

ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASI'NDA ATIK ENERJİDEN YARARLANARAK SERA ISITMASI

Bilal PAR¹ , T.Hikmet KARAKOÇ² , Fikret ULUAKAY³

ÖZET : *Bu çalışmada, Eskişehir Çimento Fabrikası'nda, soğutma ünitesi çıkışındaki sıcak gazın sera ısıtılmasında kullanımı araştırılmıştır. 240 °C sıcaklığında ve 155000 m³ hava/saat debisindeki sıcak gazın bir atık ısı kazanından geçirilerek elde edilecek sıcak su ile, taban alanı 384 m² olan 30 adet sera ısıtılabilceği hesaplanmıştır. Atık ısı kazanı ve ızalasyonlu boruların \$110700 (4.65 Milyar TL-Mayıs 1995) olacağı ve sağlanacak enerji tasarrufu ile altı ayda geri ödenebileceği hesaplanmıştır. Hesaplamalarda sera maliyeti ve ürün getirisi ile ilgili ayrıntıya girilmemiştir. Sıcak yörelerde yapılan seracılıkla buradakinin farkı ısıtma masraflarından kaynaklanmaktadır. Bu makalede atık sıcak gazdan yararlanılarak soğuk yörelerde de seracılık yapılabilme olanakları araştırılmıştır.*

ANAHTAR KELİMELEER: *Sera, Atık sıcak gaz, Enerji ekonomisi*

GREENHOUSE HEATING BY WASTE HEAT UTILIZATION IN ESKİŞEHİR CEMENT PLANT

ABSTRACT : *In this study, the usage of hot gas from the cooling unit of Eskişehir Cement Plant in heating greenhouses was investigated. The hot gas which has a temperature of 240 °C and a mass flow rate of 155000 m³/hour gas calculated to be able to heat 30 greenhouses with a base area of 384 m² each by producing hot water gas in a waste heat boiler. The cost of the waste heat boiler and insulated pipes were calculated to cost \$110700 (4.65 Billion TL-May 1995) and this would be paid back in six months through the energy savings obtained. In calculations the cost of the greenhouse and product gain details were not considered. The differences between the greenhouse operations in warm regions and those of Eskişehir originate from heating costs. In this article the feasibility of greenhouse operation in colder regions by making use of waste hot gases were investigated.*

KEYWORDS : *Greenhouse, Waste hot gas, Energy economy*

¹ Bilal PAR. , (Doç.Dr.),Osmangazi Üniversitesi,Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bademlik 26030 ESKİŞEHİR

² T.Hikmet KARAKOÇ, (Doç.Dr.), Anadolu Üniversitesi,Sivil Havacılık Yüksek Okulu, ESKİŞEHİR

³ Fikret ULUAKAY (Yük.Müh.), Eskişehir Çimento Fabrikası Genel Müdür Yardımcısı

I. GİRİŞ

Çimento sanayiinde atık sıcak gazdan yararlanmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Atık sıcak gazdan yararlanmada en yaygın kullanım döner fırın baca çıkışı ve soğutucu çıkışıdır. Ayrıca döner gazın cidar ısısı da yararlanılabilecek başka bir kaynaktır.

Çimento sanayiinde atık sıcak gazdan yararlanmak için başlıca şu yollar önerilmektedir [1-3]:

- Elektrik enerjisi üretiminde,
- Hammadde ve kömür kurutmada,
- Filtre keki ve fırın curufu kurutmada,
- Bina ısıtmada, sıcak su ve buhar eldesinde.

Atık sıcak gazdan yararlanılabilecek diğer bir yol da seraların ısıtılmasıdır.

İklimin elverişsiz olduğu durumlarda, taze sebze üretimi, seracılıkla mümkün olabilmektedir. Seracılıkta yapılan harcamalar içinde en yüksek payın %25-60 ile ısıtma giderlerine ait olduğu saptanmıştır. Bu yüzden de seracılık, ısıtma giderlerinin minimuma indirilebildiği, Akdeniz ve Ege bölgesinde yoğunlaşmıştır [4, 5].

İklim koşullarının uygun olmadığı bölgelerde de seracılık, jeotermal kaynak, atık sıcak gaz kullanımı gibi yollarla ekonomik hale getirilebilecektir. Buna ilişkin çeşitli çalışmalardan da olumlu sonuçların alınabileceği görülmüştür [6-9].

Seraların ısıtılmasında kullanılan doğal enerji türlerinden jeotermal enerji, ancak belirli yörelerde kullanılabilir. Diğer doğal enerji olan güneşten yararlanmak için de çok büyük güneş toplayıcısı ve yalıtımlı su deposuna gereksinim olduğundan ülkemiz koşullarında seraların bu şekilde ısıtılması ekonomik olmamaktadır. Atık enerjiden yararlanma, özellikle büyük sanayi kuruluşlarının atık baca gazının değerlendirilmesi, bu konuda yeni bir kaynak yaratabilir [10, 11].

II. ESKİŞEHİR ÇİMENTO FABRİKASIN'NDA ENERJİ BİLANÇOSU VE SOĞUTMA ÜNİTESİ ÇIKIŞINDAKİ GAZIN ENERJİSİ

Önkalsinasyonlu 1400 ton/gün kapasiteli Eskişehir Çimento Fabrikası'nın son üç yıllık verileri için enerji bilançosu hesabı yapılmıştır. Enerji bilançosu hesabında Fabrika'nın işletme kayıtlarından yararlanılmıştır [12].

Buna göre, kömür kurutma dahil toplam enerji girdisi 3770 kJ/kg klinker dir. Yapılan analize göre, atık sıcak gaz, soğutma ünitesi ve ısıtıcı çıkışından olmaktadır. Ön ısıtıcı çıkışından atılan enerji giren enerjinin %17'si civarında olmaktadır. Bu gaz hammadde (farin) kurutmada kullanılmaktadır [3, 13].

Soğutma ünitesinde klinkerin soğutulması amacıyla verilen hava yaklaşık 240°C de dışarı atılmaktadır. Atılan gaz debisi 3.1 kg hava/kg klinker (155000 m³ hava/saat) değerindedir. Soğutucudan çıkan gazın enerjisi $Q_{sç}$,

$$Q_{sç} = m_s \int_{T_1}^{T_2} C_{pH}(T) dT \quad (1)$$

$$= \frac{T}{100} \text{ ve}$$

C_{pH} 'nin sıcaklığa bağlı ifadesi kullanılarak [14],

$$Q_{s\check{c}} = m_s \frac{100}{28.97} \int_{\theta_1}^{\theta_2} (28.01 + 0.197\theta + 0.048\theta^2 - 0.0019\theta^3) d\theta \quad (2)$$

denklemden hesaplanabilir. Bu denklemdeki sembollerin anlamları aşağıda verilmiştir:

- $Q_{s\check{c}}$: Soğutucudan atılan sıcak gazın enerjisi (kJ/kg hava),
- T_2 : Soğutucudan çıkan gazın sıcaklığı (K),
- T_1 : Eskişehir'in yıllık ortalama sıcaklığı (K),
- m_s : Soğutucudan atılan gazın debisi (kg hava/kg klinker)
- C_{pH} : Havanın sıcaklığa bağlı özgül ısı fonksiyonu (kJ/kg K).

Denklem (2)'nin integrali, verilen sınırlarda (283°K-513°K) alındığında, atık sıcak gazın enerjisi için 724.5 kJ/kg klinker (233.7 kJ/kg hava) değeri bulunmaktadır. Bu değer, giren enerjinin %20'sine karşılık gelmektedir. Bu gazın kullanılabilir sıcaklık aralığı 513°K ile 373°K olduğundan Denklem (2) bu sıcaklık değerleri arasında integre edilirse, 143.1 kJ/kg hava değeri bulunacaktır. Klinker üretim kapasitesi de dikkate alındığında, kullanılabilir enerji 25.7×10^6 kJ/saat olmaktadır.

III. SOĞUTMA ÜNİTESİ ÇIKIŞINDAKİ SICAK GAZIN SERA ISITMASINDA KULLANIMI

Soğutma ünitesi çıkışına yerleştirilecek bir atık ısı kazanıyla atık gazın enerjisinden yararlanarak suyun ısıtılması sağlanabilir. Değişik tip atık ısı kazanları için farklı verim değerleri verilmektedir. Ortalama atık ısı kazanı verimi için %80 [15] değeri verilmesine karşın, hesaplamaların daha emniyetli olması için % 65 değeri alınmıştır. Buna göre atık ısı kazanından taşınacak ısı miktarı Q_{A1} ,

$$Q_{A1} = 25.7 \times 10^6 \times 0.65 / 3600$$

$$Q_{A1} = 4640.3 \text{ kW } (16.7 \times 10^6 \text{ kJ/saat})$$

değerinde olacaktır.

Atık ısı kazanına giren ve çıkan su sıcaklıklarının, sırasıyla 70°C ve 90°C olacağı kabulüyle ve kullanılacak kütleli su debisi m için,

$$m = \frac{Q_{A1}}{c\Delta T} \quad (3)$$

ifadesinden yararlanarak,

$$m = \frac{16.7 \times 10^6}{4.18(90 - 70)} = 0.2 \times 10^6 \text{ kg su/saat}$$

ya da hacimsel debi cinsinden q ,

$$q = 200 \text{ m}^3 \text{ su/saat}$$

değeri bulunacaktır. Atık ısı kazanımından çıkararak, seraya gidecek boru kesit alanı için, su hızı 0.5 m/sn (1800 m/saat) alınarak [11],

$$A = \frac{su \cdot debisi(q)}{su \cdot hızı(v)}$$

ifadesinden,

$$A = \frac{200 \text{ m}^3 \text{ su/saat}}{1800 \text{ m/saat}} = 0.111 \text{ m}^2$$

bulunur.

Seraların kurulacağı alan için atık ısı kazanımından 1200 m uzaklıktaki bölgenin uygun olacağı öngörülmüştür. K toplam ısı iletim katsayısı 5 kJ/mh°C olarak alınarak, gidiş ve dönüş borusundaki ısı kayıpları [16],

$$\begin{aligned} Q_g &= KL(T_i - T_d) \\ Q_g &= 5 \times 1200(90 - (-12))/3600 \\ Q_g &= 170 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_d &= KL(T_i - T_d) \\ Q_d &= 5 \times 1200(70 - (-12))/3600 \\ Q_d &= 136,6 \text{ kW} \end{aligned}$$

olarak bulunmuştur. Toplam ısı kaybı,

$$Q_t = 306.6 \text{ kW}$$

olmaktadır.

Atık ısı kazanımından seralara taşınacak net ısı bu durumda,

$$\begin{aligned} Q_{net} &= 4640.3 - 306.6 \\ Q_{net} &= 4333.7 \text{ kW} \end{aligned}$$

olacaktır.

Sera hesabı için Türkiye Zirai Donatım Kurumu tarafından "Donatımser 640" tipi sera seçilmiştir. Sera ölçüleri Şekil 1'de verilmiştir.

Bu şekile göre toplam dış sera alanı 655 m^2 olmaktadır. Camdan yapılan seralarda K_s , toplam ısı transfer katsayısı için 23 kJ/mh°C değeri alınabilir. Sera içi ortalama sıcaklığı için $20^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C}$ verilmektedir [4].

$$\begin{aligned} \text{Bu durumda DIN 4701'e göre bir seranın ısı kaybı } Q_s, \\ Q_s = A K_s \Delta T \end{aligned}$$

$$Q_s = 655 \times 23 (22 - (-12)) / 3600$$

$$Q = 142.4 \text{ kW}$$

olmaktadır.

Şekil 1: Türkiye Zirai Donatım Kurumu " Donatımser 640 " Tipi Sera Ölçüleri [17].

Kayıplar çıktıktan sonra net ısı kazancı, tek sera için gerekli ısı ihtiyacına bölünürse, atık ısı ile ısıtılacak sera sayısı N,

$$N = \frac{4333.7}{142.4}$$

$$N = 30 \text{ adet sera}$$

bulunacaktır.

IV. ISITMA İÇİN YATIRIM VE GERİ ÖDEME

23000 kJ/kg kömür ısı değere sahip kömürün fabrikaya geliş maliyetinin \$40/ton kömür (1.7 Milyon TL (Mayıs 1995)/ton kömür) olduğu verilmektedir [12]. Atık ısı kazanlarından seralara taşınacak net ısı (yol kayıpları çıkarıldıktan sonra) 4333.7 kW olduğuna göre, kömür tasarrufu Tk,

$$Tk = \frac{4333.7}{23000}$$

$$Tk = 0.188 \text{ kg kömür/sn}$$

ya da

$$Tk = 490 \text{ ton kömür/ay}$$

olacaktır. Bu değer parasal karşılığı Tp,

$$T_p = 490 \times \$40$$

$$T_p = \$19600 / \text{ay} \text{ (825 Milyon TL / ay)}$$

olmaktadır.

Yapılan piyasa araştırmasından, atık ısı kazanının boru ve izolasyonlarıyla birlikte \$110700 (4.65 Milyar TL) değerine mal olacağı saptanmıştır.

Bu durumda, atık ısı kazanı, sağlanan enerji tasarrufuyla kendini yaklaşık altı ayda geri ödemektedir.

V. SONUÇ VE ÖNERİLER

Eskişehir Çimento Fabrikası soğutma ünitesi çıkış gazını bir atık ısı kazanında kullanarak, elde edilecek sıcak su ile seracılık yapılması durumunda, 240°C de dışarı atılan 155000 m³/saat debisindeki sıcak gaz ile 384 m² taban alanlı (Donatımser 640 tipi) 30 seranın ısıtılabilceği hesaplanmıştır.

Seraların ısıtılması için kullanılacak net 4333.7 kW'lik enerji ile sağlanabilecek kömür tasarrufu ve buna karşılık gelen maddi kazanç için, 490 ton kömür/ay (\$19600/ay) değeri bulunmuştur.

Kullanılacak atık ısı kazanı ile boru ve izolasyon malzemelerinin fiyatı, sağlanan tasarruf ile kendini altı ayda geri ödeyebilmektedir.

Yapılan hesaplamalarda sera maliyeti ve üretimin getirisi ile ilgili ayrıntıya girilmemiştir. Sıcak yörelerde yapılan seracılıkla buradakinin farkı ısıtma masraflarından kaynaklanmaktadır. Isıtma masrafları bir yana bırakılırsa, sıcak yörelerdeki sera maliyet ve geri ödemesi ile buradaki yaklaşık aynı olacaktır. Kaldı ki genel olarak bu yörelerde bile toplam maliyetin %25'inin ısıtma giderine harcandığı kaydedilmektedir. Nakliye giderinin azalması da ayrı bir avantaj olabilecektir.

Atık sıcak gazdan yararlanılabilmesi için benzer bir atık ısı kazanı ile fabrika konutlarının ısıtılması da diğer bir çalışmayla etüd edilebilir. Buradaki avantaj, mevcut ısıtma sisteminin tamamen kullanılabilceği olmasıdır.

Atık sıcak gazdan, atık ısı kazanı ile, diğer bir yararlanma yolu da sıcak su elde edilerek banyo ve mutfakta değerlendirilmesidir.

KAYNAKLAR

- [1] E. Steinbisz, "Ways to Active Optimum Utilization of Waste Gas Head in Cement Kiln PLants with Cyclone Preheaters." *Zement Kalk Gibs*, vol. 4, pp. 101-103 1986.
- [2] T. H. Karakoç, "Çimento Endüstrisinde Enerji Ekonomisi Amacıyla Yapılabilecek Çalışmaların Topluca Değerlendirilmesi", *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, Cilt 11, Sayı 1 s. 35-39, Mart 1988.

- [3] T. H. Karakoç, S. Kılıçkaya, N. Karakoç, "ÇİTOSAN Çorum Çimento Sanayii'nde Atık Sıcak Gazdan Yararlanma," Anadolu Üniversitesi Eğitim Sağlık ve Bilimsel Araştırmalar Vakfı, Yayın No:83. s. 152, Şubat 1990.
- [4] A. Günay, *Serler-I*, Çağ Matbaası, s. 388, Ankara, 1980.
- [5] A. Sevgican, T. Eşder, "Jeotermal Kaynaklar ve Sera," *E. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt 21, No 1. s. 83-99, 1984.
- [6] V. Yiğit, "The Use of Geothermal Energy in Greenhouse Heating," Proc. Int. Mediterranean Congress on Solar and Other New-Renewable Energy Resources, s. 617-622, Antalya, 1988.
- [7] R. Lesmo, "Joint Exploitation of Geothermal and Solar Energies for Rural Applications a Critical Review of Italian Experiences and Perspectives," Proc. Int. Mediterranean Congress on Solar and Other New-Renewable Energy Resources, s. 565-576, Antalya, 1988.
- [8] R. Lesmo, "Italian Geothermal Projects for Rural and Island Communities," Proc. ERIC IV Inverness Int. Conference, Pergamon Press, s. 265-271, 1986.
- [9] A. Kaya, G. Harzadın, "Ülkemizde Jeotermal Enerjinin Sera Isıtmada Kullanılma Olanakları," 5. Seracılık Sempozyumu, s. 83-91, İzmir, 1990.
- [10] A. Başçetinçelik, "Kozanlı Yöresi Seralarında Atık Enerji Kullanma Olanakları," *Serada Üretim Aylık Dergisi*, Sayı 41, s. 63-68, 1987.
- [11] A. N. Yüksel, "Sanayi Atık Baca Gazının Sera Isıtılmasında Kullanılması Olanaklarının Araştırılması," 5. Seracılık Sempozyumu, s. 69-81, İzmir, 1990.
- [12] Eskişehir Çimento Fabrikası İşletme Kayıtları, 1992.
- [13] T. H. Karakoç, "Çimento Endüstrisinde Enerji Ekonomizasyonu," Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 216, 1987.
- [14] A. Öztürk, A. Kılıç, *Termodinamik Özellik Bağlantıları Tablolar ve Diyagramlar*, s. 40, İstanbul, 1982.
- [15] O. Roth, (Çeviren: H. Baştemur), *Uygulamalı Isıtma Klavuzu*, Cilt 1, Makina Mühendisleri Odası, Yayın No: 54, s. 322, 1970.
- [16] A. K. Dağsöz, *Isı Geçişi Isı Transferi*, Emre Matbaacılık, s. 454, İstanbul, 1990.
- [17] T. Z. D. K. Sera Donatımser 640 Tipi Kataloğu.