

# ISITMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ TASARRUFU İÇİN ATIK ISI KULLANILMASI\*

HEIZUNGS-JOURNAL dergisinin Eylül' 93 sayısından alınmıştır. Dr.-Ing. Dietrich Schlapmann. VDI. Lollar

**Çeviren: Baycan Sunaç, Mak. Y. Müh.**

1940 yılında Iğdır'da doğdu. 1957 yılında İstanbul Haydarpaşa Lisesinden ve 1963 yılında İTÜ Makina Fakültesinden mezun oldu. 1971-1978 yılları arasında Almanya'da mekanik tesisat proje mühendisi olarak çalıştı. 1979 yılından bu yana İstanbul'da Genel Mühendislik Ltd. Şti. 'nde yönetici olarak mekanik tesisat proje ve danışmanlık hizmetleri yapmaktadır.

## ÖZET

Enerjinin sınırlı olması, rasyonel enerji kullanma konusuna büyük bir dikkatle eğilmemizi zorunlu kılmaktadır. Toplam primer enerji harcaması içinde mahal ısıtması, sıcak su üretimi, havalandırma ve klimatizasyona düşen payını, ısı geri kazanım ve alık ısı ile azaltılması mümkündür.

## ISI GERİ KAZANIMI VE ATIK ISI KULLANIMI KAVRAMLARININ SINIRLANMASI

Isı geri kazanımında, bir proseten veya sistemden arta kalan kullanılabilir ısı, aynı prosese veya aynı sisteme arada fazla zaman geçmeden tekrar faydalı ısı olarak verilir. Havalandırma ve klima sistemleri bunun en iyi örnekleridir.

Bir mahallin egzoz havası, doğrudan doğruya o mahallin gidiş havasını ısıtmak için kullanılır. Bu, bir plakalı ısı eşanjörü ile doğrudan veya kısa bir zaman ötelenmesiyle bir ara ısı taşıyıcı ortam üzerinden yapılacak ısı transferi ile gerçekleştirilir.

Isıtımda, örneğin bir büyük kazan sisteminde kazanın yararlanılabilir alık ısı brülöre giren havayı veya yakıtı ısıtmak için kullanılırsa, bu ısı geri kazanımı olarak tanımlanabilir. Buna karşılık, atık ısı kullanımından, bir proseden veya bir sistemden atılan yararlanılabilir fazla ısının, eş zamanlı olarak veya bir süre sonra, başka proseslerde veya başka sistemlerde tekrar kullanılması anlaşılır. Bir kurutma tesisinin atık ısısının, içme suyunun ısıtılmasında (örneğin bir depolu ısıtıcıda veya bir ısıtma tesisinin dönüş suyunun sıcaklığını yükseltmede kullanılması bunun için bir örnektir..

## VERİMLİ BİR ATIK ISI KULLANIMININ KOŞULLARI:

Endüstriyel proseslerde asıl fonksiyon için atık ısı kullanım sistemleri şart değildir. Fakat sistem yapı taşları olarak bunlar, toplam enerji kullanımında iyileştirme yaparlar. Böylece, işletme ekonomisi ve ülke ekonomisi açısından konulmuş hedeflere ulaşmada görevlerini yerine getirirler.

Atık ısı kullanım sistemleri, bir veya daha fazla binaya ait tesisatın veya üretim tesislerinin harcadığı enerjiyi azaltma yolunda hizmet edeceklerinden, böyle bir sistemin kurulmasının anlamlı olup olmadığına ve her somut durum için nasıl bir sistem olması gerektiğine ancak bir ekonomik olma hesabı yapıldıktan sonra karar verilmelidir. Ayrıca, böyle bir sistemin seçiminde yalnızca en yüksek enerji geri kazanımı değil, fakat somut duruma uygunluk belirleyicidir.

Atık ısı kullanım yönteminin ve sisteminin tasarlanmasından önce, mevcut durumun tespiti yapılarak, atık ısının hangi biçimde ortaya çıktığı görülmeli ve faydalı hale getirilen ısı ile ne yapılmak istendiğine karar verilmelidir.

İlk önce şunlar açıklığa kavuşturulmalıdır:

- Akışkan kirlenmiş midir veya kimyasal olarak tahrip edici midir, akışkan sıcaklıkları nasıldır?
- Atık gazlardaki su buharı miktarı ve çığ noktası sıcaklığı nedir?
- Soğutma sırasında çığ noktası sıcaklığının altına düşülürse ne olur?
- Yoğuşan su ne kadar tahrip edicidir ve nereye gönderilmelidir?

Örneğin 40 °C'a kadar sıcaklıklarda, 50.. 60 °C sıcaklıkta su üretmek için sisteme bir ısı pompası koymak mümkün iken, daha yüksek sıcaklıklarda ısı pompası pek tavsiye edilemez. Örneğin, atık ısının alınacağı akışkan çok kirli ise, ısı eşanjörü mümkün olduğu kadar pürüzsüz yüzeylere sahip olmalı, bu yüzeylere kolay ulaşılabilir ve böylece düzenli ve kolay bir bakım mümkün kılınmalıdır.

Belki de akışkan bir ön filtreden geçirilmelidir. Fakat bu arada, ek bakım için yapılacak ek harcamanın, sonuçta toplam kazancı hissedilir ölçüde azaltacağı ve hatta tamamen yok edebileceği de unutulmamalıdır.

Atık gazlarda kalan ısının kullanılması sırasında, çığ noktasının altına düşülürse yoğuşma meydana gelir. Yoğuşma suyu tahrip edici ise, temas ettiği bütün sistem elemanları dayanıklı bir malzemeden imal edilmelidir. Bu husus ısı eşanjörü için olduğu kadar, gövde, vantilatör, borular, kanallar vb. için de geçerlidir. Doğaldır ki, son olarak yoğuşma suyunun da emniyetli bir biçimde uzaklaştırılması gerekir. Bunun nasıl yapılacağı ve suyun nereye gönderileceği hususu atık su ile görevli yerel resmi kuruluş ile yapılacak görüşmeler sonunda belirlenecektir.

Öte yandan, çığ noktasının altına düşülmesi ve bundan dolayı ısı eşanjörü yüzeyinin ıslak olması durumunda, kirlenme tehlikesinin özellikle büyük olacağına dikkat edilmelidir. Bu durumda, bu tehlikeyi önlemek için gerekli tedbirlerin alınması kaçınılmaz olacak ve bunlar da bazı durumlarda giderleri önemli ölçüde arttıracaktır. Bu nedenlerden dolayı çoğu zaman çığ noktası sıcaklığının altına düşülmemesi tavsiye edilir, çünkü bu sonuçta daha ucuza gelir.

Atık ısının ortaya çıkma biçimi ile ilgili sorular açıklığa kavuşturulduktan sonra, ikinci adım olarak, faydalanılabilir atık ısı ile anlamlı olarak ne yapılabileceğine karar verilmelidir.

- Nerede ve nasıl kullanılabilir?

- Primer enerji harcaması, dolayısıyla atık ısının ortaya çıkması ile sekonder kullanım arasında yeterli bir eş zamanlılık var mıdır, yoksa ara depolama mı gereklidir?

Önce, geri kazanılan enerjinin alındığı devreye tekrar sokulmasına çalışılmalıdır. Böyle bir yöntem "Isı Geri Kazanım" kavramı kapsamındadır. Böyle bir durumda kullanma verimi genellikle en yüksektir ve hemen hemen her zaman geri kazanım ve tekrar kullanım eş zamanlıdır. Örneğin, yanma havasının ön ısıtması için sıcak atık gazlardan yararlanmıyorsa, bu durumda yapılan tasarruf ile çok katlı kullanım arasında doğrudan bir bağlantı vardır. Yanma havasının ısıtılmasıyla yakıt harcaması azaltılır ve böylece geri kazanım ile tekrar kullanım arasında ideal bir bağlantı sağlanmış olur. Ancak, brülörün bu işe uygun olması şarttır.

Enerjinin aynı devreye geri verilmesi mümkün değilse, işletmede, geri kazanılan enerji ile beslenebilecek başka enerji tüketicilerinin olup olmadığına bakılmalıdır. Gerekli durumlarda, imalat kademeleri ile sekonder enerji kullanım kademeleri zaman yönünden birbirleri ile uyumlu hale getirilmelidir.

Geri kazanılan enerjiden en yaygın, fakat her zaman optimum olmayan yararlanma biçimi, bu enerjinin ısıtma tesisatında veya içme suyu ısıtma tesisatında tekrar kullanılmasıdır.

Her ne kadar böyle yöntemler, genellikle göreceli olarak basit yöntemler ise de, çoğu zaman, verilen enerji ile istenen enerji arasında büyük zaman farkı olması gibi bir dezavantaj söz konusudur. Yazın, genellikle ya hiç enerji ihtiyacı yoktur, ya da çok az enerji ihtiyacı vardır. Isıtma periyodunda ise, belirli bölgelerde verilen enerji ile ısı ihtiyacı arasında önemli bir faz farkı vardır. Bu gibi durumlarda bir ara depo ile çalışılması gerekir. Bazı durumlarda bu deponun çok büyük olması gerekebilir ve büyük bir yatırım ihtiyacı doğar.

Eğer atık ısı büyük ölçüde yazın meydana geliyorsa ve bunun kullanımı ancak ısıtma periyodunda mümkün ise, büyük ısı miktarlarına rağmen, atık ısı kullanım sisteminden vazgeçilmelidir. Isı, soğutma kuleleri vb. üzerinden dışarı atılmalıdır.

## **ATIK ISI KULLANIM TESİSLERİNİN PLANLANMASI VE YAPILMASI**

Mahal havalandırma sistemlerinde ısı geri kazanımı için belirlenmiş şemalar ve standartlaşmış cihazlar olmasına karşılık atık ısı kullanım sistemi, uygulamaların çok çeşitli olmasından ötürü daima, her somut duruma göre yeniden tasarlanmalı, planlanmalı ve imal edilmelidir. Belirli bir sistem yapısı yoktur.

Yalnızca bazı elemanlar, örneğin atık gaz ısı eşanjörü veya benzerleri, birbirinden farklı sistemlerde sistem elemanı olarak kullanılabilirler. Planlamada ve uygulamada, 100 °C üzerindeki sıcaklığa sahip akışkanlarla çalışan sistemlerde, bu sistemlerin de tıpkı benzet ısıtma sistemleri gibi ele alınmasına, bir başka deyişle, onlar gibi emniyet altına alınmasına dikkat edilmelidir.

Bir ısı, geri kazanım cihazı veya ısı eşanjörü, emniyet yönünden gerektiğinde veya kullanılmama durumunda sıcak atık ısı akımını kullanılmamış da olsa, dışarı alabilmelidir. Ayrıca, atık ısı kullanım sisteminin işletme durumundaki değişikliklerinin imalat prosesini hiç bir şekilde etkilememesine dikkat edilmelidir, Çünkü proses her zaman önceliğe sahiptir. Benzer düşünceler atık ısının kontrol altına alınması için de gereklidir. Eğer sıcak soğutma suyu, sıcak hava veya atık gaz; borular, kanallar veya bacalar aracılığı ile taşınıyorsa, sisteme borular veya kanallar ekleyerek, atık ısıyı tekrar kullanım amacıyla yönlendirmek göreceli olarak kolaydır. Eğer, atık ısının kullanılabilir duruma gelmesi için önce yakalanması (kontrol altına alınması) gerekiyorsa, bu durumda iş biraz daha zordur. Böyle durumlarda, bir yandan prosesin engellenmemesine, diğer yandan da atık ısı akışının, kullanılması anlamsız olacak bir düzeye kadar indirilmemesine (azaltılmamasına) dikkat edilmelidir.

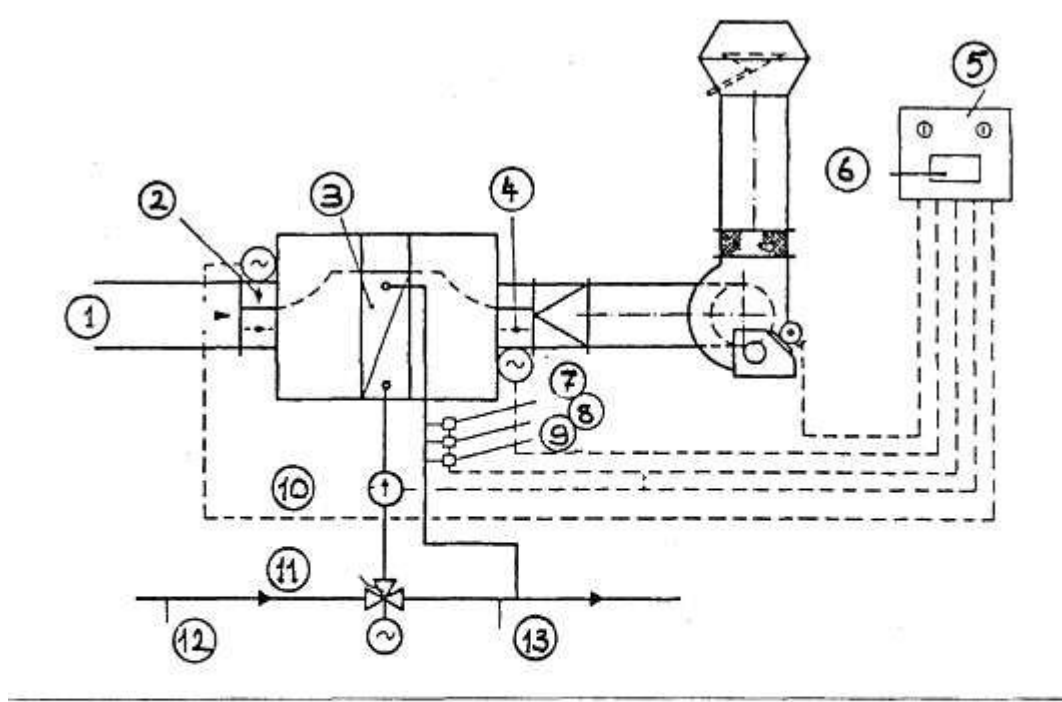
Özetleyecek olursak, genel olarak bilinmelidir ki, uygulamada karşılaşılabilecek her problem için bir çözüm reçetesini önceden hazırlamak hemen hemen mümkün değildir. Bu nedenle, aşağıdaki öneriler, buna rağmen nasıl bir çözüm bulunabileceği konusunda yol gösterici olarak değerlendirilmelidir.

## ÖRNEKLER:

Teknik prosesler sonucunda arta kalan enerjinin ısıtma veya içme suyu ısıtma sistemlerine gönderilmesi en çok karşılaşılan durumdur. Uygulamada, dönüş suyu sıcaklığının yükseltilmesinin genellikle iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Geri kazanılan enerji ısıtma tesisatının dönüşüne verilmekte ve böylece dönüş suyu sıcaklığı yükseltilmektedir.

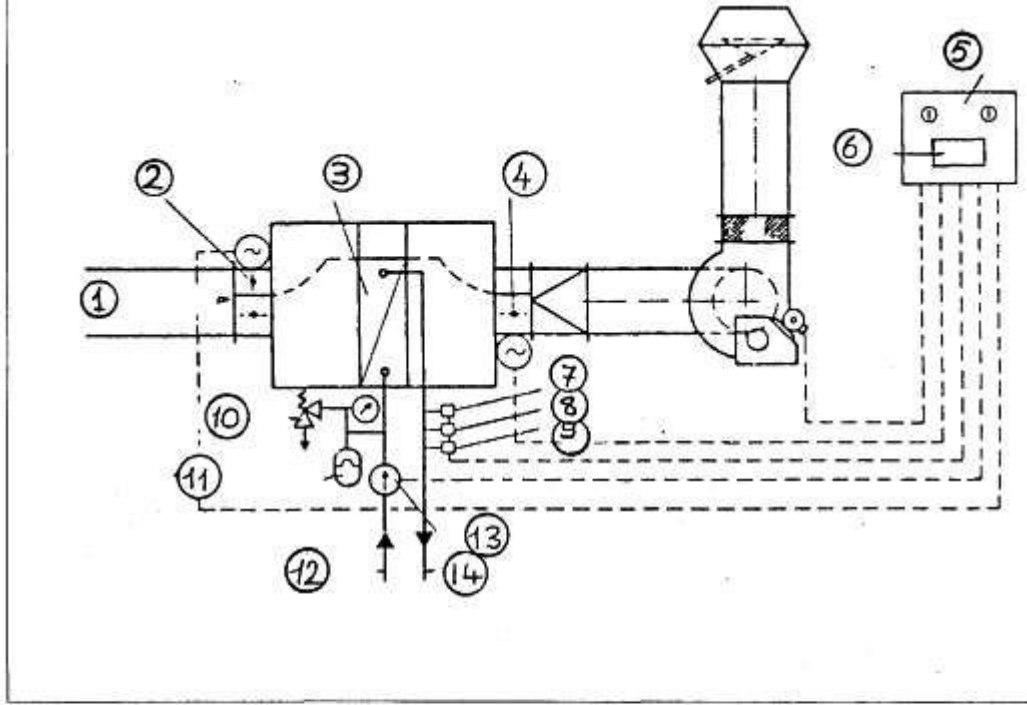
Bu özellikle küçük işletmelerde geniş bir zaman aralığı boyunca, yalnızca geri kazanılan enerjinin ısıtma için yeterli olması ve kazanın, ancak atık ısıdan elde edilen enerjinin yeterli olmadığı zamanlarda devreye girmesi gibi bir avantaj sağlamaktadır. Şekil 1, böyle bir örneğin şemasını göstermektedir.



- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1) Sıcak gaz girişi              | 8) Emniyet (sıcaklık duyar elemanı)     |
| 2) Ayar klapeleri                | 9) Sınırlayıcı (sıcaklık duyar elemanı) |
| 3) Isı eşanjörü                  | 10) Dolayım pompası                     |
| 4) Ayar klapesi                  | 11) Üç yönlü vana                       |
| 5) Kumanda tablosu               | 12) Mevcut ısıtma tesisatından dönüş    |
| 6) Kontrol paneli                | 13) Kazana                              |
| 7) Ayar (sıcaklık duyar elemanı) |   |

Şekil 1) Merkezi ısıtma sistemlerinde dönüş suyu sıcaklığının yükseltilmesi için atık ısıdan yararlanma tesisatı  
/2/,BUDERUS İmalat Resmi

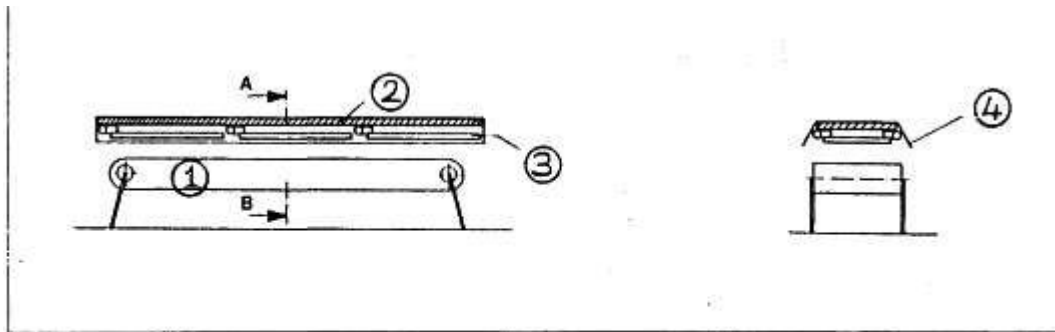
Kazanın buradaki görevi pik ihtiyacı karşılamak ve atık ısı kullanım tesisinin devre dışı kalması durumunda bir yedek ısı üreticisi olmaktır. Bazı durumlarda, böyle bir tesis, kazanı tümüyle ortadan kaldırılabılır. Bu durum, eğer sekonder ısı ihtiyacından daha fazla atık ısı varsa ve ısı akışındaki muhtemel kesilmeler ihtiyacı (sekonder kullanımı) etkilemeyecekse söz konusudur. Şekil 2'deki şema bu durumu göstermektedir.



- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1) Sıcak gaz girişi              | 8) Emniyet (sıcaklık duyar elemanı)        |
| 2) Ayar klapeleri                | 9) Sınırlayıcı (sıcaklık duyar elemanı )   |
| 3) Isı eşanjörü                  | 10) Aşırı basınç ventili (Emniyet ventili) |
| 4) Ayar klapesi                  | 11) Diyaframlı genişleme tankı             |
| 5) Kumanda tablosu               | 12) Dönüş                                  |
| 6) Kontrol paneli                | 13) Dolaşım pompası                        |
| 7) Ayar (sıcaklık duyar elemanı) | 14) Kullanıcıya gidiş                      |

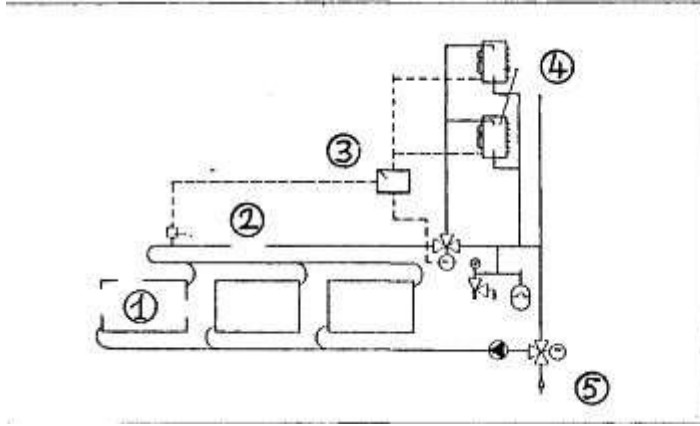
Şekil 2) Doğrudan mahal ısıtması veya içme suyu ısıtması için atık ısıdan yararlanma tesisi /2/,BUDERUS İmalat Resmi

Bir başka örnekte, bir sıcak malzeme konveyöründen yayılan radyasyon ısısının, imalat holünü ısıtan hava ısıtıcılarının beslenmesinde nasıl kullanılacağı gösterilmiştir (Şekil 3 ve 4).



- |                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| 1) Konveyör bandı   | 3) Panel ısıtıcı "SOLIDO" |
| 2) İzolasyon 100 mm | 4) Örtü                   |

Şekil 3) Sıcak malzeme taşıyan bir konveyör bandından çıkan atık ısıdan, bant üzerine yerleştirilen panel ısıtıcı yardımıyla yararlanma tesisi

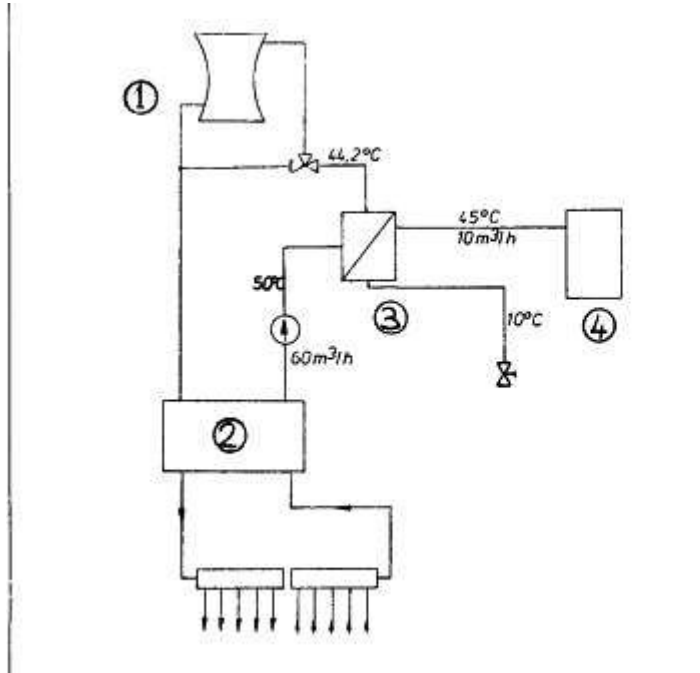


- 1) Panel ısıtıcı "SOL IDO"
- 2) Emniyet duyar elemanı
- 3) Kontrol paneli
- 4) Hava ısıtıcı CL 412
- 5) Isıtma dönüşü

Şekil 4) Tesisatın kolon şeması

Konveyör bandı üzerinde yukarıya doğru çok iyi izole edilmiş tek sıralı panel ısıtıcılar yerleştirilmiştir. Panel ısıtıcılar içinde, ısıtma suyu radyasyon ısısı ile ısıtılır ve bu su hava ısıtıcılarına gönderilir (bkz. Şekli 4).

Son örnekte Şekil 5, atık ısının normal olarak bir soğutma kulesi üzerinden atmosfere atıldığı bir soğutma makinası gösterilmiştir. Burada, bir ısı eşanjörü aracılığı ile kullanma suyu ısıtılmaktadır. Bu sistem bir hastane için tasarlanmıştır. Çeşitli mahallerin klima santrallerine hizmet eden iki adet soğutma makinası mevcuttur. Soğutma makinalarından biri devamlı işletmede iken, diğeri yedek olarak veya pik yükleri karşılamak üzere hazır beklemektedir.



- 1) Soğutma kulesi
- 2) Soğutma makinası
- 3) Su / Su ısı eşanjörü
- 4) Kullanma suyu (Sıcak) deposu

Şekil 5) Bir soğutma makinasından çıkan atık ısıdan yararlanma tesisatına ait prensip şeması

Soğutma makinalarının herbiri,  $Q_E = 407 \text{ kW}$ 'lık

bir evaporatör (soğutma) gücüne ve mevcut bir soğutma kulesi üzerinden dışarı atılacak  $Q_K = 550 \text{ kW}$ 'lık bir kondenser gücüne sahiptir. Çeşitli pompalar dahil toplam tahrik gücü  $Q_T = 143 \text{ kW}$ 'dir.

Yukarıdaki kondenser gücü, iki soğutma makinasının toplamı için tasarlanmış soğutma kulesi üzerinden çevreye verilecektir. Soğutma suyunun debisi  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ , sıcaklık aralığı  $24/32 \text{ }^\circ\text{C}$  dir. Soğutma kulesi,  $33/25 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklık aralığında ve  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  yaş termometre sıcaklığında (yaz işletmesi)  $Q_{stC} = 1043 \text{ kW}$ 'lık soğutma gücüne sahiptir. Bu, soğutma kulesinin her iki soğutma makinası için emniyetli olarak seçildiğini göstermektedir. Şimdi burada, soğutma kulesi üzerinden çevreye verilen ısının anlamlı bir şekilde kullanılması sorunu ortaya çıkmaktadır. Önümüzde,  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  debisi olan içme suyunun (sıcak kullanma suyunun) ön ısıtmasını yapmak şeklinde bir imkan vardır. İçme suyunun atık ısı ile  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dan  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ 'a kadar ısıtılması hedef olarak alınmalıdır.

Bir soğutma makinasından çıkan atık ısının maksimum düzeyde kullanılabilmesi için, soğutma makinasının kondenser sıcaklığını 50°C'a kadar yükseltmek gerekir. Bunu sağlamak için soğutma makinası yeniden ayarlanmalı ve bir miktar değiştirilmelidir (Değişiklik maliyeti: yaklaşık 10.000 DM).

Bu değişiklik dolayısıyla soğutma makinasının gücünde yaklaşık %15 düzeyinde bir düşme beklenmelidir. Ancak, pik yükler için ikinci bir soğutma makinası mevcut bulunduğundan, klima santrallerinin ihtiyacı olan soğutmada bir azalma olmasından korkulmamalıdır.

Boylar besleme suyunu (10m<sup>2</sup>/h), 10°C'dan 45°C'a (ön) ısıtmak için soğutma kanal gidiş suyu borusu üzerine bir sudan/suya ısı eşanjörü monte edilmelidir. Soğutma makinasının soğutma suyu (60 m<sup>3</sup>/h) bu durumda 50°C'dan 44,2°C'a kadar soğuyacaktır. Transfer edilen ısı gücü 407 KW'dır. Isı eşanjörünün yatırım maliyeti 15.000 DM olarak kabul edilebilir.

Soğutma devresindeki pompaların değiştirilmesine gerek yoktur. 90 m<sup>3</sup>/h derken ve 25 m basma yüksekliği ile pompalar emniyetli olarak seçilmiş olduklarından ısı eşanjöründeki yaklaşık 0.2 bar'lık ek basınç düşüşüne rağmen istenilen debi sağlanacaktır. Yukarıda tamamlanan sistemin geliştirilmesi için gerekli olan harcamaların tümü aşağıdaki şekilde listelenmektedir.

Soğutma makinasında değişiklik 10.000 DM

Isı eşanjörü 15.000 DM

Boru sisteminde değişiklik 5.000 DM

Otomatik kontrol 5.000 DM

Mevcut içme suyu tesisatında değişiklik 5.000 DM

Beklenmeyen giderler : 10.000 DM

Toplam : 50.000 DM

Enerji tasarrufu için bulunan değerler şöyledir:

Bu değişiklikle, saatlik 10.000 litre su 10°C'den 45 °C'e kadar ısıtılacaktır.

Günde ortalama olarak 50.000 litre su kullanılması halinde- soğutma makinasının da günde 5 saat çalışacağı varsayılarak-yıllık enerji tasarrufu 743.000 KWh' tır. Doğalgazla ısıtmada, 0,04 DM/kWh enerji fiyatı ve % 88 toplam sistem verimi kabulleriyle bu tasarrufun parasal karşılığı yaklaşık olarak, yıllık 34.000 DM'dir.

Ancak, pompaların ve soğutma makinalarının bu işletme durumunda harcadığı fazla enerji, yaklaşık 10.000 DM/yıl olarak yukarıda bulunan tasarruf miktarından çıkartılmalıdır. Böylece sonuç olarak, faizler dikkate alınmaksızın, yıllık 24.000 DM tutarında bir tasarruf miktarı bulunmuş olur.

### **Sistemlerin Ekonomik Olması**

Bir ekonomik olma hesabında, atık ısı kullanım sisteminin yatırım giderlerinin yanı sıra tasarruf edilebilir enerji giderleri her şeyden önce yer alır. Bu husus yukarıda verilen son örnekte açıkça görülmektedir.

Genel olarak, tasarruf edilebilir enerji giderleri, bir sistemin işletme zamanına göre hemen hemen doğru orantılı olarak arttığından, uzun işletme zamanlarına özellikle dikkat edilmelidir. Yüksek bir tasarruf potansiyeli mevcut olsa bile, yüksek bir yatırım gideri ile kurulmuş bir sistem, eğer yılda yalnızca bir kaç gün işletmede ise ne işe yarar?

Atık ısı kullanım sistemi ile birlikte, aynı zamanda tüm ısıtma tesisatı da yeni yapılacaksa, enerji tasarrufunun yanı sıra, daha düşük kapasite ile yapılacak boyutlandırılmalardan ötürü ısıtma veya soğutma tesisatlarındaki ilk yatırım, bakım ve onarım giderlerinin de azalacağı dikkate alınmalıdır.

Öte yandan, atık ısı kullanım sisteminde ilk yatırım giderlerinden başka yer ihtiyacı, bakım ve onarım giderleri vardır. Ayrıca, bu sistemlerin pompalar, rotorlar veya kontrol organları gibi elemanlarının harcayacağı enerji de bir ekonomik olma hesabında yer almalıdır. Ancak, ekonomik olma hesabının sonucundan bağımsız olarak, şu husus her şeye rağmen gözden kaçırılmamalıdır.

Enerji pahalılaştıkça-ki uzun vadede kaçınılmazdır-ısı geri kazanım ve atık ısı kullanım sistemleri de gittikçe daha gerekli ve ekonomik olacaklardır. Bugün ekonomik gözükmeyen yarın son derece anlamlı ekonomik olacaktır.

### **Kaynaklar:**

1. Bach, H. ve D. Schlapmann: Rasyonel Enerji Kullanımı, Isı Geri Kazanım Sistemleri için bir Kural Taslağı, Federal Araştırma ve Teknoloji Bakanlığı,, Araştırma Raporu BMFT-FBT77-45(1977)

2. NM: Atölyede ve Endüstride Enerji Geri Kazanımının Temel Prensipleri, Buderus'dan Aktüalite, Ağustos 1985 Sayısı

3. Schlapmann, D. : Isı Geri Kazanımı ve Atık Isı Kullanımı, sbz 24 (1988) S. 1702/05 ve sbz 1(1989) s.43/45