak suretiyle gazların bütün boruları aynı oranda yalamaları sağlanmalıdır.
4. Yüzeylerin temizliğini sağlamak için, bol miktarda üfleme memesi konulmalıdır.
5. Kazanın sık sık temizliği yapılacağı düşüncesiyle gereken yerlere giriş kapağı yapılmalıdır.
6. Birikecek tozların özel bir tertibatla toplanması sağlanmalıdır.

2.3.5.3 Ekonomizerler

Baca gazlarının ısısından yararlanarak besleme suyunun ısıtılmasını sağlayan ekipmanlara ekonomizer denilmektedir. Atık ısı kazanlarının verimliliğini arttırmak ve kazanlar içindeki aşırı sıcaklık değişmelerini önlemek için besleme suyu ekonomizerde ısıtılarak kazana gönderilir. Ekonomizerin tesiste kullanılmasının bir faydasıda suyun ısıtılması sırasında,

kazanda birikime yol açacak maddelerin çökmesine ve kazana gitmeden sudan ayrılabilmesine olanak vermektir.

Bu cihazlarda; genellikle besleme suyu borularının içinden duman gazları ise boruların dışından akar. Baca gazlarının boruların içinden, suyun boru dışından aktığı tiplerde mevcuttur. Ekonomizerler genellikle ters akımlı dizayn edilirler. Şekil 10 da baca gazlarının borularının içinden suyun borularının dışından aktığı bir ekonomizer görüntülenmektedir.

En yaygın ekonomizer tipi, dökme demirden flanşlı ve dört köşe kanatlı borulardan imal edilen ekonomizerlerdir. Bu borular yatay olarak yerleştirilmiş ve gene dökme demirden yapılmış direseklerle birleştirilmiştir. Bu tür ekonomizer resimleri ve kanat resimleri şekil 11 ve 12 de verilmiştir. İkinci bir tipte, çelik boruların kıvrılması sonucu imal edilen ekonomiyötörlerdir. Bu tipler, yüksek basınçlarda uygun olmakla beraber, besleme suyunun yumuşatılmış, gazdan ve havadan arıtılmış olmasını gerektirirler.

Ekonomizelerde kullanılan boru çapları değişkendir. Genellikle 48-97 mm iç çaplı borular kullanılır.

Ekonomizerlerde ısı transferi konveksiyonla sağlanmaktadır. Suyun ısı katsayısı; duman gazlarına nazaran çok yüksek olduğundan toplam ısı transfer katsayısı, duman gazı tarafındaki ısı transfer katsayısına yaklaşık eşit olmaktadır. Bu değer, duman gazlarının ekonomizere giriş hızına ve sıcaklığına, ekonomizerin dizaynına, ısı transfer yüzeylerinin temizliğine vs. bağlı değişiklik göstermekle beraber, ortalama 10-25 Kcal /m²h°C arasında kalmaktadır.

Duman gazları tarafında kanatlı boru kullanılması toplam ısı transfer katsayısını arttıracaktır. Kanatlı boru kullanılması durumunda yüzey sıcaklıkları yükseleceğinden duman gazlarının ısı transfer yüzeyleri üzerinde yoğunlaşma tehlikesi de azaltılmış olacaktır.

Ekonomizerlerde duman gazı hızları 4-15 m/san. arasında seçilir.

Duman gazları içindeki su buharı ve kükürtdioksitin yoğunlaşıp ısı transfer yüzeylerine zarar vermesini önlemek için suyun ekonomizere giriş sıcaklığı, duman gazlarının çiğ noktası sıcaklığının üzerinde olmalıdır.

Suyun ekonomizerden çıkış sıcaklığının, doymuş buhar sıcaklığından aşağıda tutulması, ekonomizer için zararlı olan su buharının oluşmaması açısından önemlidir.

2.3.5.4 Kızdırıcılar

Kızdırıcılar; atık ısı kazanlarında üretilen doymuş buharın kızdırıldığı ekipmanlardır. Ve serpantin şeklindeki boru demetlerinden oluşurlar.

Bu kızdırıcı içinde; teorik olarak doymuş, pratikte ise doymuş buhar kuruluşuna çok yakın yaş buhar, atık baca gazlarının ısısından yararlanmak suretiyle sabit basınç altında ısıtılır ve istenilen şartlarda kızgın buhar elde edilir.

Genellikle buhar boruların içinden duman gazı boruların dışından akar. Gaz sıcaklığının yüksek olması halinde, gaz ve buharın aynı yöne akması tercih edilmektedir. Gaz sıcaklığı düşük ise, iyi bir ısı geçişine, dolayısıyla daha yüksek kızdırıcı gücüne olanak sağlayan ters akım tercih edilmektedir.

Kızdırıcılarda, boru malzemesi olarak sıcaklığa dayanıklı alaşımlı çelikler kullanılır. Boru malzemesini aşırı sıcaktan korumak ve duman gazları içindeki toz, kül gibi maddelerin boru yüzeyine yapışmasını önlemek için, 900 °C'den yüksek atık duman gazlarında, özel malzemeler kullanılmalı ve önlem alınmalıdır.

Kızdırıcılarda duman gazı hızları, 5-12 m/s arasında seçilirler. Buhar hızının ise, kızdırıcı borularının iyi bir şekilde soğutulması ve kızdırıcı gücünün azalmaması için belli bir değerin altına düşmemesi gerekmektedir. Bu hız ortalama olarak 15-20 m/s arasında olmaktadır.

Boru demetleri arası mesafe boru çapına, gaz debisine, gaz hızına bağlı olarak, 70-200 mm arasında değişmektedir.

Toplam ısı transfer katsayısı; buhar hızına, doymuş buharın ıslaklığına, kazan gücüne , duman gazı sıcaklığına v.s bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ortalama olarak 20-30 Kcal/m²h°C değerleri arasında kalmaktadır.

Kızdırıcıların konstrüksiyonunda ilk sıralardaki kızdırıcı boruları hafif meyilli yerleştirilerek buhar içinde bulunabilecek suyun başlangıçta ayrılmasına çalışılabilir.

Kızdırıcılarda, özellikle yüksek sıcaklıklarda, buhar çıkış sıcaklığının mümkün olduğu kadar sabit tutulmasına çalışılmalıdır. Buhar sıcaklığını kontrolü; kızgın buharın doymuş buharla karıştırılması, kızdırıcıdan geçen duman gazı miktarının ayarlanması (bypass) veya kızgın buhar soğutucuları yardımı ile yapılmaktadır.

2.4 Bacaya Atılan Sıcak Duman Gazlarından Yararlanma Yöntemleri

Gerek endüstriyel tesislerde, gerekse konutlarda yakılan yakıtla ilgili olarak, kullanımdan sonra bacaya atılan sıcak duman gazlarından geri ısı kazanımı yapılarak yakıt tasarrufu sağlanır. Bacaya atılan sıcak duman gazı sıcaklıkları kullanıldığı yere bağlı olarak aşağıda belirtilen sıcaklıklarda bacaya atılır. Yakılan yakıtın türüne bağlı olarak bu baca gazı sıcaklıkları sıvı yakıtlarda (yakıtın içindeki kükürt miktarına bağlı olarak) 100 °C'ye, gaz yakıtlarda 30 °C'ye kadar düşürülebilir. Buradan elde edilecek ısı ile kazan besi suyu, kalorifer tesisatı suyu, sıcak kullanma suyu, endüstride proses suyu, veya kazanlarda yakma havası ısıtılabilir ya da ısıtma, kurutma için sıcak hava üretilebilir.

Unutulmamalıdır ki, bacaya atılacak sıcak duman gazlarından ısı alarak; yapılan her 20 °C düşürülüş, yaklaşık %1 yakıt tasarrufu sağlar. Doğal gazda üst ısıl değer ile alt ısıl değer arasında % 11 fark vardır.

Bu değer sıvı yakıtta % 6,4 mertebesinde dir. Bilhassa doğal gaz gibi yakıtların yakılması neticesinde duman gazı içinde hacimsel olarak % 17 oranında su buharı teşekkül eder. Doğal gazın bünyesinde kükürt olmadığından, duman gazı sıcaklığını 30 °C gibi bir değere düşürdüğümüzde su buharı bünyesindeki gizli ısının bir kısmında alınarak kazan verimi % 106 (alt ısıl değere göre) gibi bir değere ulaşmaktadır.

Bu arada yoğuşan suyun PH değeri $\frac{3}{4}$ civarında olduğundan, kazanın yoğuşma bölümünün, aside dayanıklı 316L kalitesinde paslanmaz çelikten yapılması gerekmektedir. Sıvı yakıtta yoğuşan suyun PH'ı 2,5'a kadar düşer. Ancak geri kazanılan yakıt tasarrufu ile yapılan yatırımın bedeli çok kısa zamanda amorti edilmektedir. Duman gazları içindeki su buharı; çığ noktası aşağıdaki şartlara bağlı olarak değişir.

Çığ noktasını yakıtın cinsi, yakıttaki kükürt miktarı, duman gazındaki O₂ ve CO₂ miktarı belirler. Duman gazındaki CO₂ yüksek ise çığlenme (yoğuşma) noktası da yüksek olur. Doğal gazda % 11 CO₂ sıvı yakıtta % 14 CO₂ katı yakıtta % 14 CO₂ değerleri normaldir. Baca gazlarında da doğal gazda % 2-3 O₂, sıvı yakıtta % 3-4 O₂, katı yakıtta % 5-6 O₂ normal değerlerdir.

Bilindiği gibi motorinde % 0,7, kalorifer yakıtında % 2, ağır fuel-oil (350 saniye No.6)'de % 3 kükürt (S) bulunmaktadır. Son zamanlarda BP tarafından çıkarılan max % 1 kükürtlü BP Extra fuel-oil'in fiyatı No.6 ağır fuel-oil'e göre pahalı görünmekle birlikte; çiglenme noktası 100 °C gibi değerlere düştüğünden, bacaya atılan duman gazlarının ısısından daha fazla istifade etme imkanı (No.6 ağır fuel-oil yakılan yerlerde alçak sıcaklık korozyonuna maruz kalmaması için hiçbir zaman baca gazı sıcaklığı 200 °C'nin altına düşürülmez.) vardır. Ayrıca hava kirliliğininde azaltıldığı unutulmamalıdır.

Fuel-oil'deki kükürt'ten dolayı alçak sıcaklık korozyonu tehlikesi dolayısı ile karbonlu çelikten üretilen bir yakma havası ısıtıcısı için 4-5 yıl ömür biçilirken aynı ürün için doğal gazda 20 yıl ömür biçilmektedir.

Düşük sıcaklık kazanlarında prensip, kazanı terk edip bacaya giden duman gazlarında yoğuşma olmadan bacadan atılmasıdır. Bu bakımdan baca gazında yoğuşma sıcaklıklarına yakın değerlerde risk almamak için baca ve duman kısımları korozyona dayanıklı paslanmaz çelikten yapılmalı; hatta ısı izolasyonu yapılmalıdır.

Ülkemizde düzgün bir enerji politikası olmadığından, 10 yıl sonranın ne olacağı tam kestirilememektedir. Örneğin kalorifer yakıtına göre daha ucuz bulunan LPG'ye göre yapılan tesisler; bugün LPG'nin pahalı duruma gelmesi dolayısı ile daha ucuz yakıtı dönme çareleri aramaktadır. Bu bakımdan tavsiyemiz gaz yakan (doğal gaz veya LPG) gerek kalorifer kazanlarında, gerekse endüstri kazanlarında kazan 2 bölümden oluşmalı; 1'inci bölüm hem gaz hemde sıvı yakıt yakabilir durumda olmalı, 2'inci bölüm sadece yoğuşma bölümü olarak düşünülmesi ve gaz yakımında kullanılmalıdır.

Böylece klasik kazanlarda da kazan arkasına ilave edilecek bir geri kazanım ünitesi vasıtası ile yakıt tasarrufu yapılabilecektir. Aynı şekilde gaz yakan endüstriyel tesislerde de kazan arkasına ilave edilecek bir yoğuşmalı geri kazanım ünitesi (yoğuşmalı ekonomizer) vasıtası ile; duman gazları sıcaklıkları 30 °C'a kadar düşürülüp; alt ısı değerine göre % 85/90 olan kazan verimleri % 106 değerine kadar çıkabilecek ve azınsanmayacak yakıt tasarrufu yapılabilecektir.

Kazanı terk eden duman gazı sıcaklıklarını 30 °C'ye kadar düşürebilmek için, geri kazanım ünitesine sokulacak olan 15/20 °C sıcaklığındaki yumuşatılmış su; buhar kazanı besisi suyu, kalorifer suyu, sıcak kullanma suyu, endüstride proses sıcak suyu olarak kullanılabilir.

Duman gazı bünyesindeki su buharından yoğunlaşan su da (PH değeri $\frac{3}{4}$) istenirse kalsiyum karbonat vasıtası ile nötrleştirilerek kanalizasyona atılır.

Sıcak su (kalorifer) kazanlarında, gaz yakımında, kazan bölümünde; yoğunlaşma olmaması için tedbir alınmalıdır.

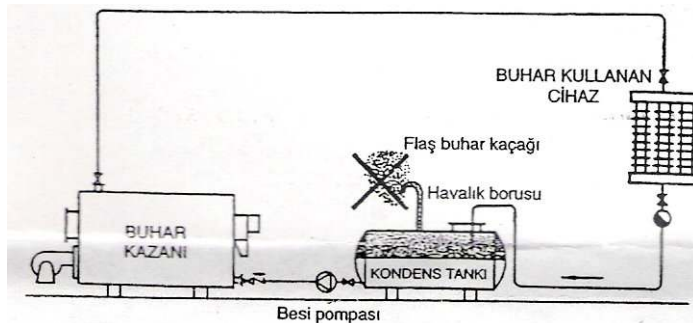
2.5 Flaş Buhardan Isı Geri Kazanım Yöntemleri

Atmosfere açık kondens sistemini haiz buhar üretim tesislerinde kondens tankından atmosfere buhardan (flaş buhar) geri ısı kazanımı:

Buhar kazanından belirli bir işletme basıncında üretilen buhar, kullanım yerinde gizli ısını bırakarak işle basıncından yoğunlaşır ve su halinde kondens toptan geçerek; atmosfer (açık hava) ile irtibatlı kondens hattına geçer.

Basınç düşümü nedeni ile yoğunlaşma neticesi oluşan suyun bir kısmı tekrar buharlaşır. (Flaş buhar) ve su – buhar karışımı borusundan kaçarak atmosfere gider.

Kondenstopların hatalı seçilmesi veya arızalı olması halinde kaçaklar artar. Buhar kullanılan birçok tesiste kazan dairesinin yan tarafından yükselen beyaz buhar bulutu bu olayın göstergesi ve sanki doğal bir olaymış gibi algılanır. Önlem alınmadığı takdirde üretilen buharın (Dolayısıyla yakıtın) % 10 havaya girer.



Şekil 2.15 Kondens tankı havalık borusu flaş buhar kaçağı

Bu olayın müesseseye ne kadar yakıt kaybına sebebiyet verdiğini bir örnekle açıklayalım.

Örnek:

10 Bar basıncında saatte 10 ton buhar kullanan ve tamamı kondense olan ve günde 10 saat çalışan endüstriyel bir tesiste flaş kaçağından dolayı yakıt kaybının belirlenmesi: (Kondens hattındaki flaş buhar basıncını 0.5 bar kabul edelim. Genellikle bu değer civa oluşur) Bir kilo buhar üretimi için pratik olarak 600 Kcal gerekli olduğu kabul edilmiştir. Diyagram birden 10 bar buhar basıncı ve kondens basıncı 0.5 bar aldığıında bir kilo kondens (yoğuşan)suyu için 0.014 Kcal Flaş buhar bulunur. 10 Ton buhar $10.000 \times 0.014 = 1.400$ Kg / h Flaş haline gelir. Tesis günde 10 saat çalışıyorsa $1.400 \times 10 = 14.000$ Kg / gün Flaş buhar, yılda 300 gün çalışan tesiste $300 \times 14.000 = 4.200.000$ Flaş buhar kaçağı olur. Bu buharın üretimi için gerekli yakıt miktarı;

Kazan verimi $\eta_k = 0.85$ kabul edilmiştir

$$B = \frac{Q}{\eta_k \times H_u} \quad (2.3)$$

Q = Isı kapasite (kcal/h)

B = Yakıt miktarı (Kg / hız veya m³/hız)

H_u = Yakıtın alt ısı değeri (Kcal / kg veya Kcal / m³)

η_k = Kazan verimi (0.85 kabul edilmiştir.)

No: 6 fuel oil yakımı halinde yıllık yakıt kaybı:

$$B = \frac{Q}{\eta_k \times H_u} = \frac{4.200.000 \times 600}{0,85 \times 9600} = 308.823 \text{ kg /yıl fuel oil kaybı}$$

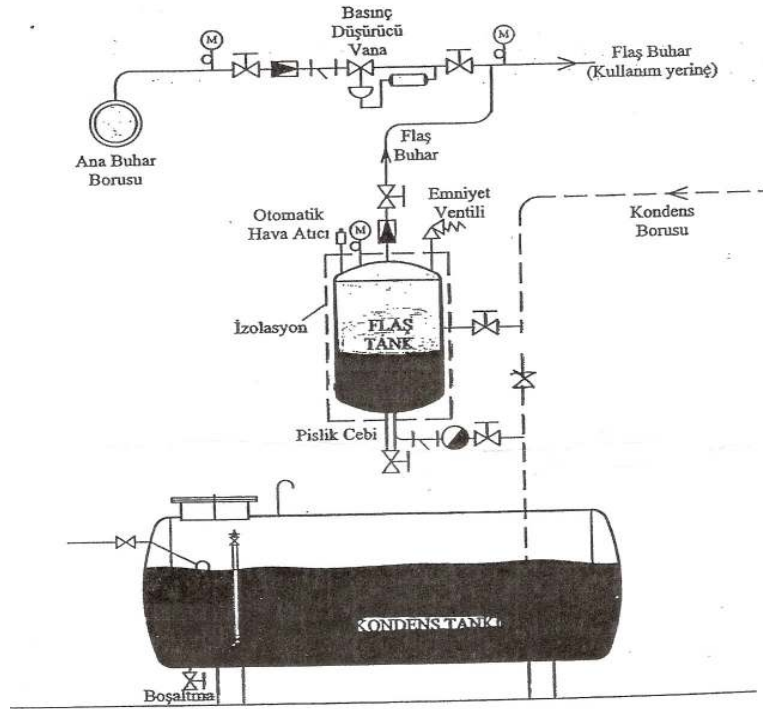
Doğalgaz yakımı halinde yıllık yakıt kaybı:

$$B = \frac{Q}{\eta_k \times H_u} = \frac{4.200.000 \times 600}{0.85 \times 8.250} = 359.358 \text{ m}^3/\text{yıl doğalgaz kaybı}$$

Flaş buhar – Kondens suyu (yoğuşan su) karışımı kondens tankına gelmeden önce flaş buhar kondens suyundan “Flaş buhar ünitesi” ile ayrıştırılarak tesiste kullanılabilme durumuna göre;

- Degazörün buhar ihtiyacının karşılanmasında
- Kazan besisi suyunun ısıtılmasında
- Sıcak kullanma suyu üretiminde
- Sıcak su (ısıtma için) üretiminde
- Sıcak hava üretiminde
- Fuel oil – ana tankın ısıtılmasında değerlendirilir.

1000 KG / hız ve daha büyük buhar üretim tesislerinde; atmosfere açık kondens tankından kaçan flaş buhardan faydalanarak ısı geri kazanımı yapar ve % 5 – 15 yakıt tasarrufu sağlar.*



Şekli 2.16 Flaş buhar uygulaması

3 KOJENERASYON

Birleşik ısı ve güç üretimi olarak da tanımlanan kojenerasyon, aynı santralde tek bir enerji kaynağından mekanik güç ve ısı enerjisinin birlikte üretilmesidir. Sistemin ana amacı, konvansiyonel mantıkla sadece elektrik üreten termik güç santrallerinden aynı zamanda ısı enerjisi elde edilmesidir. Mekanik güç genellikle bir elektrik jeneratörünün güç kaynağı olarak kullanılmakla birlikte pompa veya kompresörlerin tahrip kaynağı olarak da kullanılmaktadır. Kojenerasyon sistemleri genellikle yüksek sıcaklıkta çalışan çevirimler için uygundur. Bu çevirimlerde yüksek sıcaklıktaki enerji mekanik güç üretiminde kullanılır. Mekanik güç üretiminde değerlendirilmeyen atık ısı ise kızgın ve/veya doymuş buhar üretimde ve/veya doğrudan kurutma amacıyla kullanılabilir. Isı enerjisinin iletimi sırasında ortam olarak sıcak su veya buhar kullanılmaktadır. Bu seçim tüketicinin ihtiyacına ve iletim hattının içinde bulunduğu duruma göre değişebilir.

Tek bir sistemde elde edilen ısı ve gücün daha yüksek enerji kullanım verimliliğini göstermektedir. Kojenerasyon sisteminde güç üretim tesisi için endüstriyel proses bir kondenser yada ısı düşüm yeri olmaktadır





Şekil 3.1 Kojenerasyon uygulamalarından örnekler

3.1 Kojenerasyon ve Kojenerasyon Yaklaşımları

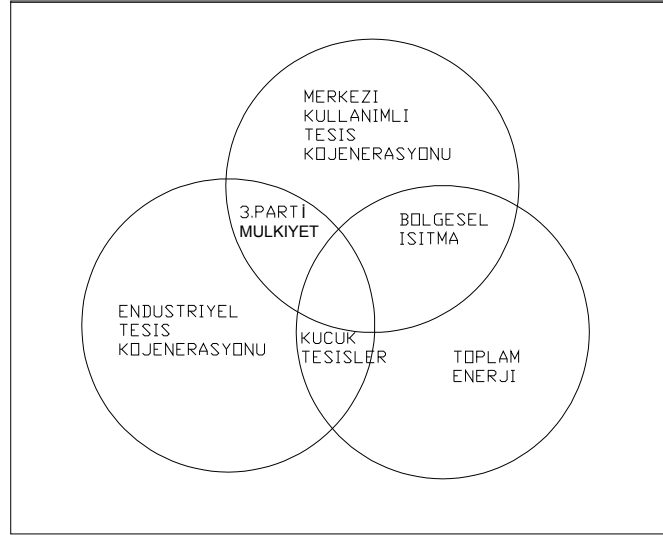
Kojenerasyon yapılan ısı ve güç üretiminin ekonomik öneminin yanında çevresel atıklar yönünden değerlendirildiğinden önemi daha da artmaktadır. Elde edilen her KW enerjiye karşılık çok daha az CO₂, NO_x ve SO₂ gazları atmosfere bırakılmaktadır.

Kojenerasyon Yaklaşımları

Kojenerasyonda 3 ayrı yaklaşım vardır.

- Merkezi Kullanımlı Tesis Sistemleri
- Endüstriyel Tesis Sistemleri
- Toplam enerji yada Modüler Entegre Edilmiş Sistemler

Kojenerasyon terimi, çift amaç için üretilen ısı cinsinden enerji dönüşüm projesini karakterize eder. Genellikle elektrik ve yararlı ısı (sıcak su veya buhar formunda) üretmek için kullanılırlar. Aslında çoğu çift amaçlı proses, elektrik güç üretimi için enerjinin kullanım verimliliğini artırır.



Şekil 3.2 Kojenerasyon formları

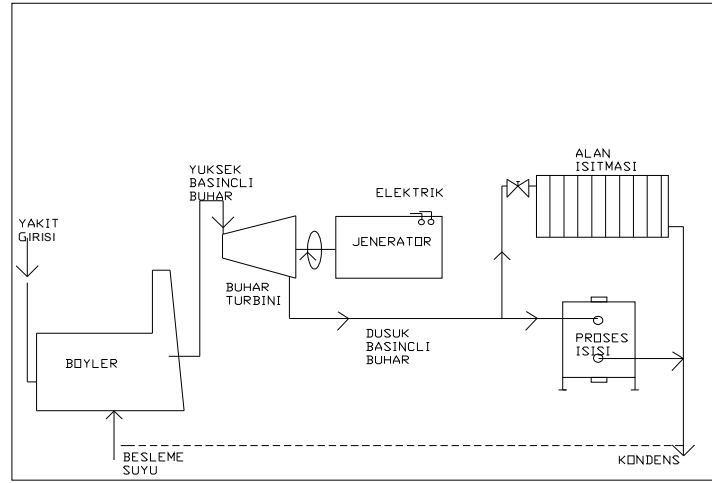
Merkezi ısıtma buharı / elektrik kojenerasyonu ve endüstriyel tesislerdeki kojenerasyon 50 yıldan fazla kullanılmaktadır. Ancak Toplam Enerji Sistemi gibi bazı kavramlar yeni ele alınmaktadır.

3.1.1 Merkezi İstasyonlu Buhar ve Elektrik Üretimi

Büyük merkezi istasyon güç tesislerinde kojenerasyon ticari ve konutsal binalarda alan ısıtması, sıcak su eldesi, endüstri tesislerinde düşük sıcaklıkta proses ısısı yada her ikisini sağlar.

Bu sistemler aynı anda buhar ve elektrik üretirler. Son yıllarda bölgesel ısıtmada küçük, tek amaçlı, düşük basınçlı buhar üretimi yerine, büyük, yüksek basınçlı elektrik üretim istasyonları tercih edilmektedir. Çift amaçlı sistemlerin yatırım, işletme ve bakım maliyetlerinin daha

kompleks ve yüksek olmasına rağmen, yakıt fiyatlarındaki artışlara bakılırsa karlılığı artırmaktadır.



Şekil 3.3 Merkezi istasyon kojenerasyonu

3.1.2 Endüstriyel Tesisler

Bir çok tesiste (kağıt, kimya, petrol gibi elektriğin ve buharın büyük ölçülerde kullanıldığı endüstrilerde) kojenerasyon tercih edilmektedir. Mevcut tesislerde yeni yada daha verimli çift amaçlı kojenerasyon sistemleri kurulmaktadır. Örneğin kombine çevrim kojenerasyon sistemi kullanan bir kimya fabrikası 30 yıl önceki tesisinden % 30 daha fazla yakıt tasarrufuyla çalışır. Yıllık yaklaşık 50 milyon KWh elektrik üretilen bir tesiste, yılda 250 trilyon Btu tasarruf sağlanacaktır.

3.1.3 Toplam Enerji Sistemleri

Elektrik ve ısı üretimi sağlayan çift amaçlı sistemler apartmanlarda, alışveriş merkezlerinde, üniversitelerde yada endüstriyel parklarda kullanılmaktadır. Ancak bu küçük sistemler yüksek maliyetlidirler. Küçük boyler ve jeneratörler için birim buhar yada elektrik çıkışı başına yatırım maliyeti, büyük endüstriyel yada merkezî sistemlere göre %50-100 daha fazladır. Yüksek bakım ve işçilik maliyetleri de işletim maliyetini artırır. Elektrik ve ısı için kullanıcı talebi saatlik, günlük ve mevsimlik olarak değişir. Çoğu ekipman aralıklı olarak çalışırlar. Ancak

peak talebini de güvenli olarak karşılamak için ekipmanlar hazır beklemelidir. Gerekenden fazla ekipman da elektrik ve ısının birim maliyetini arttırır.

Gelişen teknolojilerle küçük sistemler daha ekonomik hale gelmektedirler. Bu tip uygulamalarda küçük bir gaz türbini, boyler ve bir buhar türbini güvenilir ve düşük işletim ve bakım maliyetleri ile üretim yapabilirler.

3.2 Buhar Türbini Kojenerasyonu

Buhar türbini sistemleri genel olarak bir boyler ve bir karşı basınç buhar türbininden oluşmuştur. Bu sistemde boylerde buhar üretmek için fosil yakıtlar veya atık yakıtlar yakılır. Yüksek basınçlı buhar, bir rotoru döndürmek üzere buhar türbinine gönderilir. Türbin bir jeneratörü tahrik eder ve elektrik üretilir Karşı basınç türbinin alternatifi olarak aynı tarzda çalışan, ancak endüstriyel bir proseste kullanmak için orta kademelerde farklı basınç ve sıcaklıklarda buhar çekilen Ekstraksiyon buhar türbini de kullanılabilir. Türbinin son kademesinden çıkan buhar yeniden kullanılmak için yoğunlaştırularak boylere gönderilir.

Karşı basınç türbinleri genelde, sadece proses buharı üreten klasik buhar türbinlerinden ve yalnız elektrik üreten güç tesislerinden daha verimlidirler. Buhar türbinleri, gaz türbinleri yada dizel motorlarda üretilen birim güç başına daha az yakıtı ihtiyaç duyarlar. Ancak birim proses buharı başına diğer iki sistem kadar elektrik üretemezler.

3.3 Atık Isı Kullanımlı Gaz Türbin Kojenasyonu

Sıkıştırılmış havayı ve bir gaz yakıt (doğalgaz) veya sıvı bir petrol ürünü (distile oil) yakarak işleten atık ısı geri kazanımlı gaz türbini bir kojenerasyon sistemidir.

Yanarak genişleyen sıcak gazlar türbinin içinden geçerek bir rotoru döndürür. Gaz türbin rotoru bir jeneratöre bağlıdır ve elektrik üretir. Türbinden çıkan sıcak gazlar bir atık ısı boylerine girerek endüstriyel proses uygulaması ve alan ısıtması için buhar üretirler yada direkt olarak proses ısısı uygulamasında kullanılırlar.

Kombine çevrim sistemi, gaz türbin sisteminin bir türüdür. Gaz türbininden çıkan atık ısı, hemen proses ısısı veya buharına dönüştürmekten ziyade elektrik üretmek için kullanılır

3.4 Ana Makinalar

Ana makina, elektrik jeneratörlerini tahrik eden mekanik sisteme verilen addır. Seçimdeki en önemli iki faktör, yakıt kullanılabilirliği ve ısı/güç oranıdır. Ana makineler, gaz türbinleri, gaz ve dizel motorlar, buhar türbinleri ve gaz ve buhar türbinlerinin birlikte kullanıldığı kombine sistemlerden oluşur.

3.4.1 Gaz Türbinleri

Gaz türbini son yıllarda geniş ölçekli ısı ve elektriğin birlikte üretildiği 10 MW kapasiteden daha büyük sistemler için kullanılan en yaygın ana makine olmuştur. Gaz türbini, bir veya daha fazla yanma odasında yakılan yakıttan üretilen basınçlı yanma gazları ile bir rotorun ve buna bağlı şaftın dönmesiyle mekanik güç üretir. Bir kompresör de yakma havasını sıkıştırmak için kullanılır.

Yanma gazları güç türbinine 900-1200 °C sıcaklıkta girerler ve 450-550 °C sıcaklıklarda egzost edilirler. Egzost gazlarının sahip olduğu bu enerji çevrim için ikinci ısı enerjisi kaynağıdır. Kullanılır ısı/ güç oranı aralığı gaz türbininin karakteristiklerine bağlı olarak 1,5/1 ile 3/1 arasındadır. Gaz türbini yakıtı yakmak için gerekli olan hava miktarından daha fazlasını içine alır. Bu yüzden egzost gazları fazla miktarda oksijen içerirler. Bu fazla oksijen ile extra yakıt yakılabilir. Böylece ilave yanma, toplam ısı/ güç oranını 10/1 kadar yüksek değerlere çıkarabilir. Bu, değişken ısı yüklerinde bir sistemde bir esneklik sağlar ve yüksek sıcaklık uygulamalarında akışkan gaz sıcaklığının artırılmasını mümkün kılar. Gaz türbinleri yüksek güvenilirlikte ve minimal bakım ihtiyacıyla çalışırlar. Dünyada gaz türbinleri 500 KWe'den 20 MWe'e kadar geniş bir güç aralığında üretirler. Ancak 1 Mwe' den küçük türbinler, düşük verimlilikte çalışırlar ve birim KWe başına yüksek yatırım maliyeti gerektirirler. Yıllık çalışma saatinin %96'sını çalışma garantisiyle üretirler.

Gaz türbinlerinin avantajları şöyle sıralanabilir:

- Isı / güç oranında esnekliği potansiyeli
- Uzun süreli kesintisiz çalışma güvenilirliği
- Yüksek kalitede ısı sağlaması
- Elektrik çıkışı frekans kontrolünü yüksek hızlarda da sabit kılma
- Yüksek güç / ağırlık oranı
- Soğutma suyuna ihtiyaç duymaması

Dezavantajları ise,

- Çıkış aralığı içindeki sınırlı ünite hacimleri
- Motorlara göre daha düşük mekanik verim
- Eğer gaz yanmalıysa yüksek basınçlara ihtiyaç duyması
- Yüksek gürültü seviyeleri
- Düşük yüklerde verim düşüklülüğü

3.4.2 Motorlar

Kombine ısı güç sistemlerinde kullanılan motorlar otomobillerde kullanılan benzin ve dizel motorlara benzeyen içten yanmalı motorlardır. Kullanılabilir ısı / güç oranı temel olarak 0,5 /1 ile 2/1 arasındadır. Egzost gazı geniş ölçüde fazla hava içerir. İlave yanma mümkündür ve oranı 5/1 'e çıkarabilir.

Motorlar ve yağlama yağları soğutulmalıdır. Bu yüzden kullanılsın veya kullanılsın bu suyun ısınmasından dolayı 120 °C'ye kadar sıcak su formunda bir ısı kaynağı oluşur. Egzost gazlarının ısısı yaklaşık olarak 400 °C'ye kadar çıkabilir. Soğutma ve egzost ısıları motor tarafından üretilen toplam ısı oranına eşittir. Ateşleme sistemlerine göre sınıflandırılan iki tip motor vardır. Basınçlı ve kıvılcımlı ateşleme.

Sıkıştırma Ateşlemeli (Dizel) Motorlar

Genellikle dört stroklu, turboşarjlı ve ara soğutmalı direkt enjeksiyonlu makinalardır. Dizel motorlar, gaz yağı, ağır artık fueloiller ve doğalgaz yakarlar. Çift yakıtlı modellerinde, gaz yakıtın küçük bir miktarı ateşleme için enjekte edilir. Şaft verimleri %35-45 arasındadır. Çıkış aralıkları 15 MWe'ye kadardır. Soğutma sistemleri kıvılcımla ateşlemeli sistemlere göre daha karışıktır ve sıcaklıklar maksimum 85 °C dir. Egzost hava seviyeleri yüksektir ve ilave yanma mümkündür. Bu motorlar 1500 d/d'ya kadar devirlerde çalışırlar. Genelde yaklaşık 2 MWe'a kadar motorlar orijinal otomotiv dizellerinin türevleridir. Gaz yağıyla işletilir ve hız aralıklarının üst seviyelerinde çalışırlar. 500 KWe'den yukardaki deniz dizel motorları ve çift yakıtlı veya artık yakıt kullanan makinalar orta ve düşük hız seviyelerinde çalışırlar

3.4.3 Buhar Türbinleri

Buhar türbinleri esas itibariyle gaz türbinleri ile benzerdir. Fakat türbini çalıştırmak için gerekli enerji, buhar ile sağlanır. Buhar basıncına ve debisine bağlı olarak ısı enerjisi türbin kademelerinde mekanik enerjiye dönüşür. Tüm buhar akışı türbinden geçer ve ihtiyaç duyulan basınçta türbinden egzost edilir. Birden fazla kademedeki ısı gereken yerlerde, yüksek kademedeki kullanmak için türbin boyunca uygun basınçta ekstraksiyon buharı çekilir. Daha düşük basınçlı prosesler için egzost edilmeden önce ilave güç üretimi için buhar devam eder. Çıkışa bir kondenser konularak vakuma doğru genişletilen buhar ile güç çıkışı artırılabilir. Bu şekilde düşük seviyeli ısı açığa çıkar ki genel kural olarak bu bir kombine ısı ve elektrik üretim sistemi değildir. Buhar türbin setleri çalışma şekillerine göre isimlendirilirler.

Buhar türbinleri sadece yüksek basınç ve sıcaklıkta buhar girişi ve nispeten düşük mertebede ısı çıkışında önemli miktarda güç üretirler. Tesis buhar boyler ihtiyacından dolayı pahalıdır. Bu yüzden buhar türbin uygulamaları, gaz türbinlerinden ve gaz motorlarından daha sınırlıdır. Çok ucuz bir yakıtın buhara ilk dönüşümünden sonra kullanımı daha sık bir uygulamadır. Türbin giriş basıncı ne kadar yüksek ise üretilen güç de o kadar yüksek olur. Ancak yüksek buhar basıncı, yüksek boyler yatırımı ve çalışma maliyeti getirir. Tesisin büyüklüğüne ve buhar ihtiyacına göre bir optimizasyon yapılır. Endüstride elektrik kullanımının artması, kullanılabilir ısı/güç oranının 3/1'den daha az olması mümkün olmayan belki 10/1 ya da daha fazla olan

buhar türbinleri kullanımını azalan buhar kullanımı pahasına sınırlamıştır. Buhar türbinleri, gaz türbinlerinin bir çok özelliklerini paylaşır; güvenilirlik, yüksek hız ve yersiz tesis gereksinimleri yoktur. Gürültü problemi de gaz türbinlerinde olduğu gibi aşırı değildir

3.5 Kombine Çevrim

Tekil çevrimler yüksek ısı çıkışı sağlarlar. Bu ısı buhar üretmek için kullanılabilir. Üretilen buhar, elektrik üretimini arttırmak için bir buhar türbinine kısmen veya tamamen gönderilebilir, ki bu sisteme ‘Kombine Çevrim’ denir. Bu gaz türbin sistemlerinde sık sık uygulanır. Gaz türbinleri yüksek dereceli ısı üretirler. Yani buhar türbin gücünü maksimize edecek kadar yüksek basınçta buhar üretilebilir ve hala bölge için düşük basınçlı buhar ya da onun eşdeğeri sıcak su sağlanabilir. Eğer ilave yanma kullanılıyorsa kombine sistem, ısı ve elektriğin birlikte çok esnek üretimini sağlar.

Termodinamik olarak kombine çevrim, Brayton gaz türbin çevrimi ile bir Rankine buhar türbin çevrimini içerir. Brayton çevriminden açığa çıkan egzost gazındaki atık ısı, Rankine çevrimi için ısı kaynağıdır. Buhar türbininden atılan ısının düşük sıcaklıkta olmasından dolayı da kullanılan yakıt yüksek bir verimle değerlendirilmiş olur. Elde edilen düşük basınç ve düşük sıcaklıklı buhar da alan ısıtmasında kullanılabilir.

3.5.1 Kombine Elektrik ve Isı Üretim Sistemlerinin Temel Elemanları

Bu sistemler beş temel elemandan oluşur.

- Motor
- Elektrik Jeneratörü
- Isı Dönüşüm Sistemi
- Kontrol Sistemleri
- Egzost Sistemi

Bazı uygulamalarda gürültüyü azaltmak için bir akustik duvar da sisteme ilave edilmektedir.

Bu sistemde giren yakıt miktarının çevrim verimi oranındaki değerleri elektriksel güce ve ısıya dönüştürülmektedir. Bu sistemi boylerli enerji işletmeleriyle karşılaştırmak mümkün olmasına karşın, boyler sadece ısı üretirken CHP ünitesi aynı zamanda yüksek değerde elektrik üretir ve bu sayede finansal açıdan da önemli fayda sağlar.

Motorlar

CHP sistemlerinde kullanılan 3 tip temel motor bulunmaktadır. Bunlar; endüstriyel gaz motorları, otomotiv türevi gaz motorları ve dizellerdir. Ölçüler 26 KWe'den başlamaktadır. Günümüzde CHP sistemlerinde kullanılan popüler yakıt doğalgazdır. Bu da genellikle kıvılcım tutuşturmalı gaz motorlarında kullanılır. Motorlar otomotiv veya endüstriyel tiptir.

Yeni paket tip CHP sistemlerinde dizel motorlar da kullanılmakta olup, mevcut uygulamaların bir kısmında bu motorlar yedekleme amaçlı kullanılmaktadır. Dizel/gaz yakıt motorları 500 KWe'nin üstündeki büyük CHP sistemlerinde de mevcuttur.

Jeneratörler

CHP sistemlerinde asenkron ve senkron olmal üzere iki tip jeneratör kullanılır. Bir senkron jeneratör ana frekansın katlarıyla dönmektedir ve genellikle 50 Hz için 1000, 1500 ve 3000 d/d devirler elde edilir. Asenkron bir jeneratörde ise rotor hızı % 2,5 daha fazladır ve güç çıkışları ile değişebilir.

Isı Dönüşüm Sistemleri

Genelde CHP sistemlerinde maksimum kazancı elde etmek için jeneratörden, motor soğutma devrelerinden ve egzost gazlarından mümkün olan en fazla ısıyı geri kazanmalıyız. Böylece sadece ısıtma ya da proses buharı amaçlı sistemlerin ısı ihtiyacını azaltabiliriz. Yararlı ısının %90'ından fazlası geri kazanılabilir. Bunu sağlamak için birkaç ısı değiştiriciye ihtiyaç vardır. %10 veya daha fazlası ise 30-40 °C'de düşük dereceli ısı olarak geri kazılabilir. Bu da tam kapasitede bir boylerin %75-80'i ile karşılaştırılabilir.

Kaynak sıcaklıkları geri kazanılan ısının formunu sınırlandırır. Giren yakıtın yaklaşık %33'ü motor ceketlerinde düşük sıcaklıkla sıcak su formunda 70-85 °C civarında ya da 15 psi'lik basınçlara kadar buhar olarak geri kazanılabilir. Egzost gazlarından 100 psi'lik buhar geri kazanımı gerçekleştirilebilir, ancak ısı kazanımının verimi klasik düşük sıcaklıklı sıcak su kazanımına göre düşüktür ve ekipmanları daha pahalıdır.

Kondens ısı kazanımıyla egzost gazlarının yoğuşma ısı, 30-40 °C de sıcak su olarak geri kazanılabilir.

Egzost Sistemleri

CHP üniteleri, karbonmonoksit ve diğer zararlı gazları içeren yanma ürünlerini atacak egzost sistemlerine ihtiyaç duyarlar.

Bu gazlar aşırı korozif olup uygun malzeme kullanılmalı ve kondens drenajları sağlanmalıdır. Çoğu durumda motor sesini azaltmak için susturucu ilave edilmelidir. Bu sebeplerden egzost, insanlardan ve pencerelerden uzak tutulmalıdır.

3.6 Gaz Türbinleri İle Gaz Motorlarının Karşılaştırılması

Değişik Yük Durumları

Gaz türbinleri ve gaz motorları bütün yükü sabit miktarda çalıştırmak üzere dizayn edilmişlerdir. Halbuki yükteki bir azalma gaz türbinini daha çok etkiler. Yük azaldığı zaman toplam verim, özellikle elektrik verimi hızla düşer.

Çevre Sıcaklığının Etkisi

Gaz motorları yüksek sıcaklıklarda bile elektrik verimini korurken gaz türbinlerinin verimi 40°C'nin üzerinde %15-20 kadar düşer.

Çalışma Durumundaki Fark

Start ve stop sayısındaki sıklık gaz türbinini daha fazla etkiler. Başlama zamanı ve çalışma modunda yükü kabul edecek aşamaya kadar geçen zaman gaz türbininde daha fazladır. Bu değer gaz türbininde 15-17 dakika iken gaz motorunda 2-3 dakikadır. Gaz motorlarının çalışma ömrü daha fazladır ve bakımı daha kolaydır.

Gaz motoru için minimum 4 bar gaz basıncı gerektiren, gaz türbininde 16-20 bar basınç gerekir.

4 ŞİŞECAM TRAKYA BÖLGE SANTRALİNDE ATIK ISIDAN FAYDALANMA PROSESİ

4.1 Trakya Bölge Santrali Prosesi ve Çevrim Ana Makinaları

Cam-İş Elektrik Üretimi Otoprodüktör Grubu A.Ş'nin Kırklareli Trakya bölge santralinde kurulu bulunan tesisinde, kurulu gücü 32,880 MW olan doğal gaz yakıtlı iki adet kojenerasyon santrali ve bir adet buhar türbini bulunmaktadır. Tesis 1997 yılında kurulmuş olup, ortalama 30 MW elektrik ve 45 ton/saat buhar üretmektedir.



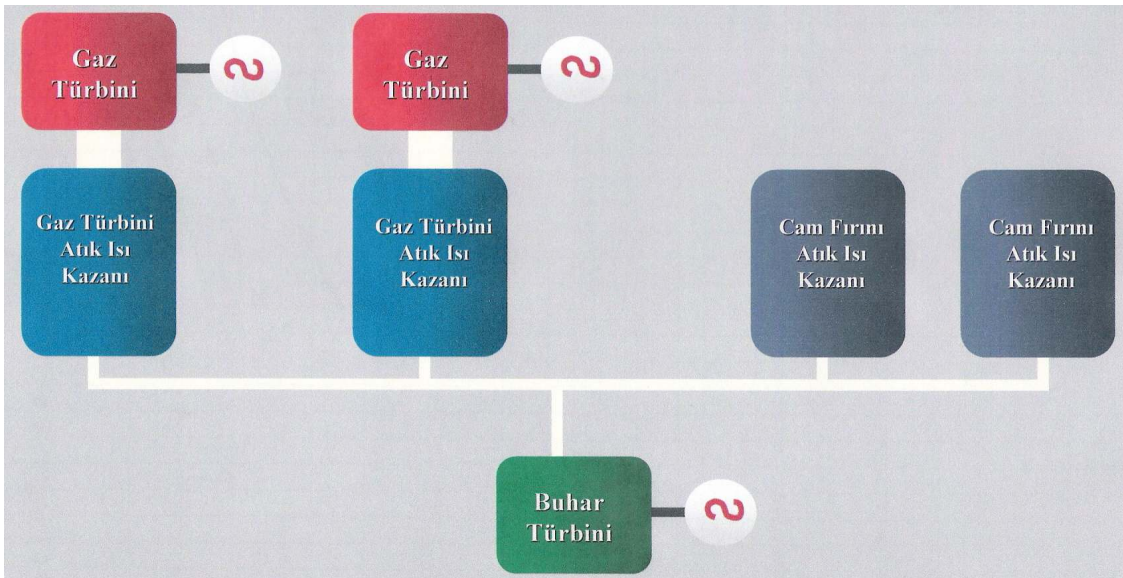
Şekil 4.1 Trakya Bölge Santrali Binası

Bu birleşik güç çevriminde tesisinde doğal gaz kullanılarak elektrik enerjisi ve su buharı üretilmektedir.

Santralin Ana Kısımları

- Kompresör
- Yanma-Patlama Hücresi
- Türbin
- Elektrik üretici
- Atık ısı kazanı

Doğal gaz, yanma-patlama hücresinde hava ile yakılmaktadır. Yanmanın tam olabilmesi için otomatik olarak hava debisi kompresör tarafından ayarlanarak gönderilir. Yanmanın meydana gelmesiyle içerdeki basınç artarak türbin kanatçıklarına hız kazandırır ve elektrik üretici harekete geçer. Elektrik üreticilerinden üretilen elektrik trafo vasıtasıyla çevredeki işletmelere ve TEDAŞ hattına verilir. Türbinlerden çıkan yaklaşık 500 °C sıcaklıktaki yanma gazları atık ısı kazanlarına gönderilerek buhar üretilir. Atık ısı kazanlarına yaklaşık 450 °C’de giren yanma gazları kazan bacalarından yaklaşık 165 °C’de atmosfere atılmaktadır. Bunun dışında cam fırınlarının baca gazından faydalanılarak da enerji üretilmektedir.



Şekil 4.2 Trakya Bölge Santrali çevriminin şeması

4.1.1 Prosesteki Gaz Türbinleri ve Çalışma Sistemi

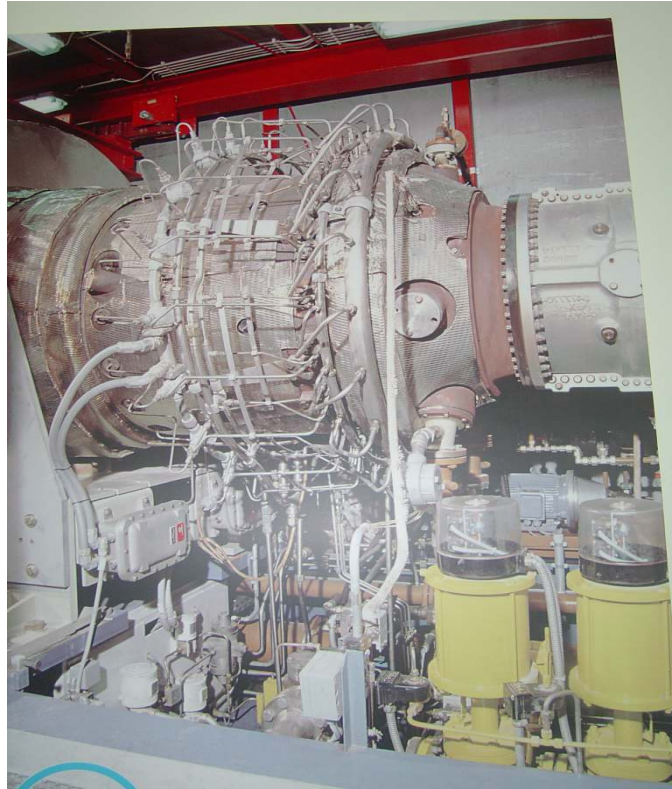
Kırklareli Santrali'nde kullanılan gaz türbinleri çift yakıtlıdır. Doğalgazla çalışan türbinler bunun yanında mazotla veya LPG ile de çalışabilmektedir. Buradaki 2 adet Caterpillar marka Solar Mars 100, 10MW üretim kapasitesindeki türbinler 4000 saatte bir bakım için Belçika'ya gönderilmektedir. Belçika'da sökülen türbinlerin gerekli parçaları değiştirilip gerekli bakımlar yapıldıktan sonra geri gönderilmektedir.

Türbinlere girecek hava önce filtrelenmektedir. Türbin kanatlarında probleme neden olmaması için 5 ila 10 mikrometre arası tozlar filtrede tutulmaktadır. Türbin etrafındaki enjektörlerden doğalgaz, kompresörlerden ise sıkıştırılmış hava türbin yanma odasına verilir. Burada tutuşturma işlemi gerçekleştirilir. Türbin yanma odası sıcaklığı 738 °C de set edilmiştir. Bu değer üstüne çıkılmaması ve verim açısından altına inilmemesi gerekmektedir. Çünkü yanma odası sıcaklığı bu değerden fazla olursa bu sıcaklık türbinin yapısını, dolayısı ile de çevrimi bozacaktır. Daha fazla verim elde etmek için belli bir değer üzerinde doğalgaz türbine gönderemeyiz. Çünkü bu durumda türbin yanma odası sıcaklığı set değeri üzerine çıkabilir. Bu set değerini kontrol edecek 17 adet termocupl yanma odasında bulunmaktadır. Daha fazla verim almak için yapılan işlem ise enjektörlerin harici bir soğutma sistemi ile su dolaştırılarak soğutulmasıdır. Böylece yanma odası sıcaklığı düşeceği için daha fazla gaz yakılıp daha fazla enerji üretilir ve çıkış gücü artar. Daha fazla yanma sağlamak için enjektörlerden verilerek odayı soğutmaya yarayan demineralize suyun sıcaklığı 20 °C dir. Bu suyun dışarı çıkışı yoktur. Yanma odasına verilir. İçeride buharlaşır ve gazla dışarı atılır.

Yüksek verim için yapılan soğutma su dışında ikinci olarak da dolaştırılan yağ ile gerçekleştirilmektedir. Türbinlere yatak yağlanması için ve soğutma için 54 -57°C arası 3 bar basınçla yağ gönderilmektedir. Bu yağ ile hem türbinler soğutulup hem de aşınmaya karşı önlem alınmaktadır. 54 °C civarı türbinlere giren yağ soğutma ve aşınmayı önleyici dolaşım yaptıktan sonra 70 °C olarak tanka geri döner. Yağın soğutulması 3 yollu motorlu vana ile yapılır. Sistemde bulunan 2 adet gaz türbininden çıkan 52 barlık buhar ve bunun dışında cam fırını atık ısı kazanında üretilen 52 bar buhar kollektöründe toplanır. Bu buharın büyük kısmı çevrimde bulunan buhar türbinine gönderilir. Bu oran % 90 -95 gibidir. Geri kalan küçük bir kısım ise müşteriye yollanır. Örneğin Kırklareli Cam Fabrikasında ayna üretim prosesinde 10,5

bar buhara ihtiyaç vardır. 52 barlık buhar basınç dşürücülerinden geçirilerek 10,5 bara indirilir ve prosese gönderilir.

Gaz türbinlerinin verimi %30 dur. Yani kullanılan gazın %30 undan enerji elde edilmektedir. Gaz türbinlerinden çıkışında 460-480  C de çıkış gazı elde edilmektedir. Bu atık ısı, atık ısı kazanlarından geçirilerek enerjiye dönüştürülmektedir. Bu kazanlarda ilk olarak 52 bardan 400  C de 16 ton / saat kızgın buhar, artan enerji ilede 8 barda 170  C de 3,5 ton/saat doymuş buhar üretilmektedir. Kazanlar bu değerlere uygun dizayn edilmişlerdir



şekil 4.3 Trakya Bölge Santralindeki gaz türbinleri

4.1.2 Prosesteki Buhar Türbini ve Enerji Denklemi

Çevrimde bir adet Siemens marka T611S ELNK 32/56 model radyal tip buhar türbini bulunmaktadır. Atık ısı kazanlarında üretilen ve 50 bar kolektöründe toplanan 43 ton/h debisindeki buhar, kolektör çıkışında buhar türbinlerine gönderilmektedir. Burada buhar türbinleri ısı enerjisini mekanik enerjiye çevirerek enerji üretimini gerçekleştirmektedirler. Bu çevrimdeki iki adet buhar türbini radyal tip çift basınç kademelidir. Kolektörden gelen buhar önce yüksek basınç sonra alçak basınç türbinine girmektedir. Buhar türbini vakumlu tiptedir. Türbin çıkışında iş görmüş buharın suya dönüşme noktasında dışarı alınabilmesi böylece yoğunlaştırulup besi suyu olarak kullanılması için vakumlu tip buhar türbini seçilmiştir. Proseste eğer 8 bar değerdeki buhara ihtiyaç olsaydı, karşı basınçlı buhar türbini seçilirdi. Böylece 52 bardan 8 bara çalışan türbinden çıkan 8 bar değerindeki buhara ihtiyaç duyulan prosese gönderilirdi.

Yüksek basınç türbinine giren 50 bar değerindeki buhar alçak basınç türbini çıkışında -0,9 bar değerine düşmektedir. Çıkışta vakum olduğu için bu değer elde edilir. Türbin çıkışındaki göstergede okuduğumuz değer 0,9 bardır. Bu değere atmosfer basıncı eklendiğinde $-0,9+1=0,1$ bar değerinde mutlak basınçta sıvı fazında 45 °C derece iş görmüş buhar elde edilir. Bu çıkış buharı hava soğutmalı kondenserde yoğunlaştırulup su haline getirilir. Buradan da kondens tankına geri döner. Kondens tankından da kazanlara besi suyu olarak girerek çevrimini devam ettirir. Bu çevrimler sonucu bir buhar türbiniden ayda yaklaşık 20.000.000 KWh elektrik enerjisi üretilmektedir.



Şekil 4.4 Trakya Bölge Santralindeki buhar türbini

Enerji Denklemi:

Kızdırıcıdan çıkan 50 barda ve 400 °C' deki kızgın buharın entalpisi $h=3194$ kjoule/kg dır
Türbin çıkışında alınan 0,1 bar 45 °C değerindeki kondensin entalpisi ise $h=2584$ kjoule/kg dır.

Bu durumda;

$(3194 - 2584)$ kjoule/kg . 43ton/h = 26.230.000 kjoule/h enerji buhar tübininden elde edilir. Bu değer saate üretilen enerjiyi gösterir.

4.1.3 Prosesteki Atık Isısından Faydalanılan Baca Gazının Nitelikleri ve Değerlendirilmesi

Türbinlerden çıkan yaklaşık 500 °C sıcaklıktaki yanma gazları atık ısı kazanlarına gönderilerek buhar üretilir. Atık ısı kazanlarına yaklaşık 450 °C'de giren yanma gazları kazan bacalarından yaklaşık 165 °C'de atmosfere atılmaktadır.

Kojenerasyon Sistemi I Bacasında Yapılan Emisyon Ölçümleri

Çizelge 4.1 Kojenerasyon sistemi I bacasında yapılan emisyon ölçümleri (İTÜ 2003)

Parametre	Ölçülen	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	Kütleli Debi kg/saat
	Baca Sıcaklığı (°C)	162,3	161,9	162,3	
	Yanma Verimi (%)	82,1	82,1	82,1	
	O ₂ (%)	15,5	15,5	15,5	
	CO ₂ (%)	3,1	3,1	3,1	
	CO (mg/Nm ³)*	<1	<1	<1	-
	CO (%3 O ₂ için mg/Nm ³)	-	-	-	
	SO ₂ (mg/Nm ³)*	<1	<1	<1	-
	SO ₂ (%3 O ₂ için mg/Nm ³)	-	-	-	
	NO (mg/Nm ³)	51	48	50	4
	NO (%3 O ₂ için mg/Nm ³)	167	157	164	
	NO ₂ (mg/Nm ³)	76	72	75	6
	NO ₂ (%3 O ₂ için mg/Nm ³)	250	235	246	
	Formaldehit (mg/Nm ³)*	<6	<6	<6	-
	Formaldehit (%3 O ₂ için mg/Nm ³)	-	-	-	
	Toz (mg/Nm ³)*	<1	<1	<1	-
	Toz (%3 O ₂ için mg/Nm ³)	-	-	-	

Not: Ölçüm hassasiyetinin üzerinde emisyon tespit edilmemiştir. Kütleli debiler en yüksek derişim üzerinden hesaplanmıştır.

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinin 8. maddesinin 1. bendinde ısı gücü 300 Kw'ın (0,30 MW) üzerinde olan tesislerde baca gazı hızının en az 6 m/s olması öngörülmektedir.

Tesiste mevcut kojenerasyon sistemine ait her iki bacada da baca gazı hızları yönetmelik koşullarını sağlamaktadır.

Baca yüksekliğini ABAK'dan okumak için kullanılan parametreler ve bulunan baca yüksekliği aşağıdadır.

Çizelge 4.2 Sistemdeki bacaların nitelikleri (TBES 2002)

Parametreler	Baca No:1	Baca No:2
D:Baca Çapı (m)	2,1	2,1
T:Baca gazı sıcaklığı °C	162	164
R:Baca gazı debisi (Nm ³ /saat)	124,690	112,220
Q:Kütleli debi, NO ₂ (Kg/saat)	6,000	5,048
S:Faktör (NO ₂ için)	0,15	0,15
Q/S	40	33,65
h:Mevcut baca yüksekliği (m)	20	20
H1:ABAK'dan bulunan baca yüksekliği (m)	<10	<10

ABAK'tan bulunan baca yüksekliği, her ne kadar 19 m'nin altında ise de, yanma ısı gücü 1.2 MW'ın üzerinde olduğu için H.K.K.Y.'nin 8. maddesi uyarınca en az 19m. olmalıdır.

Tesiste mevcut her iki baca yüksekliği de yönetmelik koşullarına uygundur.

- 1- Bütün kaynaklarda emisyonların derişimleri sınırın altındadır.
- 2- Yönetmeliğın Ek-2 Bölümüne göre "Hava Kirliliğı Seviyesinin Ölçüm ve Tespitine" gerek yoktur.
- 3- Yönetmeliğın Ek-11 bölümüne göre bacalara sürekli ölçüm yapan yazıcılı cihaz takılmasına gerek yoktur.
- 4- Baca gazı hızları yönetmeliğine uygundur.
- 5- Baca yükseklikleri yönetmeliğine uygundur.
- 6- H.K.K.Y.'nin 21., 22. ve 36. maddelerine göre emisyonlar kontrol altında tutulmalı ve en az iki yılda bir ölçülmelidir.

4.2 Kombine Çevrimde Kullanılan Besleme Suyunun Hazırlanma Prosesi

Yüksek basınç kazanlarında suyun safsızlığı çok önemlidir. Özellikle de incelediğimiz sistem gibi buhar türbini olan çevrimlerde bu özellik çok daha önem kazanmaktadır. Bu proste de buhar ve gaz türbinlerinin yanma odalarında demineralize su kullanılmaktadır. Çeşitli işlemlerden geçirildikten sonra su içindeki mineraller ayrıştırılır ve bu suya demineralize su denir. Sistemde dolaşan suyun içindeki mineraller sistemde birikmeye, tıkanmaya, korozyona dolayısıyla da verim düşümüne sebep olabilmektedir. Bu sebeple su içindeki mineraller demineralizasyon ile ayrıştırılır. İncelediğimiz sistemin demineralize su sistemi şu şekildedir;

Demineralize Su Sistemi

İşletme tarafından istenen su karakterizasyonuna göre demineralize su sistemi kurulmuştur. Öncelikle ham sudan yani kuyu suyundan numune alınmıştır. Bu numune ile analiz yapılmış, buna göre tesis inşa edilmiştir. Bu tesiste kullanılan su hazırlama ünitesi, 18m³/h kapasitesine uygun olacak şekilde SİSTEM YAPI tarafından yapılmıştır.

Sistemdeki demineralize su sistemi,

2 adet tandem (yedekli çalışan sistem) kum filtresi

2 adet katyon filtresi

1 adet degazör

2 adet anyon filtresi

2 adet mixbed (karma yatak) dan oluşmaktadır.

1.Kum Filitresi: Su içinde bulunan katı partikülleri tutar. Birinci katman kalın, ikinci katman daha ince, üçüncü katman da en ince kum cinsini ihtiva etmektedir.

2.Katyon Filitresi: Su içindeki artı yüklü mineralleri, Ca, Mg, Fe gibi içinde bulunan katyon reçinesi ile tutar.

3.Degazör: Su içinde bulunan gazlar sistemde korozyona sebep olmaktadır. Bu sebeple bu gazların atılması gerekmektedir. Bu da bir fan vasıtasıyla degazör ünitesinde sağlanır.

4.Anyon Filtresi: Suyun içindeki Si gibi eksi yüklü mineralleri içinde bulunan anyon reçinesi ile tutar.

5.Mixbed: Karma yatak adı verilen bu sistem kalan iyonları tutması için hem anyon hemde kation reçinesinden oluşur. Böylece hem artı hemde eksi yüklü son kalan iyonları tutar.

Bu sistemden geçen su istenen karakteristiklere gelmiş olur. Bu karakteristik 20.2 mikro s/cm iletkenliği, PH =7 (nötr.) silisi 0.005 mg/lt den küçük değerdedir.

Bu nitelikteki su kullanılmaya hazır sudur.

Sistem kapalı bir çevrimdir. Buna rağmen sistemde üretilen buharın bir kısmı müşteri fabrikalara verilip kondensi geri alınmadığı için dışardan su takviyesi yapılması gerekir. Dönüş kondensini tekrar şartlandırmamak için geri alınmamaktadır. Bunu yerine sistemde eksilen su tamamlanmaktadır.

Hazırlanan su önce kondens tankına gönderilmektedir. Yedek tank görevi yapan kondens tankına kimyasal verilerek PH değeri ve O₂ korozyon değeri ayarlanır. Sistemdeki boru ve makinaları korumak için PH değerine dikkat edilmesi gerekir. Buda tanka ilave edilen kimyasalla dengelenmeye çalışılmaktadır.

Öncelikle tanktaki sudan numune alınır. Numune 400 °C deki su buharının eşanjörden geçirilerek 20 °C su haline getirilmesinden sonra alınır. Alınan numunenin PH'ına bakılır. Eğer bu sıcaklıktaki PH = 10 ise bu sistemdeki yüksek sıcaklık değerinde PH =7 ye tekabül eder ve bu da istenen değerdir. Buna göre PH değeri kimyasal ilavesi ile istenen değere göre ayarlanır.

Kimyasal verilmesinin bir diğer sebebi O₂ korozyonunu önlemektir. O₂ korozyonu sistemdeki borular ve makinalar için ciddi bir sorundur. Bu sebeple kondens tankına kimyasal ilavesi ile su içinde bulunan fazla oksijenin alınması sağlanır. Kondens tankı açık olduğu için oksijen almaktadır. Bu fazla O₂ nin atılması için oksijen tutucu nitelikteki kimyasal tanka verilir. Eskiden bu amaçla kullanılan Hidrazim kimyasalının kansorejen etki yapması üzerine deha bazlı kimyasala geçilmiştir. Deha bazlı bu kimyasalın sisteme ilavesiyle fazla O₂ tutulur ve böylece O₂ oranı düşürülür. Korozyon etkisi azaltılmış ve besleme suyu istenilen karakteristiğe getirilmiş olur.

4.3 Trakya Bölge Santralindeki Kombine Çevrimde Atık Isıdan Faydalanma Prosesi ve Enerji Denklemi

Kırklareli enerji santralinde birleşik güç çevrimi gerçekleştirilmektedir. Gaz türbinleri ve buhar türbinlerinden faydalanılarak enerji üretimi atık ısı ile yapılmaktadır. Bunun dışında cam fırınlarının baca gazında faydalanılarak enerji üretilmektedir.

Kondens tankında 45 °C de su bulunmaktadır. Daha önceki bölümde açıkladığımız üzere kimyasalla şartlandırılmış ve demineralize edilmiş bu su pompa ile ön ısıtıcıya basılır. Ön ısıtıcıda bu su 80-85 °C ısıtılır. Buradan da besi tankına gönderilir. Besi tankının üzerinde degazör bulunmaktadır. Bu sebeple ön ısıtıcıdan geçmiş olan 80 °C civarındaki su besi tankına girmeden önce degazöre üstten girer. Bu esnada pulvarize olan suya degazörün altından 4-5 bar basıncında buhar üflenir. Böylece degazörde suyun içindeki asıl oksijen alınır. Kondens tankında kimyasalla içindeki oksijenin bir kısmından arındırılmış olan kondens geri kalan oksijenide degazörde atar. Ön ısıtıcıyı bozmasın diye önce kimyasal uygulanır sonra degazörden geçirilir. Bu işlemden sonra kondens besi suyu tankına iner.

Besi suyu tankının dizaynı 105 °C de optimum verimi sağlayacak şekilde yapılmıştır. Bu sıcaklıkta kimyasal daha rahat reaksiyona girmektedir. Besi suyu tankının sıcaklığını artırmak da verimi arttırmaktadır. Bu sebeple tanka 8 bar buhar verilerek 105 °C ye ısıtılır. Bu sıcaklıktaki kondensin su fazında kalabilmesini istediğimiz için besi suyu tankı 0.2 bar basınçta sabit tutulur. Aksi takdirde besi suyu tankında 105 °C deki kondens gaz fazına geçecek ve pompaların emişinde buharlaşan kondens pompalarda kavitasyona sebep olacaktır.

Bu amaçla besi suyu tankı pompaların 6 m üstüne yerleştirilmiştir. Her bir metrede 0.1 bar basınç elde edileceğinden toplamda 0,6 bar yükseklikten 0,2 bar basınçla besi suyu tankından gelerek 0,8 bar değerindeki basınçla kondensin hem emiş basıncı artırılır hemde kavitasyonu engellemek için sıvı fazında kalması sağlanır.

Besi suyu tankından inen 0.2 bar 105 °C değerindeki kondens 6m sonra toplam 0,8 bar basınçta 105 °C sıcaklıkta pompalara girer.

2 grup pompa bulunmaktadır Bunlar; yüksek basınç besi suyu pompası 50 bar, alçak basınç besi suyu pompası 8 bar dır. Bu pompalarla kondens kazanlara basılır.

50 bar kazanına gönderilecek olan kondensin en az %30 daha fazla bir basınç değerine sahip olması gerekmektedir. Bu sebeple pompa kayıplarını ve boru fittings kayıplarını yenerek kazana 50 bar girebilmesi için kondensin pompa çıkışında en az 70 bar olması gerekmektedir.

Alçak basınç pompası da aynı sebeple 13 barda çalışmaktadır. Böylece kondensin kazan girişinde 8 bar değeri sağlanır.

Pompa çıkış basıncı ile kazana giriş basıncı arasındaki fark değeri ne kadar fazla ise, kazanda seviye dalgalanmalarında müdahale etme süresi o kadar kısa ve daha kolay olur. Kazanın arka tarafında ekonomizer 1 ve ekonomizer 2 kısımları bulunmaktadır. Kondens kazanı ilk olarak ekonomizerlerden girer. Ekonomizer 1 ve ekonomizer 2 yüksek basınç kısmı içindedir. Bu ünitelerde kondensin sıcaklığı yükseltilir. Kondens ekonomizer 1' e 105 °C de girmekte ve ekonomizer 2 yi 50 barda buharlaşma sıcaklığına çok yakın bir sıcaklıkta terk etmektedir. Bu sıcaklık 260 °C civarındadır. Ekonomizer 2 den çıkan buharlaşma sıcaklığına çok yakın sıcaklık değerindeki kondens buradan drama girer. Drama giren kondens, tabi sirkülasyonla buharlaştırıcı borularına iner. Su dramın alt orta kısmından aşağı dökülürken drama gelen gaz suyu buharlaştırır. Tabi sirkülasyonla aşağı dökülen kondens aldığı ısının etkisiyle buhar fazına dönüşüp yukarı doğru hareket etmeye başlar. Dram altında bulunan bu borulardan aşağı inen su fazı için kalın boru, dönüşte buharın yukarı çıkabilmesi için ince borular dizayn edilmiştir. İnce borular vasıtasıyla buhar, dramın su seviyesinin üzerine çıkar. Böylece dram içerisinde su seviyesi üzerinde buhar kısmı bulunur. Bu buhar da bir seperatörden geçerek borularla kızdırıcıya gönderilir. Burada seperatörün görevi, dram üzerinde toplanan buharın kızdırıcıya gönderilmeden önce içindeki suyun bir kısmını drama bırakmasını sağlamaktadır. Seperatör kanatlarına çarpıp içindeki suyu bırakarak kuru buhar olarak kızdırıcıya geçiş sağlanır. Kızdırıcı ünitesi egzost gazının atık ısı kazanına girdiği ön tarafta bulunur. 2 gruptur. Kızdırıcıya 50 bardaki doymuş buhar sıcaklığında yani yaklaşık 264 °C de doymuş buhar girer; kızdırıcı çıkışında ise bu doymuş buhar aldığı ısının etkisiyle kuru buhar haline dönüşür. Böylece buharın daha çok enerji taşıyabilmesi, daha çok ısı transferi yapabilmesi dolayısıyla da atık ısıdan daha fazla enerji dönüşümü gerçekleştirilmesi sağlanır. Kızdırıcı çıkışında 50 barda

ve 400 °C de kızgın buhar elde edilir ve buhar türbinine gönderilir. Trakya bölge santralindeki kombine çevrimin ve atık ısıdan faydalanma prosesinin diyagram paftası Ek 1 de verilmiştir.

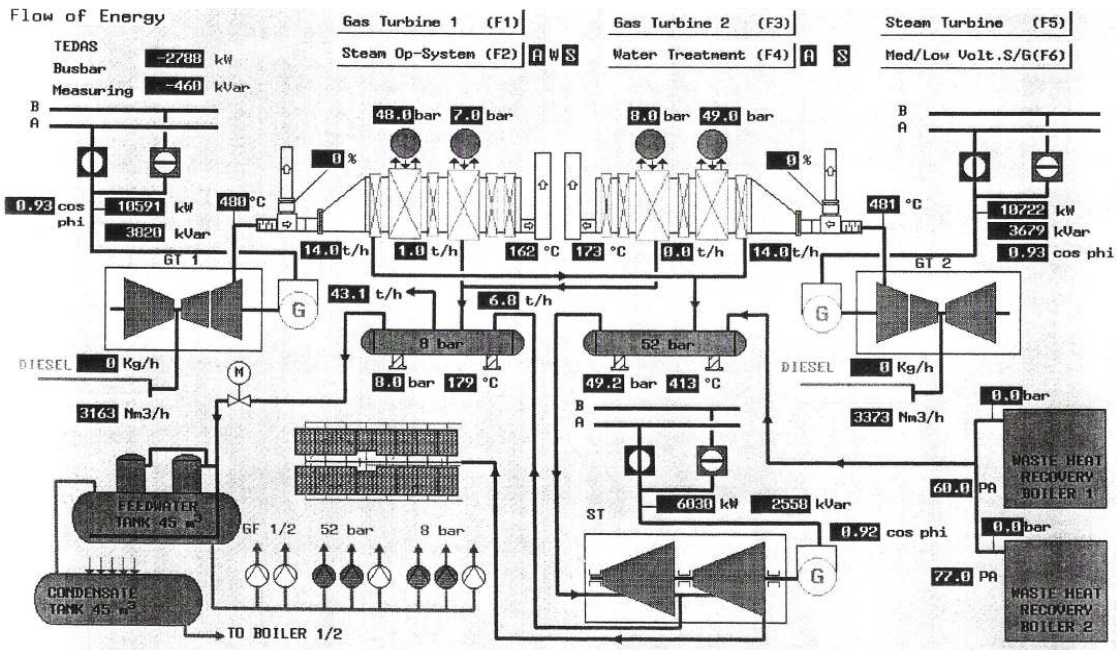
Enerji Denklemi

50 bar, 264 °C Doymuş Buhar entalpisi $h = 2.794$ Kjoule / kg (Kızdırıcıya Giriş)

50 barda 400 °C de kızgın buharın entalpisi $h = 3.194$ Kjoule / kg (Kızdırıcıdan Çıkış)

Bu aradaki enerji farkı atık ısı kazanının hemen girişinden alınan egzost gazının ısısı ile elde edilir. Kızdırıcı çıkışında 3.194 Kjoule / Kg entalpiye sahip olan kızgın buhar $3194 / 4.18 = 765$ Kcal/h enerji ile buhar türbinine gönderilir.

Atık ısı kazanından geçerek enerjisini büyük bir bölümünü bırakan gaz türbini çıkış gazı 160 °C de bacadan atılır



Şekil 4.5 Trakya Bölge Santrali kombine çevrimi enerji akış şeması

4.3.1 Gaz Türbinleri Atık Isı Kazanları

Proseste bulunan DESA marka gaz türbini atık ısı kazanları ile 490 °C gaz türbini çıkış gazınının atık ısısından faydalanarak 50 ve 8 bar değerinde buhar üretilmektedir. Su borulu, dikey boru yerleşimli doğal sirkülasyonlu atık ısı kazanları yaklaşık 15 metre

yüksekliğindedirler. Atık ısı kazanı çıkışında 160 °C egzost gazı bacadan atılmaktadır. Ek 2’de gaz türbini atık ısı kazanlarının proses akış şeması verilmiştir.



Şekil 4.6 Sistemdeki gaz türbinleri atık ısı kazanları

Su borulu bu kazanlarda ön ısıtıcı boruları dışındaki bütün borular ısı transfer yüzeyinin artması için kanatlı dizayn edilmişlerdir. Kazanların kanat yani fin dizayn değerleri aşağıdaki gibidir.

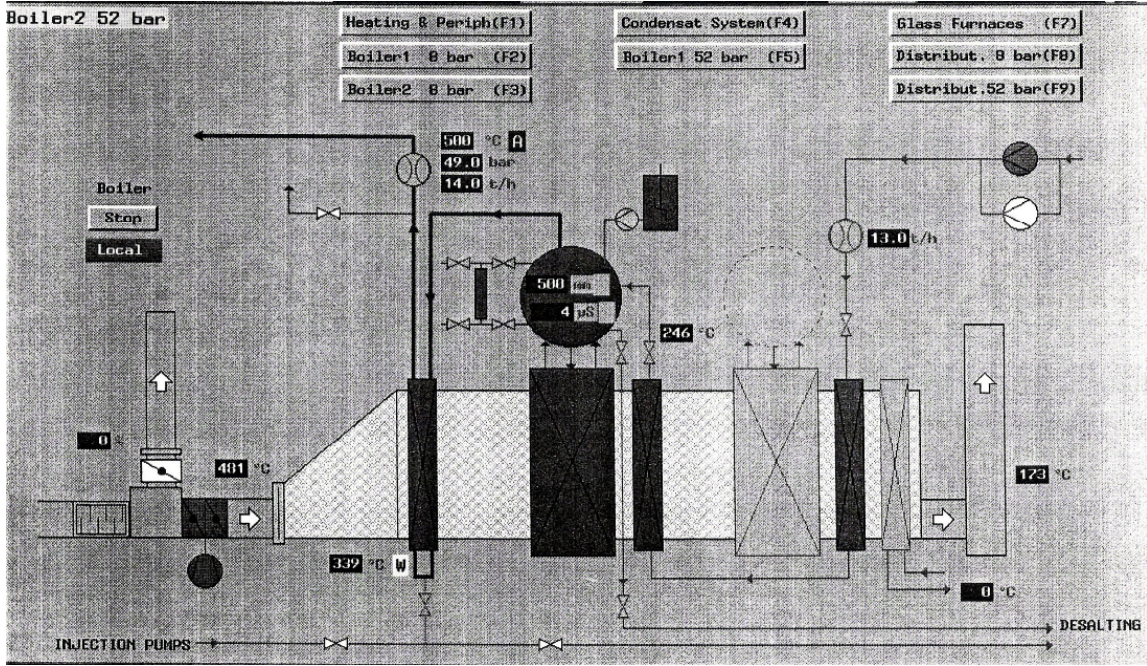
Çizelge 4.3 Sistemdeki gaz türbini atık ısı kazanlarının kanat dizaynları (DESA 2001)

Kazan Kısımları	Fin/m adet/m	Fin tipi	Fin malzemesi	Fin kalınlığı (mm)	Fin yüksekliği (mm)
HP EVA	236	serrated	A-336	1,27	19
HP ECO	248	serrated	A-336	1,27	19
LP EVA	236	serrated	A-336	1,27	19
HP SUPER HEATER 1	189	solid	A-409	1,27	12,7
HP SUPER HEATER 2	220	serrated	A-406	1,27	12,7

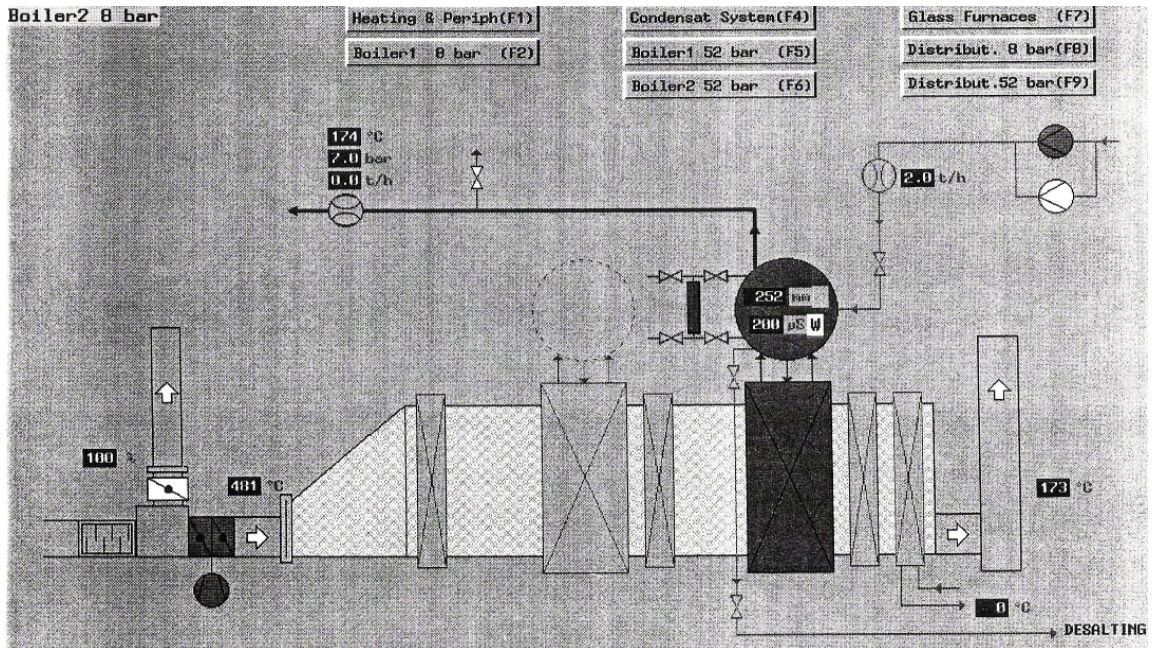
Yüksek basınç kazanlarının kızdırıcı ünitelerindeki boruların çapları 38,1 mm değerindedir. Bu değerlere göre ısı transferinin optimum değerde yakalanacağı çaplarda ve kanat özelliklerinde bir atık ısı kazanı dizayn edilmiştir.

Bu tip sistemlerde sıcaklık ve basınç değerleri yüksek olduğundan dayanımı arttırabilmek için alaşım borular kullanılır. Gaz türbini atık ısı kazanlarında boru malzemesinde 13CrMo44 alaşımı kullanılmıştır. Böylece alaşım bileşenlerinden Molibten ile basınca dayanım, Krom ile de sıcaklığa dayanım arttırılmış olur.

Şekil 4.7 de 52 bar , Şekil 4.8 de 8 bar çalışan gaz türbini egzost gazı atık ısı kazanlarının anlık kontrol enerji akış diyagramlarından birer örnek verilmiştir.



Şekil 4.7 Gaz türbini 52 bar atık ısı kazanı anlık kontrol enerji akış diyagramından örnek



Şekil 4.8 Gaz türbini 8 bar atık ısı kazanı anlık kontrol enerji akış diyagramından örnek

4.3.2 Cam Fırını Baca Gazı Atık Isı Kazanları

Kırklareli cam fabrikasında bulunan iki adet cam fırınının baca gazı atık ısı enerjisinden faydalanılarak prosesteki SCHIRM marka atık ısı kazanlarıyla enerji elde edilmektedir.





Şekil 4.9 Sistemdeki cam fırını atık ısı kazanları

Cam fırınları doğalgaz ile çalışmaktadır. Camın hammaddelerinden olan kimyasallar fırında işlendikten sonra bir miktarlarını da baca gazı ile dışarı atarlar. Bu sebeple cam fırınlarının baca gazı içeriğinde Klor, Sodyum, Sülfat gibi hammadde birikintilerine rastlanır. Bu durumda atık ısı kazanı içindeki borular üzerinde birikintiye, dolayısı ile de zamanla ısı transferinin azaltılmasına sebep olur. Kazan içindeki boruların üzerine yapışan Sülfat birikintilerinin periyodik olarak temizlenmesi gerekmektedir. Kazandan istenen verim alınamayacak ve enerji dönüşümü sağlanamayacaktır. Bu temizleme işlemi büyüklüğü 5-7 mm çapında olan demirden bilyelerin kazan boruları etrafında dolaştırılmasıyla gerçekleştirilir. Demir bilyeler bakımdaki kazan içine püskürtülerek boru etrafındaki birikinti kütlelerinin parçalanıp temizlenmesi sağlanır. İşlem sonrası oluşan artıklar kazan altından toplanır.

Ek 3 de Cam fırını atık ısı kazanlarının proses akış şemaları verilmiştir.

Şekil 4.10 da cam fırını atık ısı kazanlarının periyodik temizliklerinden alınmış resimler görülmektedir.

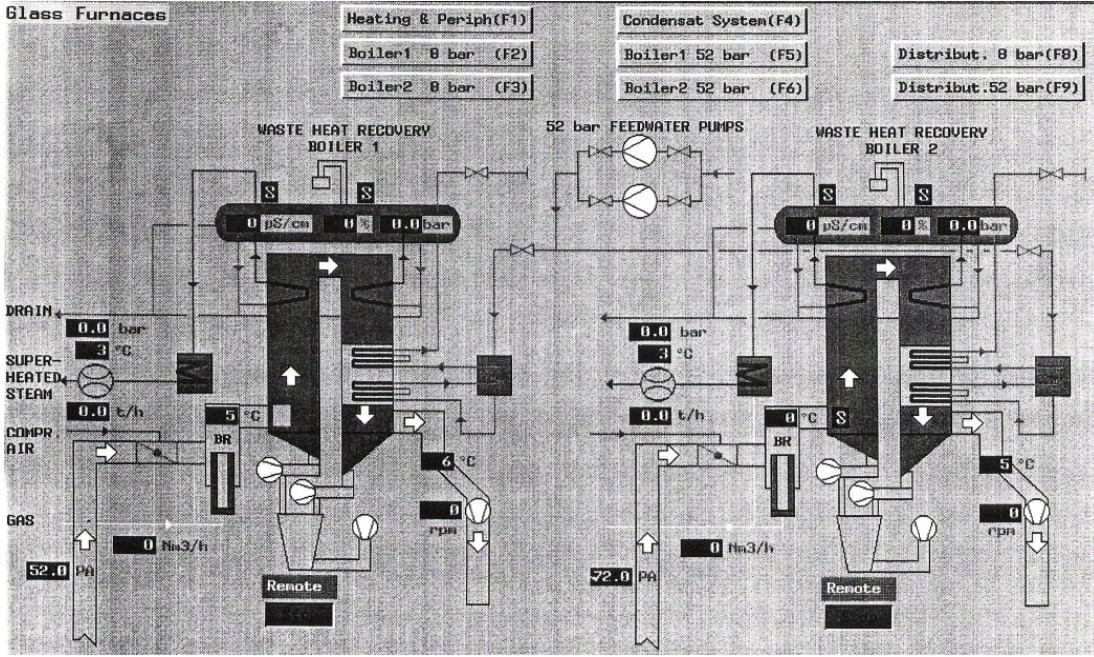




Şekil 4.10 Cam fırını atık ısı kazanları iç görünüşleri, boru demetleri

Fırından $100.000 \text{ m}^3/\text{h}$ debide baca gazı çıkışı olmasına rağmen, fırının verimini azaltmaması için bunun bir kısmı bacadan atılır. Ancak $60.000 \text{ m}^3/\text{h}$ lik miktarı atık ısı kazanında değerlendirilir. $60.000 \text{ m}^3/\text{saat}$ debisinde $300-350 \text{ }^\circ\text{C}$ ' ye sıcaklıklar arasındaki fırın çıkışı baca gazı, mevcut atık ısı kazanı dizaynına göre yeterli değildir. Bu sebeple ilave brülör takviyesi ile bu baca gazının debisi ve sıcaklığı artırılır. Sistemde 2 adet brülör bulunmatadır. 1. brülör debiyi ve sıcaklığı artırır. Böylece kazan içinde 50 barda $450-480 \text{ }^\circ\text{C}$ civarında doymuş buhar elde edilir. Cam fırını, atık ısı kazanlarında kızdırıcı ünitesi bulunmamaktadır. Birinci brülör ile debisi attırılan domuş buhar ikinci brülörle de kızgın buhar haline getirilir. Bu atık ısı kazanlarında kızdırıcı ünitesi tersine ikinci brülörle kızgın buhar elde edilmektedir.

Isısını atık ısı kazanına bırakan cam fırını baca gazı, atık ısı kazanı çıkışında 230°C olarak dışarı atılır. Normal şartlarda atık ısının enerjiye dönüştürülme proseslerinde işlem çıkışı dışarı atılan gaz sıcaklığı için $230 \text{ }^\circ\text{C}$ oldukça yüksek bir sıcaklıktır. Ama $230 \text{ }^\circ\text{C}$ altında bu nitelikteki baca gazını dışarı atmak mümkün değildir. Çünkü içinde hammadde karışımları bulunduran bu baca gazı, $200 \text{ }^\circ\text{C}$ nin altında asidik özellik göstermektedir. Baca gazında bulunan sülfat düşük sıcaklıklarda asidik özellik gösteren bir kimyasaldır. Cam fırını atık ısı kazanlarında sadece 50 barlık buhar üretilir. Bu kazanlar 20 metre yüksekliğindedirler.



Şekil 4.11 Cam Fırını Atık Isı Kazanları anlık kontrol enerji akış diyagramından örnek

4.4 Trakya Bölge Santralinde Atık Isıyla Elde Edilen Enerjinin Kullanımı

Birleşik güç çevrimi prosesinde bulunan iki adet gaz türbini atık ısı kazanı da, 50 bar basınçta 16 ton/h debisinde buhar üretecek şekilde dizayn edilmiştir. Cihazlar %100 verimli olmadığı ve çevrim kayıpları yaşandığı için her bir atık ısı kazanında 50 bar basınçta 13,5 ton/h buhar üretilmektedir.

Cam fırını bacası atık ısı kazanlarının her biride net olarak 50 bar basınçta 8 ton/h buhar üretmektedir.

Toplamda, gaz türbini atık ısı kazanlarından 27 ton/h, cam fırını atık ısı kazanlarından 16 ton/h olmak üzere 43 ton/h debisinde 50 barlık buhar üretimi yapılmaktadır. Her iki kısımdan da gelen buhar 50 bar kolektöründe toplanmaktadır. Kolektörde toplanan buharın %98'i gibi büyük bölümü borularla buhar türbinine gönderilir. Buhar türbininde bu buharın ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülür. Çıkışta alınan 45 °C 0,1 bar mutlak basınçtaki buhar hava soğutmalı bir kondenser vasıtasıyla yoğunlaştırulup kondens tankına gönderilir ve tekrar çevrime devam eder.

50 bar kolektöründe toplanan buharın buhar türbinine gönderilmeyen %2 gibi 500 kg/h lik küçük bir kısmı prosese gönderilir. Şişecam Kırklareli fabrikasında lamina tesisine otoklav ünitesindeki proseste ve ayna üretiminde 10,5 bar buhar kullanılmaktadır.

Kırılmayan, çatlamayan antiterör camlarının üretim prosesinde, iki cam ısı verilerek kimyasal ile birbirine yapıştırılmaktadır. Bu yapıştırma işlemi esnasında otoklav makinasına işlemin başlaması için buhar verilir. Bu buharda 50 bar kolektöründen gelen 500 kg/h değerindeki buhardır. Bu buhar basınç düşürücü otomatik vanalar vasıtasıyla 10,5 bara değerine indirilir. Böylece bu değerdeki buharla yapıştırma prosesi gerçekleştirilir.

Gaz türbini atık ısı kazanlarında 50 bar basıncındaki buhar haricinde de 8 bar lık buhar üretilmektedir. Tek kazanda 3,5 ton/h olmak üzere toplamda iki adet atık ısı kazanından 7 ton/h 8 bar değerinde buhar üretilmektedir. Cam fırını atık ısı kazanında sadece 50 barlık buhar üretildiğinden 8 bar buhar üretimi sadece gaz türbini atık ısı kazanlarında yapılmaktadır. İki kazandan gelen buhar 8 bar kolektöründe toplanmaktadır. Atık ısıdan faydalanılarak üretilmiş olan 8 bar basıncındaki 7 ton/h debideki buhar, ihtiyaç olan kısımlara dağıtılır.

Bu buhardan faydalanılarak Trakya Cam Sanayinin lojman, ambar, ofis ısıtması gerçekleştirilir. Bu buhar ihtiyaç duyulan ısıtma hattında dolaştırılarak atık ısıdan mahal ısıtması uygulaması gerçekleştirilmiş olur.

Bunun dışında birleşik güç çevrimi tesisinin kendi iç ihtiyaçlarında kullanılır. Bu tesisin binasının ve ofislerinin ısıtılması da aynı şekilde bu buhar ile gerçekleştirilir. Bunun yanı sıra proses esnasında duyulan ısı ihtiyacı da karşılanır. Besi suyu tankının ısınması, degazörde oksijen atma işlemi esnasında ihtiyaç duyulan ısı enerjisinin karşılanmasında, buhar türbininin vakumla devreye alınmasında kullanılan start up enjektörlerinde, yine bu 8 bar değerindeki buhar kullanılmaktadır.

5 ŞİŞECAM ÇAYIROVA BÖLGE SANTRALİNDE ATIK ISIDAN FAYDALANMA PROSESİ

5.1 Çayırova Bölge Santrali Kojenarasyon Çevrimi

1990'lı yılların başlarından itibaren ülkemizdeki elektrik enerjisi üretiminde hiç bir yatırıma gidilmemesi, enerji talebindeki artışın %8'lerde olması ve dağıtım şebekelerindeki arızaların önüne geçilememesi elektrik enerjisi temininde kesinti ve kısıntılar yaşanılacağı endişesine neden olmuş, bunun sonucunda da Çayırova bölgesinde yerleşik tesislerdeki üretimin, bağlı buldukları elektrik şebekesinde meydana gelen dalgalanma ve kesintilerden etkilenmemesi amacıyla bir elektrik üretim tesisi kurulmasına karar verilmiştir.

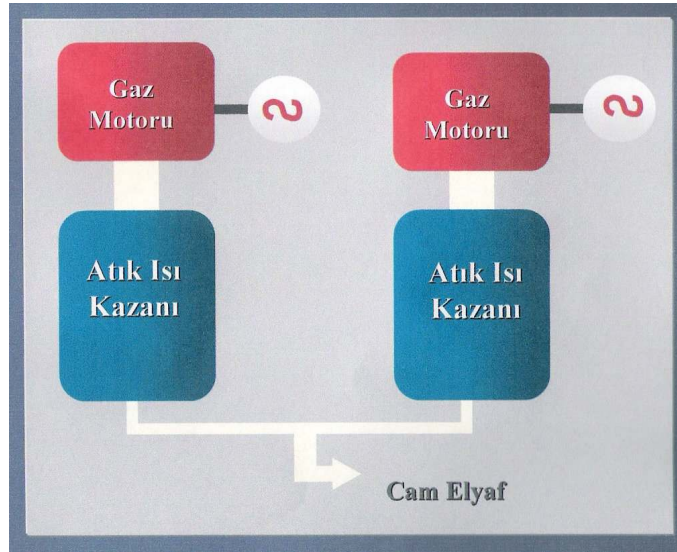


Şekil 5.1 Çayırova Bölge Santrali binası

O dönemde yapılan araştırmalar sonucunda çeşitli amaçlara en uygun bulunarak satın alınan iki adet WARTSILA (Finlandiya) marka 18 V 32 DF tipi diesel makina 19.05.1998 tarihinde devreye alınmıştır. Amacı;

Ulusal şebekedeki gerilim ve frekansın dalgalanmalarında ve kesintilerde 2 adet çift yaltlı (gaz-dizel)

İki gemi motoru (2X18V32DF) yükü üzerine alarak fabrikaları korur ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar. Bu gemi motorları PLC Sistem ile kontrol edilmektedir. A ve B barası olmak üzere 2 ayrı kolda çalışmaktadır. A barası bir koruma rölesi yardımı ile şebeke ile ortak çalışmayı sağlar. Şebekeden röle ayarının altında veya üstünde bir frekans ve gerilim geldiğinde otomatik olarak devreye girer ve ayrı çalışmayı sağlar. Böylece hem fabrikalar korunmuş olur hem de çalışmalarda bir aksaklık olmaz. B barası ise motorlarda veya sistemde bir arıza olduğunda fabrikaları şebeke üzerinden besler. Böyle durumlarda fabrikalar korunmasız bir durumdadır. Motorda üretilen 6000 W'lık gerilim ile 34500 W'a yükseltilir. Çünkü fabrikalarda giriş 34500 W'dır. Fabrikalar bu gerilimi 0.4 KW düşürür ve çalışır. Motorlar normalde gaz yakıtı ile çalışırken bu gibi darbe durumlarında dizel yakıt sistemine geçer ve böylece üzerine daha fazla yük alabilecek konuma gelir. Darbe geldiğinde veya gelmeden önce ada konumuna geçilir. Ada konumu ulusal şebekeden ayrılıp mevcut yükleri elektrik santrali üzerinden beslemedir Çayırova Bölge Santrali'nde, ortalama 12 MW elektrik, 6 ton/saat buhar üretimi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 5.2 Çayırova Bölge Santrali çevrim şeması

5.1.1 Prosesteki Dizel Motorlar ve Çalışma Sistemleri

Bu motorlar bir tür içten yanmalı motor düzeneği olup yakıtın kimyasal enerjisi silindirler içinde doğrudan mekanik enerjiye çevrilme prensibine sahiptir. Birkaç beygir gücünden 70000 beygir gücüne kadar yapılmakta olan bu motorlar günümüzün en yüksek verimli ısı makinalarıdır. Dizel motorların büyük bir kısmı motorin adı da verilen dizel oil veya marina dizel oil ile çalışmaktadır. Yakıtın %5'i sıvı ve %95'i doğalgaz olan motorlara çift yakıtlı, yakıtının tümü doğalgaz olanlara ise üç yakıtlı motorlardır. Üç yakıtlı motorlar sadece sıvı - yakıt, sıvı-gaz yakıt ve sadece gaz yakıtlarla çalıştırılabilecek özelliktedirler.



Şekil 5.3 Çayırova Bölge Santralindeki dizel motorlar

5.2 Çayırova Bölge Santralinde Kojenerasyon Ünitesinde Atık Isıdan Faydalanma Prosesi

Disel makinalar yaklaşık üç sene açık çevrim olarak,yani makinalardan çıkan egzost gazlarının doğrudan atmosfere verilmesi şeklinde çalıştırılmışlardır. Bu süre içerisinde makineler tam yükte çalışırken;

Doğal gaz yakılması durumunda;

400 °C sıcaklığında, 10,2 kg/sn debide,

Kalorifer yakıtı yakılması durumunda ;

340 °C sıcaklığında,

13 kg/sn debide egzost gazından yararlanılamamıştır. Bu durum tesisin sadece %40 verimle çalışması demektir.

Araştırmalar sonrasında Şişecam Cam Elyaf Fabrikası ihtiyaçlarına cevap vermek ve yukarıda özellikleri belirtilen baca gazlarından azami ölçüde yararlanmak amacı ile uygun kazanların alımı için çalışmalara başlanmıştır. Yapılan araştırmalar sonrasında atık ısı kazanlarının "Aalborg Industries/Finlandiya " firmasından alınmasına karar verilmiştir.

Kazanlarda üretilen buharın Şişecam Cam Elyaf Fabrikası'nda kullanılması ile santralin toplam verimi % 54'e çıkmıştır.

Cam Elyaf A.Ş.'de 3 bar (g) de doymuş buhar üreten, toplam 10.5 ton/h kapasiteli üç adet buhar kazanı mevcuttur. Cam İş Elektrik Çayırova Tesisleri'ndeki mevcut iki elektrik üreticine ait atık ısı kazanları ise hat kayıpları göze alınarak 5 bar (g) ve 174°C (15 °C kızdırılmış) de buhar üretecek şekilde dizayn edilmiştir İki adet atık ısı kazanından toplam 6.6 ton/h buhar elde edilebilmektedir. Bu kazanlardan gelen buhar, bir basınç düşürücü vasıtası ile Şişecam Cam Elyaf Fabrikası'nın iç buhar sistemine iştirak ettirilmiştir. Herhangi bir nedenle kojenerasyon tesisindeki iki elektrik üreticisinden biri veya ikisi devre dışı kaldığında veya atık ısı kazanlarında herhangi bir arıza meydana geldiğinde Şişecam Cam Elyaf kazan dairesindeki kazanlar otomatik olarak devreye girer ve sistemi beslerler. Ek 4 ve Ek 5 de Çayırova Bölge

Enerji Santralinin kojenerasyon sistemindeki ısı geri kazanım prosesinin çevrimine ait yerleşim ve akış düzenleri verilmiştir.

5.2.1 Besleme Suyu Çevrimi

Şişecam Çayırova Kojenerasyon ünitesindeki dizel makinaların egzost gazındaki atık ısıdan yararlanılarak elde edilen buhar, ihtiyaç üzerine Şişecam Cam Elyaf Fabrikasına gönderilmektedir.

Fabrikaya gönderilen buharın enerjisinden faydalandıktan sonra tekrar kondens olarak Çayırova Santraline geri gönderilmektedir. Ek 6 da Atık ısı geri kazanım sisteminin besleme suyu çevrimi diyagramı verilmiştir.

Cam Elyaftan gelen kondens ilk olarak Camış Elektrik Santralinde ön kondens tankına alınmaktadır. Ön kondens tankı için ebonit kaplı, hava almaz niteliktedir. 5 m³ lük hacimdeki ön kondens tankında toplanan kondensin sıcaklığı 50°C civarındadır. Ön kondens tankının proseye yerleştirilmesinin en önemli amacı kullanılmadan önce proses suyunun dinlendirilip içindeki tortuların ön kondens tankının dibinde toplanarak tahliye ile dışarı atılmasını sağlamaktır. Bu sebeple ön kondens tankının dibinde tahliye bulunmaktadır.

Cam Elyafa gönderilen buhar miktarının %80 civarındaki oranı kondens olarak ön kondens tankına geri dönmektedir. Ön kondens tankında seviye sensörleri bulunmaktadır. Gelen kondens miktarı gerekli seviyeyi aştığında, kondens ön kondens tankından kondens tankına gönderilmektedir. Bu da seviye sensörleri yardımıyla yapılmaktadır.

Ön kondens tankından çıkan 50 °C civarındaki dinlendirilmiş ve içindeki tortuların büyük bir kısmı arındırılmış kondens suyu ile Cam Elyaf Fabrikasında su yumuşatma prosesinden geçirilmiş olan çevre sıcaklığındaki yumuşak su, kondens tankına girip burada karışmaktadır. Sisteme dışardan yumuşak su eklenmesinin amacı Cam Elyaf'a gönderilen buharın %20'sinin proseste eksilmesidir. Bu kaybı tamamlamak için kondens tankına gelen kondens miktarına yumuşak su ilavesi yapılır.

8 m³ hacimdeki bu kondens tankının sıcaklığı 30 °C civarındadır. Kondens tankı içindeki kondensin PH değeri 7,5 ile 8 arasındadır. Kondens tankında da tahliye bulunmaktadır. Buradaki tahliyenin görevi hem tank dibindeki toplanan tortuların atılmasını sağlamak, hem de buradan alınacak numunenin ölçülmesi ile tank içindeki suyun iletkenliğinin kontrol edilmesini sağlamaktadır.

Kondens tankından çıkan su bir pompa aracılığı ile besi tankına gelir. Besi pompasının üzerinde degazör bulunmaktadır. Kondens tankından gelen kondensin ve ilave yumuşak suyun besi tankına girişi degazörden geçmek suretiyle gerçekleşir. Degazöre gelen kondens ve yumuşak su ilavesi degazör içindeki kanatlara çarparak aşağı iner ve besi tankına girer. Degazör içindeki kanatlar vasıtasıyla kondens içinde eriyik halde bulunan O₂ gazı açığa çıkar. Çıkan gaz tahliye ile dışarı atılır. Proseste korozyona sebep olması aynı zamanda istenen ısı transferi oranını azaltması sebebi ile istenmeyen bu O₂ gazı besi tankı girişinde bulunan degazör yardımı ile bu şekilde dışarı atılır.

Degazörden geçip besi tankına giren içindeki O₂ gazının büyük bir oranını kaybetmiş kondens ısıtılmak amacıyla besi tankına buhar beslemesi yapılır. Kazandan alınan 105-125 °C arası buhar besi tankına girer. Burada kondens ile karışıp kondensin sıcaklığını 80-90 °C civarına getirir. Bu ısıtmanın amacı kondens suyunun sıcaklığını arttırmak suretiyle kazan verimini de arttırmaktır. 8 m³ hacmindeki besi tankı içindeki basınç 2-3 bar civarındadır. Besi tankının PH'ı 8,5-9,5 arasındadır.

Besi tankında ısınan kondens bir pompa vasıtasıyla sayaçtan geçerek dramlara gönderilir. Pompadan sonra hatta bulunan sayaç brüt buhar debisini tayin etmek amaçlı yerleştirilmiştir. Sayaçtan sonra kondens dom adıyla da tabir edilen sistemdeki iki adet drama gönderilir.

Dramlar besi tankından gelen ısınmış kondens suyu ile belli bir seviyeye kadar doldurulur. Bu seviyenin üstü buhar için boş bırakılmıştır. Dramın alt kısmından besi tankından gelen 80-90 °C civarı kondens suyu girerken, üst kısmından da atık ısı kazanındaki buharlaştırıcıdan çıkan doymuş buhar drama girer. Dramdaki ısı ve buhar dengededir. Çünkü buhar kısmının ve ısı kısmının basıncı 5 bardır.

Besi tankından gelen 80-90 °C kondens atık ısı kazanı buharlaştırıcısından gelen 150-160 °C lik doymuş buhar ile ısınarak 5 barda 150-160 °C kondens haline gelir. Bu nitelikteki kondens besi tankından atık ısı kazanına gider.

Buharlaştırıcıdan çıkıp drama giren burada kondensi ısıtan 150-160 °C lik doymuş buhar bir yandan kondensi ısıtırken bir yandan da içindeki sıvıyı drama bırakarak 150-160 °C de kuru buhar olarak kazana geri döner, kızdırıcıya girer. Doymuş buhar içinde bir miktar daha sıvı bulunmaktadır. Bu nemin varlığı hatlarda sürtünmeye korozyona ve yoğuşmaya sebep teşkil etmektedir. Bu nedenle kızdırıcıya girmeden önce buharlaştırıcıdan çıkan doymuş buharın drama gönderilmesi ile nemi drama bırakıp kuru buhar olarak dramdan çıkıp kızdırıcıya girmesi sağlanır.

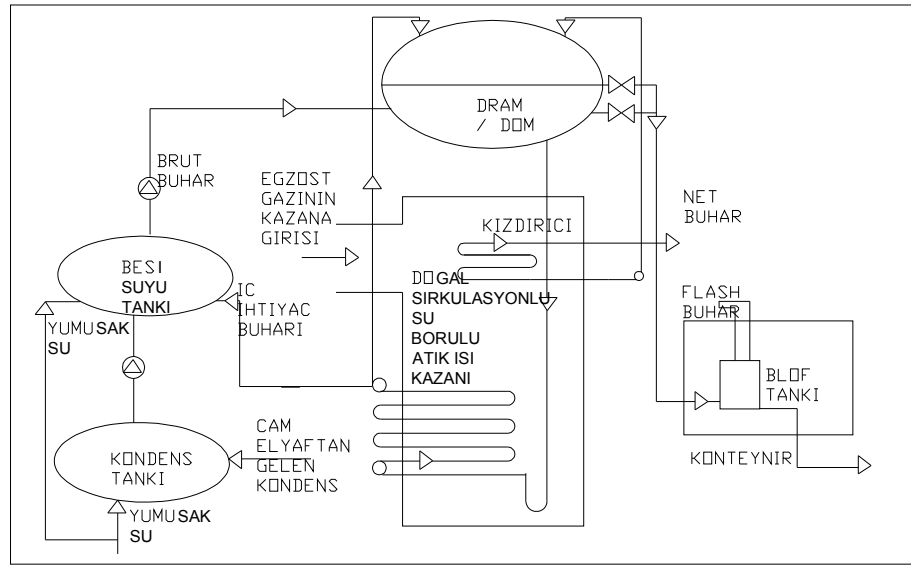
Her biri 4m³ olan ve 10,5-11,5 PH değerindeki 2 atık ısı kazanına bağlı dramların iç basınçları 5 bardır. Bu dramlarda 2 adet tahliye bulunmaktadır. Bunlardan ilki üst tahliyedir. Üst tahliye ile dram içindeki kondenzen numune alınarak iletkenlik ölçümü yapılmaktadır. Blöf adı da verilen alt tahliye ile ise dram dibindeki birikintiler atılmaktadır. Alt ve üst blöf (tahliye) birleşerek blöf tankının içinde bulunduğu konteynıra girer. Blöf tankında dramın birikintisi toplanmaktadır. Blöf tankının üzerinde bacası bulunmaktadır. Bu bacadan da blöflerle gelen buhar atılmaktadır. Bu buhara flaş (çürük) buhar adı verilmektedir. Flaş buhar 110 ile 120 °C arasındadır.

İki dramdan 150-160 °C civarında gelen kondens doğal sirkülasyonla sistemdeki 2 adet atık ısı kazanına gönderilir. Atık ısı kazanları doğal sirkülasyonlu su borulu kazanlardır. Kazanlar dramların altında bulunmaktadır. Dramdan çıkan 150-160 °C deki kondens doğal sirkülasyonla kazana inmektedir. Kondens kazana girdikten sonra ilk olarak egzost gazının kazana verildiği kızdırıcı arkasından geçerek kazanın en alt kısmına kadar inmektedir. Burada buharlaştırıcı borularda ısınarak donmuş buhar fazına geçer. Isınan doymuş buhar borular içinde yukarı doğru hareket eder. Buharlaştırıcı çıkışında daha önce izah ettiğimiz şekilde drama gönderilen doymuş buhar dramdan nemini bırakmış kuru buhar haline geldikten sonra tekrar kazan kızdırıcısına gönderilir. Egzost gazının kazana girişinde bulunan, kızdırıcı borularından geçen kuru buhar kızdırıcıda 15 °C daha sıcaklığını artırır. Böylece sıcaklığı 165-175 °C civarına çıkar 8,5-9 PH değerinde net buhar kızdırıcı çıkışından elde edilir. İki kazanın kızdırıcısından

çıkan bu nitelikteki kızgın buhar birleşir ve bir sayaçtan geçer. Bu sayaçta okunan miktar net buhar debisini verir.

Brüt buhar ile net buhar farkı besi tankında harcanan iç ihtiyaca giden buhar miktarını verir. Böylece buhar maliyeti hesaplanırken iç ihtiyaca bu fark da eklenir. Besi tankı için iç ihtiyacımız brüt buhar – net buhardır. Atık ısı kazanlarının işletme basıncı 6,2 bar test basıncı ise 8 bardır.

Bu net buhar Cam Elyaf a gönderilir. Yaklaşık 4,5-5 bar basıncında 165-175 °C sıcaklığında 8,5-9 PH değerindeki kızgın buhar atık ısının değerlendirilmesi ile bu şekilde üretildikten sonra 5" 750m siyah çelik boru ile Şişecam Cam Elyaf fabrikasına gönderilir. Bu hatta kayıp oldukça düşüktür.



Şekil 5.4 Isı geri kazanım prosesinin besleme suyu ve kazan çevrim şeması

5.2.2 Egzost Gazı Çevrimi

Dizel motorlardan 460 °C de çıkan egzost gazı türbin arkasındaki turbo charger (T/C) dan geçtikten sonra 410 °C sıcaklığına düşer turbo charger motor çıkışında bulunmaktadır. İçindeki türbin kanatları ile egzost gazını dışarı atarken diğer bir yandan da yanma havasını emip basınçlandırarak motorun yanma odasına verilmesini sağlar. Çift taraflıdır. Egzost atılırken

sıcaklığının bir kısmı T/C de yanma odasına verilerek yanma havasının ısıtılması böylece yanma veriminin artırılması sağlanır. T/C ye giren 7m/sn lik Ø çapından geçen egzost gazı çıkışta 410 °C ye düşmüş olur. Buradan da susturucuya alınır. Susturucu yüksek desibellerde olan çıkış gazının sebep olacağı gürültü kirliliğini engellemek için sisteme yerleştirilmiştir. 410 °C de susturucuya giren egzost gazı ısı kaybıyla 400-405 °C olarak susturucudan çıkar, atık ısı kazanına girer. Atık ısı kazanının üst kısmına bağlanmış olan susturucudan geçerek kazan giren egzost gazı hemen girişte kızdırıcı borularına temas eder. Burada ısınıp vererek 180 °C olarak kazan bacasından dışarı atılır.

5.3 Çevrimdeki Atık Isı Kazanları

Proseste iki adet AALBORG Industries marka AV-6N tip atık ısı kazanı kullanılmaktadır. Atık ısı kazanları doğal sirkülasyon tipinde 5 bar operasyon basıncına göre dizayn edilmiştir. Kazan içindeki buharlaşma sıcaklığı yaklaşık 175 °C dir. Kazan boyutları; L=3300mm, W=2100mm, H=7600mm ölçülerindedir. Ek 7 ve Ek 8 de atık ısı kazanlarına ve dramalara ait teknik resimler ve boru yerleşimleri verilmiştir.

Dramdaki su kazana alt girişten verilerek kazan içerisinden geçen atık ısı sayesinde ısıtılır. Atık ısı kazana üst girişten verilerek soğudukça kazanın tabanına inmesi, kazanın üst kısımlarında bulunan ve alt kısımlardan ısıtılıp gelmiş olan sıcak suyun daha da fazla ısıtılarak buharlaşmasını sağlar. Alt girişten kazana basılan ve burada ısınan su yukarı çıkar. Böylece ters akım prensibi ile daha verimli bir çalışma yapılmış olur. Su kazanın üst seviyelerine çıktıkça buradaki atık ısı yardımı ile daha çok ısınarak buharlaşır. Buharlaşmış su kazanın en üst seviyesinden tekrar drama verilir.



Şekil 5.5 Çayırova Enerji Santrali atık ısı kazanları

5.3.1 Atık Isı Kazanlarının Start Up ve Boşaltılması

Start-up Prosedürü

1. By pass damperinin OFF pozisyonunda (bypass pozisyonuna olduğunu başka bir deyişle kazanın OFF olduğunu gör)
2. Atık ısı kazanı drain vanaları kapalı
3. Saat Blower vanaları kapalı
4. Dram'daki vent vanası ve buhar ısıtma vanası açık
5. Suyun dram ile kazan arasındaki serbest akışı olmalı
6. Besi suyu pompası çalışmalı (Pompa dökümanlarına bak.)
7. Egzost gaz by pass kanalını oransal kapatın (yani kazan ON)

Böylelikle egzost gazı kazana doğru hareket eder,ısıtma yüzeyleri ile temas eder ve tabii sirkülasyon başlayacaktır.

8. Buhar basıncının drum da birkaç bara ulaşmasını bekle ve kızdırıcı ile müşteri. Hattına yavaş yavaş buhar aç. Vent hattından sürekli buhar gelmeye başladığında bu vanayı kapat. Buhar ısıtma vanasını daha açık tut. (Bu Buhar hattında termal stresleri azaltmak için uygulanmalıdır.)
9. Dram da normal basıncı ulaşıncaya kadar ana buhar vanası yavaş yavaş açılmalıdır. Tam açıldığında buhar ısıtma vanası kapatılır.
10. Şimdi kazan standart servise hazırdır.

Boşaltma Prosedürü

1. Makine durdurulur / (veya) eksozt gazı bypass dan atılır.
2. Ana buhar vanası kapatılır ve tabi sirkülasyonun durması beklenir.
3. Besi suyu pompası durdurulur ve dram su görüş vanası kapatılır.
4. Kazan boşaltılmadan önce yeterince soğumalıdır.
5. Dram'daki vent vanası açılır.
6. Drain vanaları dikkatlice açılır.
7. Atık ısı kazanı boşaldıktan sonra drain vanaları ve vent hatları kapatılır

NOT:Atık ısı kazanı her zaman yukarıdaki prosedüre göre boşaltılmalıdır .

Kazandaki su hiçbir zaman buharlaştırılarak boşaltılmamalıdır. Bu kazan boruları içinde tabakalar oluşmasına ve iç korozyona yol açar ve kazanlara zarar verir. Başarılı bir boşaltma için soğuk kazana basınçlı hava uygulanmalıdır. Soğuk bir kazanı bir bölümü su ile bekletmek korozyon riski oluşturur. Kazanların bekletilmesinde mutlaka korozyon koruması hesaba katılmalıdır. Uygun koruyucu kazana ilave edilmeli ve tüm bağlantılar uygun bir şekilde kapatılmalıdır.

5.3.2 Atık Isı Kazanlarının Temizlenmesi

Kazan periyodik olarak temizlenmelidir. Temizleme periyoduna etken olan faktörler; egzost gazının kirliliği, sıcaklık, işletme aralığı, yük faktörü vs.

Sonuç olarak temizleme periyotları gözlem ve deneyimle belirlenir. Makina startlarında makinanın %50 altında ve yakın yüklerde uzun süre çalışmasında egzost gazını bypass' tan atılır. Bu çalışmalarda kazan çok hızlı kirlenir. Bu gibi durumlarda manuel kirlenme gözleminin sık yapılması gerekir.

Atık ısı kazanının temizleme ihtiyacını belirleme metodlarını şu şekildedir:

- 1- Atık ısı kazanı çıkış (egzost) sıcaklığı kontrol edilmeli. Temiz kazan değerlerinin 20-30 °C üzerine çıktığında temizlenmelidir.
- 2- Kazanda ters basınç kontrol edilmeli, temiz kazan değerinin 20 mmH₂O üzerine çıkmamalıdır. Bu bir manometre ilk giriş çıkış farkı ile yapılabilir.
- 3- Bakım zamalarında iç gözlemler yapmak gereklidir.

Steam Saat Blower ile temizlik şu şekildedir;

Steam Saat Blower (SSB)

↓

İş, kurum

↓→ üfleme

AIK da 6 adet manuel SSB vardır. İçinden baca gazları geçen bir kazan en az günde iki kez veya gerekliyse daha fazla temizlenmelidir. Eğer makine % 50 yüke yakın çalışıyorsa temizleme en az 3 kez yapılmalıdır. SSB kazanda sıra ile yapılmalıdır. SSB kazanın en üstünden başlatılır ve sıra ile aşağı doğru yapılır. SSB uygulanırken aynı anda birden fazla SSB vanası açılmaz. SSB yapılırken vana açıldığında SSB tüm borulara ulaşmalı ve temizlike en az 30 sn. veya yeterli temizleme zamanında olmalıdır. SSB yapılırken kazan basıncı gözlenmelidir. Eğer basınç çok düşerse SSB işlemi kesilmelidir. İkinci SSB işlemi için nominal.basınca ulaşılması beklenmelidir. Temizleme sonucu; fark basınç değeri (kazan giriş

çıkışı,) atık egzost sıcaklığı ile değerlendirilmeli ve eğer gerekiyorsa temizleme yenilenmelidir. Eğer bu şekilde temizleme yeterli olmuyorsa o zaman kazan manuel su ile temizlenmelidir.

Manuel Su Temizliği

Bu temizlik makine dururken, atık hali sıcakken (yüzey sıcaklığı 150 °C altında olmak kaydı ile) yapılırsa iyi sonuç sağlar. Temizlemeye başlamadan önce temizlik sırasında makinenin çalışmaya başlamayacağından emin olun. Su ile temizlik işlemi en az ayda bir kez veya fark basınç ile atık egzost sıcaklık okumaları değerlendirilerek daha fazla yapılır. Eğer egzost sıcaklık değeri temiz kazan sıcaklık değerinden 20-30 °C fazla ise (ve SSB sonuç vermiyorsa) kazan temizlenmelidir. Aynı şekilde eğer makine % 50 yüke yakın çalışıyorsa temizlik daha sık yapılmalıdır. Temizleme ihtiyacı periyodik olarak bakım kapılarından kontroller ile belirlenmelidir. En iyi temizleme su ile yapılandır.

Su ile temizlik prosedürü şu şekildedir;

- 1- Atık bakım kapısını aç.
- 2- Drain borusundaki vanayı aç
- 3- Kazandan suyun rahatça akıp gittiğini gözle
- 4- Temizleme suyunu, su ile yıkama cihazını aç veya en uygunu bir yangın hidrantı kullanmaktır. Çünkü burada su akışı ve basıncı yeteri kadar yüksek olur. Temizlemeyi tüm boru ve yüzeylerine ve bölümlerine uygula, akan su temiz gelene kadar devam et.
- 5- Borularda is, kurum kalmadığına dikkat et.
- 6- Kazan dibinden çamur ve tüm atıkları al.
- 7- Bakım kapısını kapat.
- 8- Boruları ve kazan içini kazanı devreye almadan kurulmasına izin ver.
- 9- Drain vanalarını kapat ve makinayı çalıştır. *

5.3.3 Atık Isı Kazanlarının Otomatik Kontrolü

Proseste iki atık ısı kazanı da beraber çalışmaktadır. Bu kazanlarda basınç kontrolü için basınç sensörleri bulunmaktadır. Basınç sensörlerinin algıladığı değere göre müşterinin buhar çekişi görülebilmektedir. Bu değerlere göre bacadaki bypass damperlerinin açıklığının yüzdesi değiştirilerek basınç ayarlanır.

Dramların ve besi tankının seviye kontrolleride kapasitif seviye sensörleri ile kontrol edilmektedir. Bu seviye kontrolü feed back (geri beslemeli) ayarlı ve sürekli kontroldür. Seviye düştükçe kontrol cihazı vanayı kademeli olarak açar veya kapatır. Böylece istenen seviye ayarlanır.

Kondens tankının seviye kontrolü kontakt sensörlü seviye göstergesiyle yapılmaktadır. Bu sensörde tüp içinde bir top bulunmaktadır. Top seviyeye göre hareket etmektedir. Topun çıktığı seviyeyi algılayan manyetik switchler pulse göndererek pompaların açılıp kapanmasıyla seviyenin istenen ayarda kalmasını sağlar. Sistem on-off çalışmaktadır. Pompayı açar veya kapatır. Gerekli seviyeyi sabitler.

5.4 Şişecam Çayırova Bölge Santralinde Atık Isıyla Elde Edilen Buharın Kullanımı

Çayırova bölge santralinde atık ısıyla üretilen ve Cam elyafa gönderilen buhar burada iki amaçta kullanılır. Bunlardan birincisi cam elyaf fabrikasındaki ofis ve konutların ısıtılması, diğer amaç ise cam elyaf prosesinde ihtiyaç olan soğutmanın karşılanmasıdır. Cam elyaf prosesindeki soğutma ihtiyacı atık ısıdan üretilen buhar ile çalışan absorpsiyonlu soğutma cihazları ile karşılanmaktadır. Carrier marka tek kademeli iki adet absorpsiyonlu soğutma sisteminin COP değeri yaklaşık 0,7 dir. Hem atık ısının değerlendirilmesi hemde enerji sarfiyatının azalması açısından absorpsiyonlu soğutma sistemleri oldukça yararlı bir uygulamadır.

5.4.1 Atık Isıdan Üretilen Buhar İle Çalışan Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi Prosesinin İncelenmesi

Şişecam Cam Elyaf A.Ş.'de absorbsiyonla soğutma sistemine geçilmesinin talep edilmesinin nedenini açıklayan kojenerasyon santrali atık ısı kazanı ve CE absorbsiyonlu soğutma sistemi yatırım ön araştırma raporu, aşağıdaki gibidir:

Cam Elyaf'ta D kanalının açılması projesi ile birlikte mevcut elektrik enerjisi kaynaklarımız açısından limitlerin aşılması sorunu gündeme gelmektedir. Mevcut durumda fabrikadaki 4200 kW kapasitesindeki jeneratörler, fabrikanın kritik ihtiyacı olan 3700 kW'lık yükleri karşılayabilmektedir. D kanalının açılması ile birlikte jeneratörlerin kapasitesi, fabrikanın 4800 kW'a çıkması beklenen kritik enerji ihtiyacını karşılamaya yetmeyecektir. Bu durumda sorun sadece jeneratör satın almakla bitmemekte, ilave trafo, tesis, mekan, kablolama giderleri açısından da sıkıntılar doğurmaktadır.

Bu durum, Cam Elyafı elektrik enerjisine alternatif enerjiler ile çalışan sistemleri araştırmaya yönlendirmiştir. Cam Elyaftaki elektrik sarfiyatını arttıran en büyük grupların biri, soğutma kompresörleridir. Dünyada uzun süre bilinmekte ve kullanılmakta olan ancak ülkemizde yeni yeni kullanılmakta olan , buhar , sıcak su ya da direkt yakmalı “absorbsiyonlu soğutma istemleri“ hem atık ısının değerlendirilmesine hem de elektrik enerjisine alternatif enerji kaynaklarından yararlanılmasına olanak vermektedir.

Bu ısı transferi kapasitesine; yani ısı yüküne ulaşabilmek için , soğutma yükü toplamı 1800000 kcal/h olan iki adet absorbsiyonlu soğutma makinesi kullanılmaktadır. Bu makinelerin biri 1200000 kcal/h ve diğeri ise 600000 kcal/h kapasitededir. İki adet makine seçilmesinin nedenlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

1- Herhangi bir arıza veya bakım durumunda makinelerin birisi devre dışı iken diğeri ile kısmi olarak soğutma sağlanabilir. Zaten, York kompresörlerin bir kısmı yedek olarak kalacaktır. Bir arıza durumunda, yedek kompresörler devreye alınacaktır ve çalışan absorbsiyon makinesi ile işleme devam edecektir.

2- İhtiyaç duyulan ısı transferi miktarı yukarıda hesaplandı. Bu hesaplama, istenen maksimum değerlerdir. Bu değerlerden daha düşük kapasitede soğutma yapılacak ise, 1800000 kcal/h kapasiteli bir makinada performans düşüklüğü olacaktır.

Bu, soğutma etkisinde de bir düşüğe neden olacaktır. Bu yüzden, gereken miktarda soğutmanın sağlanabilmesi için , daha fazla enerji vermek zorunda kalınacaktır. Soğutma kapasitesi 1200000 ile 600000 kcal/h değerleri arasına düşerse , bu makinelerin sadece 1200000 kcal/h kapasiteli olanı çalışır. Eğer ısı yükü 600000 kcal/h'in altına düşerse , 600000 kcal/h kapasiteli olan makine çalışır. Böylece, hem gereksiz elektrik sarfiyatı önlenmiş olur , hem de makineler tam performansa yakın çalışırlar ve ömürleri kısalmaz.

Bu kapasite olanakları düşünülünce , bir adet 1200000 ve bir adet de 600000 kcal/h kapasitesi olan iki adet absorpsiyonlu soğutma cihazının alınması uygun görülmüştür.

5.4.1.1 Cam Elyaf Fabrikasındaki Atık Isı Absorbsiyonlu Soğutma Sistemlerinin Ekonomik Analizi

Çizelge 5.1 Cam Elyaf A. Ş.'de Kasım 1999 - Ekim 2000 arası toplam buhar tüketimi(Şişecam Cam Elyaf A. Ş.'den alınmıştır.)

Aylar	Isıtma İçin Buhar (Ton]	York Komp. (KWh)	Soğutma İçin Buhar (Ton)	Aylık Buhar İhtiyacı (Ton)	Ortalama Buhar Tüketimi (Ton/h)	Yıl Bazında Aylık Buhar İhtiyacı (Ton/Yıl;
1						
((as.99_	1.887	132.313	956	2.843	3,95	3.034
Ara.99	2.217	105.833	765	2.982	Nis.14	3.135
Dca.OG	3.194	75.184	543	3.737	5,19	3.846
Sub.00	2.882	105.619	763	3.645	5,06	3.798
Mar.00	3.376	1140.733	1017	4.393	6,1	4.596
Nis.00	2.824	239.019	1.727	4.551	6,32	4.897
May.00	1.129	231.944	1.672	2.801	3,89	3.316
Haz.00	650	277.944	2.009	2.659	3,69	3.060
İleri00	702	366.084	2.646	3.348	4,65	3.877
Ağu.00	594	1.418.167	3.022	3.616	5,02	4.220
Eyl.00	623	291.854	2.109	2-732	3,79	3.154
'..ki İlf]	1.002	190.070	1.374	2.376	3,3	2.650
Toplam	21.080	2.574.764	18.603	39.683	55,1	43.583

Yukarıdaki tabloda Şişecam Cam Elyaf A.Ş.'nin bir yıllık buhar ihtiyacı görülmektedir. Bu verilere dayanarak Absorbsiyon makineleri ile soğutma kompresörleri arasında mukayese yapmak mümkündür.

Buna göre,

Çizelge 5.2 Şişecam Cam Elyaf A.Ş.'nin pistonlu kompresörler kullanılırken yaptığı yıllık harcama (Cam Elyaf-2000)

Isınma için Buhar Miktarı (ton/yıl)	Elektirik miktar (kWh/yıl)	Isınma için Buhar Harcaması (»yıl)	Elektirik Harcaması (V yıl)	Komprösör Bakımı (S/yıl)	Toplam Harcama (\$/yıl)
21.080	2.574.764	295 120	154485,8	35000	484.693

Bu tabloda, absorbsiyon makineleri devreye alınmadan önce Şişecam Cam Elyaf A.Ş.'nin yaptığı yıllık harcama görülmektedir. Isıtma için gereken buhar Cam Elyaf bünyesinde bulunan buhar kazanları ile, doğalgaz yakılarak elde edilmektedir ve birim maliyeti ortalama olarak 14 ton/\$ olmaktadır.

Soğutma için ise hava soğutmalı kompresörler kullanılmaktadır. Bu kompresörlerden 6 adet olup maksimum olarak 832,8 (kWh) elektrik enerjisi harcayabilmektedir. Kompresörlerin yıllık bakımı ise 35000 \$ olmaktadır.

Mevcut sistem, cam fırının üç kanalının işlemde olduğu durum için yeterli olan bir sistemdir. Ama fırının dördüncü kanalı devreye alınmıştır. Kompresörler dört kanalın birden soğutulması için yeterli olamamaktadır. Bunun sonucu olarak, İşletmeye ek kompresör alınması gerekmiştir ama mevcut trafo merkezi, sisteme eklenecek olan yeni klimaların yükünü kaldıramayacaktır. Bu nedenle, sisteme kompresör eklenmesi halinde yeni bir trafo gerekecektir. Yeni trafo merkezinin maliyeti ise aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 5.3 Absorbsiyonlu soğutma makinelerinin alınmaması durumunda olacak enerji artışının maliyeti (Cam Elyaf 2000)

Parça	Fiyat (< \$)
Jeneratör	290000
Pisionlu soğutma kompresörü	80000
İlave tesis (panolar , kablolar)	350000
Trafolar	50000
Toplam	770000

Cam timinin dördüncü kanalının (Ön izleme raporunda D kanalı olarak geçiyor) açılması ile kurulması gereken trafo merkezinin maliyeti 770000 \$ olmaktadır. Bu şartlar altında absorbsiyonlu soğutma cihazının kullanılması halinde yapılacak olan masraflar ise şöyle olur:

Çizelge 5.4 Absorbsiyon makinesinin yıllık masrafı (Cam Elyaf-2000)

Isıtma İçin Buhar Miktarı (ton/yıl)	Tüketilen Elektrik Miktarı (KWh/yıl)	Tüketilen Su Miktarı (ton/h)	Isıtma İçin Buhar Harcaması (\$/yıl)	Elektrik Harcaması (\$/yıl)	Su Harcaması (î/yıl)	Pompa Bakımı (î/yii)	Toplam Harcama (\$/yıl)
21080	121,9	4,78	42160	22424,7	31404,6	3000	98989,3

Absorbsiyon makinelerinin kullandığı buhar kojenerasyon merkezinden temin edilmektedir ve maliyeti 2 \$/ton olmaktadır. Isıtma işlemi için kullanılacak olan buhar maliyetinin şu şekilde düştüğünü görebiliyoruz. Absorbsiyon makinelerinde ısınan suyun soğutulması açık soğutma kuleleriyle yapıldığı için sistemde su kaybı olacaktır. Bir yapımcı şirket tarafından bu kayıp miktarı saatte 4,78 ton olarak verilmiştir. Absorbsiyon makinasında mekanik olan sadece iki adet

pompa bulunuyor. Bu pompaların bakım masrafı yıllık 3000\$, harcadıkları elektrik ise 121,9 kWh. Bu kompresörler ile karşılaştırılınca yıllık harcama bazında absorpsiyon makinesinin kullanılması ile kar edildiği görülüyor.

Absorpsiyon makinesinin ilk yatırım miktarı ise:

Çizelge 5.5 Absorpsiyonla soğutma makinesinin ilk yatırım maliyeti (Cam Elyaf-2000)

Cihaz	Fiyatı(\$)
İki adet absorpsiyon makinası	280000
Atık ısı kazanı	275000
Buhar ve kondens tesisatı	50000
Toplam	605000

Görüldüğü gibi absorpsiyon makinasının ilk yatırım masrafı da yeni bir trafo santralinin ilk yatırım masrafından düşüktür. Bu nedenle, absorpsiyon makinesinin Şişecam Cam Elyaf tesisine kurulması ile tesis kara geçmektedir. Yıllık harcamalar bazında da absorpsiyon makinesi kompresörlere göre daha ekonomik olduğu için absorpsiyon makineleri ekonomik bir yatırım olacaktır.

Sonuç olarak absorpsiyonlu soğutma sisteminden elde edilen kar bu sistemde atık ısıdan elde edilen buharın kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Aksi takdirde COP değeri kompresörlü sistemlere göre oldukça düşük olan bu sistemden istenen yarar elde edilemeyecektir. Bu da bize atık ısının geri kazanılmasının ne kadar gerekli ve yararlı bir çalışma olduğunu göstermektedir.

5.5 Çayırova Bölge Santrali Çevriminin Fizibilitesi

Çayırova kojenerasyon ünitesinde 655 Kcal/Kg kalorifik değerinde buhar üretilmektedir. 6 bar 175 C ve 655 Kcal /kg lık kalorifik değerindeki bu buharın 1 tonunun üretebilmek için;

$655.000 \text{ Kcal/ton} / 8.250 \text{ (Doğalgazın kalorifik değeri)} = 79,4 \text{ standart m}^3 \text{ doğalgaz}$ tüketilmektedir. Yani sistemde istenilen niteliklere uygun olarak üretilen buharı atık enerjiden değilde bir doğalgaz kazanı ile üretmeye kalkarsak; bu buharın 1 tonu için 79,4 standart m³ doğalgaz enerjisine ihtiyaç olacaktır.

Bu kazanın veriminin % 90 gibi iyimser bir rakam olduğunu düşünürsek;

$79,4 \text{ sm}^3 \times 1.1 = 87,3 \text{ sm}^3$ doğalgazın istenen nitelikteki buharın 1 tonunun üretilmesi için doğalgaz kazanında yakılması gerektiğini görüyoruz.

BOTAŞ'ın elektrik üreticisine sattığı doğalgazın fiyatı;

$0,356512 \text{ YTL} / \text{sm}^3 + 0.021 \text{ YTL} / \text{sm}^3 \text{ (ÖTV)} = 0.377512 \text{ YTL} / \text{sm}^3$ 'tür.

Elektrik üreticileri doğalgazın standart m³'ü için 0,377512 YTL / sm³ ödemektedirler

Dolayısı ile kojenerasyon ünitesinde atık ısı ile üretilen buharın normalde doğalgaz kazanında üretilmesi durumunda doğalgaza ödenecek fiyat;

$0,377512 \text{ YTL} / \text{sm}^3 \times 87,3 \text{ sm}^3 = 32,9568 \text{ YTL}$ dir. Yani kojenerasyon da üretilen buharın 1 tonunu normalde üretebilmek için 32,9568 YTL harcamak gerekmektedir.

Mevcut durumda kojenerasyon ünitesinde atık ısı ile buhar üretilerek hesaplanan değerlerde kar edilmektedir.

Doğalgazla elektrik üretildiğinde 1 KW elektrik enerjisi için 0,105 YTL harcanmaktadır. Elektriği üretmek yerine satın alındığında ise 1 KW saat elektrik enerjisi için 0,104 YTL ödenmektedir. Dolayısı ile doğalgaz ile elektrik enerjisi üretmek yerine elektriği direkt satın almak daha avantajlıdır. Doğalgaz giderek pahalılandığı için atık ısıdan üretilen buhar satışı daha cazip ve önemli hale gelmiştir.

6 ŞİŞECAM ÇAYIROVA BÖLGE SANTRALİNDE ATIK ISIDAN FAYDALANMA PROSESİNE İLAVE SİSTEM ÖNERİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ ve FİZİBİLİTESİ

6.1 Şişecam Çayırova Bölge Santralinde Geri Kazanımı Yapılmayan Atık Isı Çıktıları ve Kullanılabilirlikleri

Çayırova bölge santralinde dizel motorlarının egzost gazlarının atık ısı kazanları vasıtasıyla ısı geri kazanımının yapılması sonucu oluşan buhar ısıtma ve soğutma ünitelerinde kullanılmaktadır. Bu ısı geri kazanımı prosesinden elde edilen buharın miktarı ve kalitesi dış hava şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Elde edilen buharın kullanılacağı mekan olan Şişecam Cam Elyaf Fabrikasına gönderilmesi iki fabrika arasındaki borular ile sağlandığından yol kayıpları dış hava sıcaklığının farkıyla değişmektedir. Bu sebeple kışın atık ısıdan elde edilen ve müşteriye gönderilen buhar kalitesi düşmekte ve sistem ihtiyaçları için yetersiz hale gelmektedir. Sistem ihtiyacını karşılayamayan buhar eksikliğini kapatmak için Cam Elyaf fabrikasında bulunan buhar kazanları devreye alınır ve eksik buhar ihtiyacı karşılanır.

Bunun yanı sıra Çayırova santralinde ısı geri kazanımı yapılmayan atık ısı çıktıları bulunmaktadır. Bu atık ısıların değerlendirilmesi gerçekleştirilirse üretilecek buhar miktarı ve kalitesi artacağından müşterinin ihtiyaçları karşılanacak ve ek olarak buhar kazanları çalıştırılmayacaktır. Bu da maliyeti düşürecek ve tam verimli bir ısı geri kazanımı prosesi gerçekleştirilecektir. Bu sebeple bu tezde, mevcut atık ısı geri kazanım prosesine ilave olarak geliştirilebilecek sistemler incelenip fizibiliteleri hazırlanmıştır. Şişecam Çayırova Bölge Santralinde egzost gazı dışında flaş buhar ve motor ceket suyu atık ısıları çıktıları da bulunmaktadır. Bu atık ısıların geri kazanılabilirlikleri araştırma ve incelemelerim sonucunda aşağıda açıklanmıştır.

6.1.1 Flaş (Çürük) Buhar

Dramdan blöferle, blöf tankına atılan çürük buhar konteynırın bacasından dışarı atılmaktadır. 110-120 °C arası sıcaklıktaki buharın atık ısısından faydalanmak amacıyla yapmış olduğum incelemelerle sonucu görölüyor ki, sistemden atılan çürük buharın iletkenliği ve PH değeri çok yüksektir. Bu sebeble kaliteli bir ısı transferi gerçekleştirebilecek nitelikleri, taşımamaktadır. Aynı zamanda bu özelliikteki çürük buharın atık ısısından faydalanmak amacıyla kullanılacak bir atık ısı kazanı veya her herhangi bir ısıtma devresine zarar verebilecek korozyona ve tıkanmaya sebep olabilecek niteliktedir. Bu niteliklerdeki flaş buharın direkt kazana verilmesi sakıncalı olduğundan ancak sko tipi duman borulu bir atık ısı kazanında kullanılması daha fizibil olabilir. Ancak budurumda da yakıt maliyeti fazla olacaktır.

Diğer bir öneri de bu flaş buharın besleme suyu ısıtılmasında kullanılmasıdır. Fakat bu durumda da çok yararlı bir çevrim elde edilemeyecektir. Bu da sistemin verimini düşürecek ve yatırım maliyetinin geri ödenme süresini uzatacaktır.

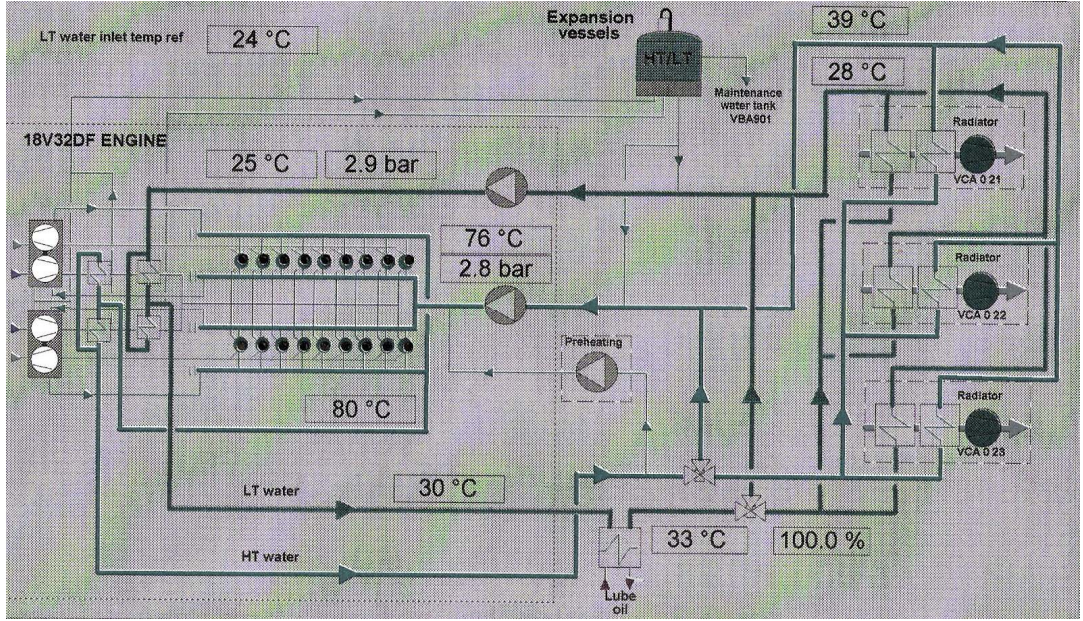
Sonuç olarak bu proste çıkan çürük buharın enerjisinden faydalanarak ısı enerjisi elde edilmesi, gerçekleştirilmesi karlı olmayacak bir çalışmadır.



şekil 6.1 Kojenerasyon tesisindeki flaş buhar konteynırı

6.1.2 Motor Ceket Soğutma Suyu

Dizel motorlarının pistonlarının soğutulması için motor etrafını dolaşan bir motor ceket suyu kullanılmaktadır. Ceket suyu sıcaklığının pistonun yapısını bozmaması için piston sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta sisteme verilmesi gerekmektedir. Bu sebeple ceket suyu her bir motora 120 m³/h debide 76 °C de sisteme girip 80 °C de makinadan çıkmaktadır. Motordan çıkan ceket suyu türbine (T/C) girip 90 °C dışarı atılmaktadır. Böylece hem motor pistonları hemde turbo charger metali soğutulmaktadır. Turbo charger dan çıkan 90 °C deki sıcak su miktarının % 5'i dry cooler a girip 45 °C'ye düşürülmektedir. Suyun geri kalan 90 °C'lik kısmı ile dry collerdan çıkan 45 °C'lik kısmı üç yollu termostatik vana ile karıştırılıp 76°C ceket suyu giriş sıcaklığına getirilip tekrar sisteme verilmektedir.



Şekil 6.2 Kojenerasyon dizel motorlarının soğutma suyu suyu anlık kontrol akış diyagramı

Hazırlamış olduğum tezimde atık ısısından faydalanılabilecek olan bu motor ceket suyu için sistem önerileri üzerine yapmış olduğum araştırmalar sonucu, bu atık ısıdan sıcak su elde edilebileceğini ve sisteme takviye yapılabileceğini gördüm. Ceket suyundan faydalanılarak sıcak su elde etme çalışmaları gerçekleştirildiğinde kojenarasyon ünitesi trijenarasyona dönüşecektir. Bunun dışında sıcak suyla çalışan absorpsiyon soğutma cihazı ile de soğutma ihtiyacının bir kısmı temin edilebilir. Diğer bir öneri de sistemdeki tek kademeli buharlı

absorbsiyon cihazlarının yerine çift kademeli buharlı bir absorpsiyon cihazının kullanılmasıdır. Konu üzerine yapmış olduğumuz çalışmalarda aşağıdaki sistemler geliştirilmiştir.

6.2 Atık Isıdan Faydalanma Prosesine İlave Sistem Önerileri ve Fizibiliteleri

Motor ceket suyunun atık ısısından faydalanılarak enerji elde edilebilmesi için üç farklı sistem geliştirilebilmektedir. Bu sistemler şunlardır;

Alternatif 1)

Birinci alternatif motor ceket suyundan faydalanılarak ofis ve büroların ısıtılmasında kullanılacak sıcak suyun temin edilmesini sağlamak amaçlıdır. Motor ceket suyundan faydalanabilecek sistemlerden biri 90 °C deki iki motordan gelen toplam 240 m³/h'lık sıcak suyun altında birinin plakalı eşanjöre verilip, eşanjörde Cam Elyaf fabrikasından gelen 20 °C deki suyu 80 °C ye ısıtmasıdır. Böylece bu atık ısıdan faydalanılarak büro ve konutların ısıtılmasında ve proseste kullanılacak sıcak su elde edilecektir. Bu şekilde kışın eksik kalan buhar ihtiyacını karşılamak için devreye alınan kazanların çalıştırılmasına gerek olmayacaktır. Sistemin ihtiyacı olan sıcak bu şekilde temin edilince müşteriye gönderilecek olan buhar miktarı da artacaktır. Hem daha verimli hem de daha düşük maliyetli bir çevrim sağlanacaktır.

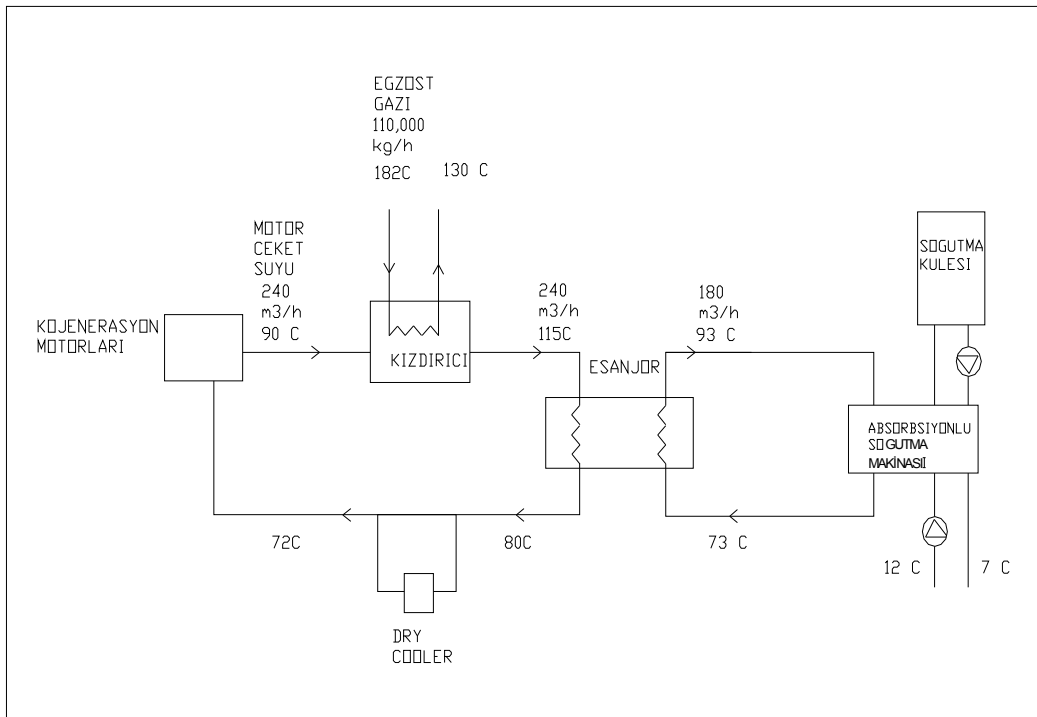
Alternatif 2)

İkinci alternatif olarak geliştirilen bu sistem motor ceket suyundan ve egzost gazından faydalanılarak bir eşanjör vasıtasıyla buhar elde edilip bu buharın da Şişecam Cam Elyaf fabrikasına yerleştirilecek ilave bir sıcak suyla çalışan absorpsiyonlu soğutma makinasına gönderilmesini böylece kışın yetersiz kalan buhar ihtiyacının motor ceket suyundan temin edilmesini amaçlamaktadır. Bu sistem şemasında görüldüğü üzere bir kızdırıcı, bir plakalı eşanjör ve birde dry cooler'dan oluşmaktadır.

İki dizel motordan çıkan ve birleşen toplam 240 m³/h 90 °C deki motor ceket suyu, atık ısı kazanından çıktıktan sonra bacadan atılan egzost gazıyla bir kızdırıcı vasıtasıyla 95 °C'ye ısıtılır. 182 °C'de ve 110.000 kg/h debideki egzost gazı motor ceket suyunu 5°C ısıttıktan sonra

130 °C de bacadan atılır. 95 °C deki 240 m³/h'lik ceket suyu kızdırıcıdan çıktıktan sonra eşanjöre girer. Eşanjörde Şişecam Cam Elyaf fabrikasına alınması önerilen 93/73 °C sıcak sulu çalışan absorpsiyonlu soğutma makinasından gelen 73°C' deki 180 m³/h sıcak suyun sıcaklığını 93 °C ye arttırır. Eşanjöre 95 °C giren ceket suyu çıkışta 80 °C'ye düşmüş olur. Bundan sonra da bir dry cooler dan geçerek motora giriş sıcaklığına düşürülür ve çevrim tamamlanır.

Böylece sistemde mevcut durumda kullanılmayan motor ceket suyu ve atık ısı kazanı çıkışı egzost kazanından faydalanılarak üretilen buhar miktarı arttırılır Yetersiz kalınan durumlarda devreye alınan buhar kazanları bypass edilerek kazan maliyetleri düşürülür.



Şekil 6.3. Kojenerasyon motor ceket suyu kullanımıyla absorpsiyonlu soğutma öneri şeması

Enerji Denklemi;

Sistemin analizi yapılırken ilk olarak kızdırıcıdan çıkan motor ceket suyunun sıcaklığı 115 °C olarak kabul edildi. Bu kabulden yola çıkılarak hesaplar yapıldı. Hesapların sonunda bu sıcaklığın 115 °C değil 95 °C olacağı hesaplandı. Enerji analizi aşağıdaki şekildedir;

$$Q = m \times c \times \Delta t \quad (6.1)$$

$$Q = 240 \text{ m}^3/\text{h} \times 1000 \times (115-80) \text{ C}$$

Q verilen=7.920.000 kcal/h (plakalı eşanjöre giren ceket suyunun burada bırakacağı varsayılan ısı enerjisi miktarıdır.)

Sisteme önerilen 93/73 °C sıcak sulu çalışan absorpsiyonlu soğutma cihazının COP değeri tablodan 0.75 olarak hesaplanmıştır.

$$\text{COP} = Q \text{ soğutma} / Q \text{ verilen} \quad (6.2)$$

$$Q \text{ soğutma} = 0,75 \times 7.920.000 \text{ kcal/h}$$

$$Q \text{ soğutma} = 5.940.000 \text{ kcal/h olarak hesaplandı}$$

$$Q \text{ soğutma kulesi} = (Q \text{ soğutma} + Q \text{ verilen}) \quad (6.3)$$

$$Q \text{ soğutma kulesi} = 5.940.000 + 7.920.000$$

$$Q \text{ soğutma kulesi} = 13.860.000 \text{ kcal/h}$$

(Bu absorpsiyonlu soğutma sisteminde kullanılacak olan 30/ 37 °C'lik soğutma kulesinin kapasitesi bu şekilde hesaplanmıştır.)

$$Q \text{ soğutma kulesi} = m \text{ kule} \times c \times \Delta t \quad (6.4)$$

$$5.940.000 = m \text{ kule} \times 1000 \times (37-30)$$

$$m \text{ kule} = 1980 \text{ m}^3/\text{h} \text{ lik (kule debisi hesaplanmıştır)}$$

sistem için seçilen absorpsiyonlu soğutma cihazının debisi soğutma kapasitesinden tablo yardımıyla 2347 m³/h olarak bulunmuştur.

$$(m' \text{ kule} / m' \text{ abs.})^2 = \Delta P \quad (6.5)$$

$$(1980/2347)^2 = 55,5126 \text{ kPascal (absorpsiyonlu soğutma cihazının basınç kaybı hesaplanmıştır)}$$

kızdırıcıda gerçekleşecek enerji denklemi,

$$Q \text{ alınan} = Q \text{ verilen} \quad (6.6)$$

Egzost gazının giriş ve çıkış entalpileri duman gazı tablosundan okundu

$$182 \text{ °C'deki kızdırıcıya giren egzost gazı için } h_g = 48,11 \text{ kcal/kg}$$

$$130 \text{ °C'deki kızdırıcıdan çıkan egzost gazı için } h_{\check{c}} = 34,17 \text{ kcal/kg}$$

$$Q \text{ egz. verilen} = m \times (h_g - h_{\check{c}}) \quad (6.7)$$

$$Q \text{ egz. verilen} = 110.000 \text{ kg/h} \times (48,11 - 34,17) \text{ kcal/h}$$

$$Q \text{ egz. verilen} = 1.533.114 \text{ kcal/h}$$

$$Q \text{ alınan} = Q \text{ verilen}$$

Sistem için seçilecek olan kızdırıcı ünitesinin verimi yaklaşık 0,92 dir.buna göre

$$Q \text{ alınan } \times \mu \text{ kızdırıcı verimi} = m \text{ ceket suyu} \times c \times (T \text{ çıkış} - T \text{ giriş}) \quad (6.8)$$

$$1.533.114 \times 0,92 = 240 \text{m}^3/\text{h} \times 1/1000 \text{ kg/m}^3 \times 1 \times (T \text{ çıkış} - 90)$$

T çıkış = 95,4 böylece kızdırıcı çıkışında motor ceket suyunun gerçek çıkış sıcaklığı hesaplanmış olur.

$$(95-80) \times 240 \times 1000 = (93-73) \times m \text{ abs.} \times 1000$$

$m' = 180 \text{ m}^3/\text{h}$ lik absorbsiyonlu soğutma cihazı debisi hesaplanmıştır.

95,4 °C'de kızdırıcıyı terk eden motor ceket suyu santralden borularla soğutma ihtiyacının ve cihazlarının bulunduğu Şişecam Cam Elyaf fabrikasına gönderilir. 5" ebatında 750 m bu boru hattının etrafının 19 mm lik optimum kalınlıkta taş yünü izolasyon ile kaplanmasını öngördüğümüzde yolda gerçekleşebilecek sıcaklık kaybının sadece 0.26 °C olacağını hesapladık.

Böylece sistemdeki atık ısı değerlendirilirken, bir yandan da bu atık ısı hattını optimum değerlerde izole ederek, geri kazanılan atık ısının minimum değerde kayıpla çevrimini maksimum verimde tamamlamasını öngörüp hesapladık.

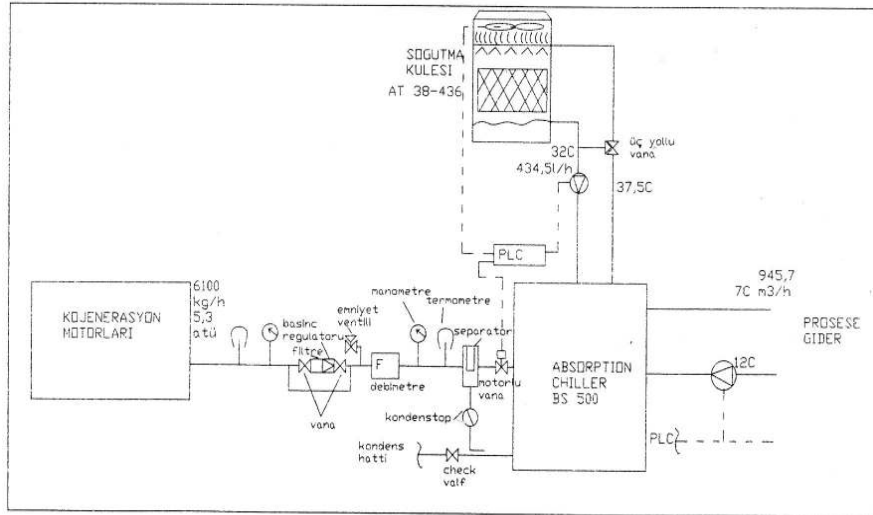
Atık ısıyla çalışan absorbsiyonlu soğutma sistemleri en verimsiz çevrimlerde bile 4 sene sonunda yatırım masraflarını amorti edebilmektedir. Bu süre sonunda da sürekli olarak kara geçip işletme masraflarını azaltmaktadır. Bu sebeble tezimde önermiş olduğum bu ilave ısı geri kazanım prosesi işleme açısından oldukça karlı bir yatırımdır.

Alternatif 3)

Atık ısı geri kazanım sistemine önerilebilecek bir diğer alternatif ise absorbsiyon soğutma sistemlerinin değiştirilmesidir. Mevcut sistemdeki absorbsiyonlu soğutma cihazları tek kademeli buharla çalışan sistemlerdir. Bu sebeble üretilen buharın bir kısmı makaslanarak basıncı düşürülüp daha düşük bir basınç değerinde sisteme verilmektedir. Bu sebeble COP değeride 0,7 gibi düşük bir değerdir. Absorbsiyonlu soğutma sisteminin kurulduğu zaman diliminde çift kademeli absorbsiyon soğutma cihazları yaygın olarak kullanılmıyordu ve problemler

cihazlardı. Referans teşkil edecek bir diğer işletme örneği de bulunmadığından tek kademeli cihaz seçilmişti. Günümüzde ise bu konuda yapılan çalışmalar sonucunda problemsiz ve çok daha yüksek COP değerinde çift kademeli buharla çalışan absorpsiyon cihazları üretilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır. Bu sebeple akış şemasında gösterildiği gibi bir düzenekle, mevcut çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma cihazları bypass konumunda tutularak, 5,3 atü buharlı absorpsiyon cihazı ile aynı buhar debisiyle yaklaşık iki katı soğutma temini sağlanabilecektir. Çünkü önerilen cihazın COP değeri yaklaşık olarak 1,39 dur.

Hazırlamış olduğum bu alternatif ısı geri kazanım ünitesinin oldukça karlı görünmesine rağmen mevcut sistemde bulunan absorpsiyonlu soğutma cihazlarının devre dışı bırakılmasının yapılmış olan yatırım masrafını incelediğimizde oldukça düşük olasılık olduğu görülmektedir. Ayrıca işletmenin tercih ettiği absorpsiyonlu soğutma cihazlarının firması iki kademeli cihazlar üretmemektedir. Bu da alternatifin gerçekleşme ihtimalini oldukça düşürmektedir.



Şekil: 6.4 Alternatif iki kademeli absorpsiyonlu soğutma ünitesi öneri şeması

7 ŞİŞECAM OTOPRODÜKTÖR GRUBUNUN ISI GERİ KAZANIMI AÇISINDAN KENDİ ARASINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

7.1 Sistemlerin Karşılaştırılması ve Genel Bilgiler.

Dizel ve kombine sistemlerin tesis maliyetleri eğer anormal bölge ve işletme şartları varsa (rakım, çevre sıcaklığı, sahil bölgelerindeki tuz yüklü hava, yüksek vanadyum ve sodyum içerikli yakıt kullanımı) daha yüksek olacak ve çıkış güçlerinde düşmeler yaşanacaktır.

Dizel makinalarda tekli gurupların yakıt tüketim oranları, yarım ve tam yük arasında hemen hemen aynıdır. Dolayısıyla çok yönlü dizel motor tesislerinde, yakıt tüketimi geniş bir çıkış aralığında hemen hemen sabittir. Oysa gaz türbinlerinde bu değişim oldukça fazladır. Dizel tesislerde birkaç ünite arasındaki dağıtım çeşitliliği ve tek makinanın kullanılabilir performansı kararlı bir verim sağlar. Gaz türbinlerinin performans eğrisi sadece tek bir makinaya bağlıdır. Çok üniteli tesislerde toplam tesis kapasitesi için bir düzeltme gerekir.

Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde, dizel makinaların yatırım maliyetleri kombine çevrimli sistemlere göre daha pahalıdır. Bunun dışında dizel makinalar da işlem sırasında vuruğu olduğundan bakım süreleri kısa bakım maliyetleri de pahalıdır. Buna rağmen dizel makinaların daha kolay ve hızlı devreye alınıp durdurulmaları kojenarasyon uygulamalarında daha çok tercih edilmelerini sağlamaktadır.

Yapılan araştırmalarda görülüyor ki bütün yük durumlarında en iyi ekonomi ile çalışan KWh başına en düşük maliyete sahip ve kendini en kısa sürede amorti eden sistem dizel makinalardır.

7.2 Şişecam Oto Prodüktör Gurubunun Isı Geri Kazanımı Açısından Değerlendirilmesi.

Şişecam Otoprodüktör gurubu altında bulunan Çayırova Enerji Santralinde dizel motorlarla kojenerasyon sistemi, Trakya Bölge Santralinde ise kombine çevrim sistemi uygulanmaktadır. Bu iki enerji santrali incelendiğinde görülen sonuç, tezimde de açıklamaya çalıştığım gibi; ısı geri kazanımı ve kullanıldığı sistem açısından Şişecam Çayırova Bölge santralinin daha avantajlı olduğudur.

Doğalgaz fiyatındaki dalgalanmalardan dolayı enerji santrallerinde elektrik enerjisi üretimi gün geçtikçe verimliliğini kaybetmektedir. Bu durum Otoprodüktör grubu altında bulunan Topkapı Enerji Santralinin kapatılmasına sebep olmuştur. Doğalgaz fiyatlarının artmasına ve bu artışın sistem verimlerini düşürmesine çözüm olarak Trakya Bölge Santrali'nde de sistemi sürekli yerine periyodik kullanımı uygulamasına gidilmiştir. BOTAŞ'ın belli saatlerde doğalgaz satışında farklı fiyat uygulamasına paralel olarak türbinlerin açılıp kapatılmasıyla çevrim daha verimli kullanılmaya çalışılmaktadır. Bu sebeble Trakya Bölge Santralinde elektrik enerjisi üretiminden çok atık enerji ile buhar üretiminden kar edilmektedir. Yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı otoprodüktör grubu altında bulunan Çayırova enerji santrali verimliliği Trakya Enerji Santralinden daha yüksektir. Dolayısıyla da maliyetler bakımından daha avantajlıdır.

8 SONUÇ

Bu çalışmada; atık ısının geri kazanılması ve atık ısının geri kazanılmasını sağlayan sistemler ile kojenerasyon ve kombine çevrimlerde atık ısının geri kazanılması örnek işletmelerde mukayeseli olarak incelenmiştir. Ayrıca, ısı enerjisinin geri kazanılmasında kullanılan farklı tipteki ısı değiştiricileri tanıtarak tüm yönleriyle karşılaştırılmıştır. Bunun yanı sıra atık ısının geri kazanımıyla elde edilen enerjiden sanayide faydalanma alanları incelenerek verimlilik ve uygulanabilirlik alanları açıklanmıştır.

Sanayide enerji tasarrufu giderek önem kazanan bir ihtiyaç haline gelmektedir. Enerji kaynaklarının sınırlı olması ve giderek tükenmekte oluşu, zaman zaman çeşitli nedenlerle temininde karşılaşılan zorluklar firmaları enerji tasarrufuna iten bir etken olsa da enerji tasarrufunu oluşturan ana sebep enerji maliyetlerinin ulaştığı boyutlardır. Firmaları asıl etkileyen faktör enerji maliyetinin toplam üretim maliyeti içindeki payıdır. Bu pay giderek büyümekte ve aynı mamulün üretiminde enerji tasarrufuna ve geri kazanılmasına önem vermeyen ve bu konuda yatırım yapmayan firmalar pazarda rekabet edemez duruma düşmektedir.

Sanayide atık ısıdan faydalanma yöntemleri endüstrilerin özel üretim metodları göz önüne alındığında çeşitlilik göstermektedir. Atık ısının geri kazanılması yöntemlerinde birinci öncelik bu ısının hangi biçimde dışarı atılacağıdır. Genelde ısı sıcak baca gazları, sıcak hava, sıcak su ya da buhar olarak dışarı atılır. Bu atık ısı doğrudan bir işlemde kullanılabilirdiği gibi, sıklıkla bir ısı değiştirgecinde, prosesde kullanılacak soğuk hava veya sıvının ısıtılmasında kullanılır.

Tez çalışmasında örnek işletme olarak incelenen Şişecam Otoprodüktör Grubu'ndaki enerji santrallerinde de enerji maliyetlerini minimuma çekmek amacıyla atık ısı geri kazanım sistemleri uygulanmakta olduğu görülmüştür. Söz konusu enerji santrallerinin kuruluş amacı elektrik enerjisi üretimi iken, günümüz Türkiye koşullarında doğalgaz fiyatlarındaki dalgalanmalar sebebiyle karlılık kaygısı ve çevresel faktörlerin global anlamda önem kazanması atık ısı geri kazanımından elde edilen enerjiyi primer hale getirmiştir. Sanayi işletmelerinin kurulum aşamasında, sosyal sorumluluk ve rekabet gücü açısından projelendirmede atık ısıdan maksimum oranda faydalanma sistemlerinin projeye entegrasyonu da göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

Ağabay, Ö., Kojenerasyon Teknolojileri, Energy With All Aspects in 21.St Century Symposium, Istanbul, April 28.30, 1994

Aalborg Industiries Atık Isı Kazanları Katoloğu (2000)

Arısoy, A., Isı Geri Kazanma Sistemleri, Termas A. Ş . Teknik Yayınları, 3

Broad Absorbtion Chiller Seçim ve Bilgilendirme Katoloğu (2005)

Brown, P. J., Steam Turbines, Gas Turbines and Combined Cycles, Istanbul First International Cogeneration Conference, June 2-3, 1994

Cam Elyaf San. A. Ş. Atık Isıdan Elde Edilen Buhar ile Soğutma Sunumu (2000)

Cam Elyaf San. A.Ş. Enerji Maliyet Analizleri Dökümanları (2000)

Çengel, Y., Boles, M., Mühendislik Yaklaşımı ile Termodinamik (1996)

Dağsöz, A. K., Isı Geçişi IV Baskı Alp Teknik Kitapları (1990)

Dağsöz, A. K., Isı Değiştiriciler, İTÜ Matbaası (1985)

Desa-Otak Mühendislik ve Taahhüt San. Tic. A.Ş. Isı Enerjisi ve Su Borulu Atık Isı Kazanları Eğitim Notları (2001)

Güngör, A., Özbalta, N., 1988 Değişik Isı Değiştiricileri ile Geri Kazanım Sistemleri, 6. Enerji Tasarrufu Tebliği

Man Katalogları, Ausburg, Germany, May 1996

Solar Turbines Katalogları, San Diego, USA (1996)

Şişecam Çayırova Bölge Santrali Bilgilendirme Notları (2001)

Şişecam Otoprodüktör Gurubu Camiş Elektrik Üretim A.Ş. Tanıtım ve Bilgilendirme Sunumları (2005)

T. C. İstanbul Teknik Üniversitesi Camiş Elektrik Üretimi Oto Prodüktör Gurubu A.Ş. Trakya Bölge Santrali Hava Kirliliği Ölçüm Raporları (2003)

Üniversal Makima ve Isı Sanayi Tic. A.Ş. Kazan Katolog ve Normları (2002)

Üniversal Makina ve Isı Sanayi Tic. A.Ş. Kazan Dairesi El Kitabı (2001)

Wartsila Diesel Katalogları, Trollhattan, Swedwn, (1996)

EKLER

- Ek 1 Trakya Bölge Enerji Santralindeki Kombine Çevrimin ve Atık Isıdan Faydalanma Prosesinin Diyagram Paftası
- Ek 2 Trakya Bölge Enerji Santrali Gaz Türbini Atık Isı Kazanlarının Proses Akış Şeması
- Ek 3 Trakya Bölge Enerji Santrali Cam Fırınları Atık Isı Kazanlarının Proses Akış Şemaları
- Ek 4 Çayırova Bölge Enerji Santralinin Kojenerasyon Sistemindeki Isı Geri Kazanım Prosesinin Çevrimine Ait Yerleşim Düzeni
- Ek 5 Çayırova Bölge Enerji Santralinin Kojenerasyon Sistemindeki Isı Geri Kazanım Prosesinin Çevrimine Ait Akış Düzeni
- Ek 6 Çayırova Bölge Enerji Santrali Atık Isı Geri Kazanım Sisteminin Besleme Suyu Çevrimi Diyagramı
- Ek 7 Çayırova Bölge Enerji Santrali Atık Isı Kazanlarına ve Dramlara Ait Teknik Resimler
- Ek 8 Çayırova Bölge Enerji Santrali Atık Isı Kazanlarına ve Dramlara Ait Boru Yerleşimi

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 10.09.1982

Doğum yeri İstanbul

Lise 1996-2000

50. Yıl Çağlayan Süper Lisesi

Lisans 2000-2005

Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik
Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü,
Isı Proses Programı

Yüksek Lisans 2005-2006

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri
Enstitüsü Makine Müh. Ana Bilim Dalı,
Isı Proses Programı

Çalıştığı Kurumlar

2005-2005 Transklima Soğutma Makinaları Sanayi ve Tic. Ltd. Şti.

2006- Arde Klima Tesisat İnşaat
Makine ve Tic. A.Ş.