

SOĞUK ODALAR İÇİN YALITIM KALINLIKLARI*

* ISOLIER TECHNIK 5-91, Sh. 8-14, Walter BAUMANN

BAYCAN SU NAÇ

1940 yılında Iğdır'da doğdu. 1957 yılında İstanbul Haydarpaşa Lisesi'nden 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

Enerji bilincine sahip projenin hedefi, ısı izolasyonu tasarımını, izole edilen nesnenin kullanma süresi boyunca toplam enerji harcamasını minimum kılacak şekilde yapmaktır. Soğuk odalar örneğinde, harcanan bu toplam enerji soğutma tesisinin işletme enerjisi ve izolasyonun ve soğutma tesisinin gri enerjisinden oluşmakta olup, bunlara bağlı olarak soğuk odanın ısı yalıtımı yüzünden uğradığı kapasite kaybı dikkate alınmalıdır.

Hesapları etkileyen bütün büyüklükler hakkında güvenilir bilgiler şimdilik yoktur. Literatür, teori ve pratik yazarı, bu makalede yer alan tablo ve diyagramlardaki değerleri kullanmaya yöneltmiştir. Konuya genel olarak bakılırsa, doğru çözümün aşırı boyutlandırılmış bir ısı izolasyonunda olmadığı görülür. Çünkü bu durumda, yüksek değerli (enerji açısından zengin) besin maddelerinin yeri işgal edilmektedir. Öte yandan çok zayıf bir ısı izolasyonu da, çevreyi gereksiz enerji kullanımı yüzünden kirleteceği için akıllı bir çözüm olmayacaktır. Gelecekte soğuk odalar için ısı izolasyonunun boyutlandırılmasında, enerji açısından ekonomik izolasyon kalınlığının ekolojik yönden değerlendirilmesinde gerekli dikkatin gösterileceğini umuyoruz.

Soğuk odalarda izolasyon kalınlığı, toplam enerji harcaması minimum olacak şekilde belirlenmelidir. Aşağıdaki makalede bu öneri açıklanmakta, hesap esasları ve uygulama örnekleri verilmektedir.

EN EKONOMİK YALITIM KALINLIĞI

Ekonomik izolasyonda temel prensip, ısı yalıtım giderleri ile ısı kayıp giderlerinin toplamının minimum olmasıdır.

Ekonomik izolasyon kalınlığı ile ilgili çok sayıda yayın vardır. Örnek olarak, Washington'da "Federal Energy Administration" tarafından 1975 'de yayımlanan ve en yeni bilgileri içeren, 265 sayfalık "Economic Thickness for Industrial Insulation" (1) ve F. Rucoelt'in "TUV Rheinland" yayınları arasında 1988'de yayımlanan, 180 sayfalık "Industrieller Waerme und Kaelteschutz. Optimisierung, Kösten, Wirtschaftlichkeit" (2) gösterilebilir.

Açıkça bellidir ki, bu yayımları incelemek, tam olarak kavramak ve doğru olarak uygulamaya sokabilmek için bir hayli zaman harcanması gerekmektedir.

"Ekonomik izolasyon kalınlığı" kavramı, ilk kez İsviçreli ısıtma mühendisi M. Hotünger tarafından 1919 yılında ortaya konmuştur. M. Hottinger, Almanca yayımlanan "Gesundheitsingnieur" adlı meslek dergisinde "havalandırma ve ısı tekniğinden pratik örneklerin teorik olarak incelenmesi" konusunu ele almış ve bu arada en uygun izolasyon kalınlığının belirlenmesi için bir grafik yöntem göstermiştir. Bu grafik yöntem, iki yıl sonra M. Garbol tarafından açıklanan matematik yöntemle (Diferansiyel Hesap, Maksimum ve Minimum Değerlerin Belirlenmesi) tamamlanmıştır.

ENERJİ AÇISINDAN EN EKONOMİK İZOLASYON KALINLIĞI

Önceki bölümde tanımlanan en ekonomik izolasyon kalınlığını, aslında "finansman yönünden en ekonomik izolasyon kalınlığı" olarak adlandırmak gerekirdi. Çünkü bu hesapta para esas alınmaktadır. Malzeme ve işçilik giderleri enerji fiyatları, faiz ve amortisman oranları, hesaba giren önemli parametrelerdir. Fakat bu parametrelerin kullanılmasında iki güçlük vardır: a) Fiyatlar değişmektedir, b) Değişik para değerleri ülkeler arası karşılaştırmayı güçleştirmektedir.

İşte bu noktada çevrenin korunmasına da katkıda bulunan şık ve basit bir çözüm ortaya çıkmaktadır:

Isı yalıtımı, harcanan toplam enerji minimum olacak şekilde boyutlandırılmalıdır.

SOĞUK ODALAR İÇİN HARCANAN ENERJİ

Soğuk odalar için harcanan toplam enerji, temelde aşağıdaki üç bölümden oluşur:

1. Soğuk depolama için harcanan enerji Yalnızca soğuk depolama için harcanan enerji (şok dondurma, aydınlatma vb. hariç) her şeyden önce soğutma, tesisine ısı izolasyonu sistemine, kapıların yerine ve biçimine,

kapı açılıp kapanma sayısına (mal giriş çıkış hareketlerine ve kullanıcının davranış biçimine) ve en çok da sıcaklık düzeyine bağlıdır. Bir soğuk odanın içine, mahalli çevreleyen yapı elemanlarından (duvarlar, döşeme, tavan, kapılar, çeşitli sızdırmazlık bozuklukları) ısı akışı vardır. Bu ısı, soğutma sisteminin evaporatöründe soğutucu akışkanın buharlaştırılması yolu ile soğuk odadan tekrar dışarı çekilir.

Soğuk odadan dışarı çekilen ısı, enerji tekniğinde kullanılan adıyla faydalı enerjidir. Soğutma tesisini çalıştırmak için kullandığımız enerjiye de (elektrik, motorin veya gaz) son enerji diyoruz.

Bu zincirin başlangıcında ise primer enerji bulunmakta olup, bu, su kuvveti, ham petrol, doğal gaz, taş

(Bkz: 23)

Primer enerji	Son enerji	Faydalı enerji
Ham petrol	Motorin	Mekanik iş
Su kuvveti	Fuel oil	Isı (Isı verme, ısıtma)
Uranyum		
Doğal gaz	Elektrik	Soğuk (Isı çekme, soğutma)
Taş Kömürü		

Şekil 1 : Primer enerji, son enerji ve faydalı enerji için örnekler.

Tahrik enerjisi A		Toplam ısı
Soğutucu akışkanı dolaştırmak için soğutma makinasının güç ihtiyacı	Son enerji	
Soğuk enerjisi K		Faydalı enerji
Soğutucu akışkandan ve dolayısıyla soğuk odadan çekilen ve ısı olarak çevreye verilen güç		

Şekil 2: Verim katsayısı $L = K/A$

kömürü gibi doğal bir kaynaktan depolanmış enerjidir. Konu soğutma olunca, soğutma gücünün tahrik gücüne veya faydalı enerjinin son enerjiye oranı olan verim katsayısına dikkat etmemiz gerekir.

Bu katsayı, büyük ölçüde termodinamik prosesin

Yalıtım malzemeleri için gri enerji Primer enerji / Yaklaşık değerler	MJ/kg
Cam yünü	20
Kaya yünü	20
Köpük cam	25
Mantar	4
Ağaç elyaflı levhalar	4
Polyatyrol, genişletilmiş	75
Polyatyrol, çekilmiş	100
Polyurethan	125

Şekil 3: Gri enerji - örneğin ısı iletim kat sayısı gibi malzemeyi tanıtan değerlerin tersine - kesin tanımlanmış bir fiziksel büyüklük değildir ve her şeyden önce üretim tekniğine bağlıdır.

	KJ/kg
Yağ	3900
Alkol	2900
Protein	1700
Karbonhidrat	1700
Tereyağ	3350
Margarin	3150
Ceviz	2600
Yağlı domuz eti	2350
Çikolata	2000
Yağlı peynir	1800
Pirinç	1500
Sığır eti	900
Tonbalığı	750
Ala balık	400
Tam yağlı süt	300
Yoğurt	150

Şekil 4: Besinlerin ısı kapasiteleri

soğuk tarafındaki çalışma sıcaklığına, yani buharlaşma sıcaklığına bağlıdır. Bir derin soğuk oda için verim katsayısı 2 civarındadır. (Verim katsayısının 1'den büyük olması, soğutucu akışkandan alınan enerji miktarının, o akışkanı soğutma devresinde dolaştırmak için harcaması gereken enerji miktarından daha büyük olması anlamına gelmektedir.)

2. Gri Enerji

Isı izolasyonu ile ilgili olarak imalat, nakliye, montaj, bakım, söküm vb. işlerin yatırımı için harcanacak primer enerjiye "Gri enerji" diyoruz. Ayrıca soğutma tesisinin soğutma sıcaklığını rejim halinde muhafaza edebilmek için gerekli bölümüne (yatırım payına) ait primer enerji de bu kavram içindedir. "Gri enerji, imalat ve hizmet sırasında çevreyi kirletme yönünden önemli bir göstergedir.

3. Soğuk odada kapasite kaybı

İzolasyon kalınlığını artırmakla ısı girişini, dolayısıyla soğutma tesisinin harcadığı enerjiyi azaltırız.

Ancak buna karşılık ısı izolasyon malzemesinin imalatı için harcanacak "gri enerji"yi arttırmış oluruz.

Ayrıca, artan izolasyon kalınlığı ile birlikte soğuk oda kapasitesinin azalacağını da, bir başka deyişle daha az soğuk mal depolanabileceğini de unutmamak gerekir. Oysa ki, soğuk mal bir besin değerince, yani enerjiye sahiptir. Kısaca söylemek gerekirse: Isı izolasyonu ne kadar kalınlaşırsa, soğuk odanın kapasite kaybı da o kadar büyük olur.

ENERJİ AÇISINDAN EKONOMİK İZOLASYON KALINLIĞI

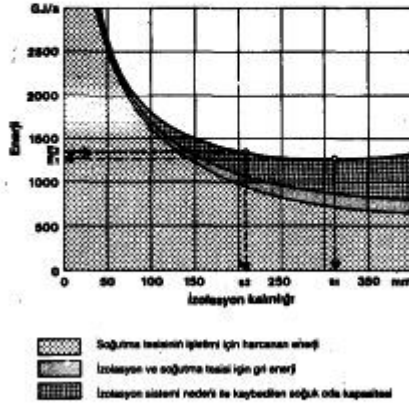
Şimdi rejim halindeki soğuk oda işletmesi için harcanacak toplam enerjiyi hesaplayalım. Gördüğümüz gibi, bu üç bölümden oluşmaktadır:

1. Soğutma tesisinin işletilmesi için harcanan enerji
2. İzolasyon sistemi ve soğutma tesisi için gri enerji
3. İzolasyon yüzünden kaybedilen soğuk oda kapasitesi

Eğer çeşitli izolasyon kalınlıkları için toplam ener-

ji ihtiyacını hesaplar ve grafik olarak çizersek, minimum noktası pek belirgin olmayan çok yatkın bir eğri elde ederiz. Matematik yöntemle teorik minimum nokta belirlenebilir: enerji açısından en ekonomik izolasyon kalınlığı işte bu noktadır.

Uygulamada eğrinin çok yatkın olmasından ve ayrıca kullanılan verilerin toleranslı değerler olmasından ötürü toplam enerji harcamasında % 5 civarında bir artış göze alınır. Bu sebepten izolasyon kalınlığı yaklaşık % 25 azalır.

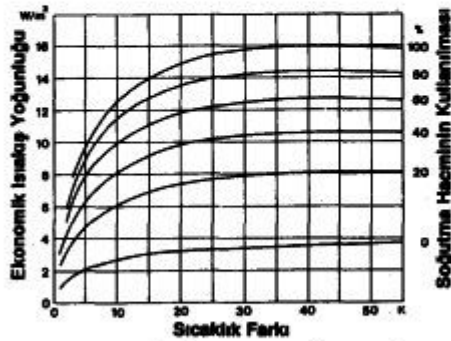


Şekil 5 : Diyagram soğuk odaların harcadığı toplam enerjinin hangi bölümlerden oluştuğunu gösteriyor.

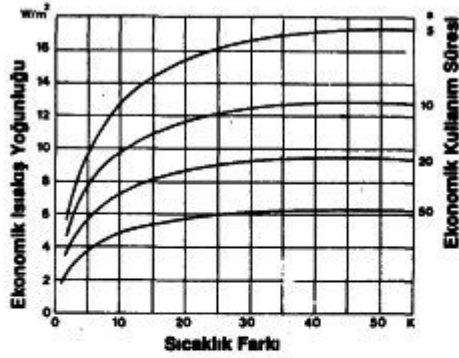
Pratikte enerji açısından en ekonomik izolasyon kalınlığı olarak kabul edilebilecek izolasyon kalınlığı olan 52'ye, toplam enerji harcaması olarak E2 karşılık geliyor. E2'nin teorik minimum nokta olan E1'in % 5 üstünde olduğu görülüyor.

HESAP SONUÇLARI

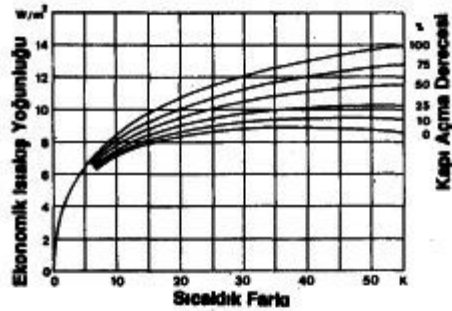
Çeşitli hesap sonuçlarını, örneğin sıcaklık farkına ve soğuk odanın kullanma süresine bağlı olarak enerji açısından en ekonomik ısı akış yoğunluğunu grafik olarak gösterdik.



Şekil 6 : Kalın ısı izolasyonu enerji yönünden zengin besin maddelerinin yerini işgal eder. Bundan ötürü enerji açısından en ekonomik ısı akış yoğunluğu soğuk odanın kullanımına bağlıdır. % 100 kullanım anlamı : Soğuk oda enerji yönünden en zengin besin maddesi ile (yağ) tamamen doludur



Şekil 7 : Diyagram, ekonomik kullanım süresinin enerji açısından ekonomik ısı akış yoğunluğuna etkisini göstermektedir.

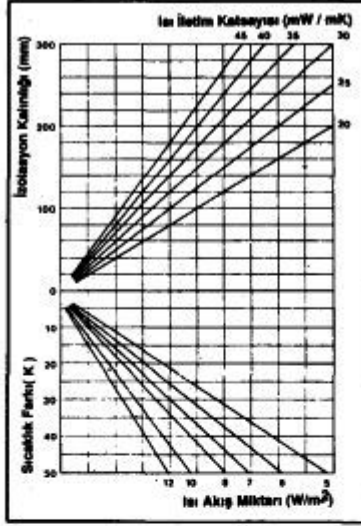


Şekil 8 : Diyagram, açık soğuk oda kapılarının etkisini göstermektedir. İşletmenin özelliği dolayısıyla yüksek bir kapı açık kalma derecesi kaçınılmaz ise, izolasyon kalınlığı azalmakta ve daha büyük bir enerji açısından ekonomik ısı akış yoğunluğu söz konusu olmaktadır.

Bir başka diyagramda, enerji açısından ekonomik ısı akış yoğunluğu sıcaklık farkına ve soğuk odanın yüklenmesine (kullanımına) bağlı olarak gösterilmiştir. Yine bir başka diyagramda, sıcaklık farkına, ısı akış yoğunluğuna ve izolasyon malzemesinin ısı iletim katsayısına bağlı olarak izolasyon kalınlığı okunabilmektedir.

Sayısal örnek:

50 K'lik bir sıcaklık farkı ve % 20 soğuk oda kullanımı için enerji açısından ekonomik ısı akış yoğunluğu 8,0 W/m²K olmaktadır. Bu durumda, iki çelik sac arasına alınmış 20 kg/m² yoğunlukta polystyrol izolasyon (ısı iletim katsayısı = 0,035) panelinin enerji açısından ekonomik kalınlığı pratik olarak 22 cm olacaktır.



Şekil 9 : İzolasyon kalınlığının çabuk bulunması için diyagram. Sıcaklık farkı, ısı akış yoğunluğu ve izolasyon malzemesi (ısı iletim katsayısı) izolasyon kalınlığı

ğını belirlemektedir. Örnek: Sıcaklık farkı 40 K. enerji açısından ekonomik ısı akış yoğunluğu 7 W/m² ve izolasyon malzemesinin ısı iletim katsayısı 0,035 W/mK ise, diyagramdan enerji açısından ekonomik izolasyon kalınlığı olarak 200 mm okunur.

Minimum enerji kullanımı en iyi çevre korumadır.

GELECEKTEN BEKLENEN

Bu makalede, enerji açısından ekonomik izolasyon kalınlıkları hakkında somut bilgilerin yer almamasının kabul edilir bir nedeni vardır. Soğuk odalarda enerji açısından ekonomik izolasyon kalınlığı bir yandan sıcaklık farkına, fakat diğer yandan da önemli ölçüde soğuk odanın kullanımına, daha açıkçası, depolanmış besin maddelerindeki enerji miktarının, depolanması mümkün maksimum enerji miktarına oranına bağlıdır. Ne yazık ki bu konuda güvenilir değerler yoktur. Bu nedenle, soğuk oda planlayıcıları, işletmecileri ve enerji uzmanları için ilginç bir araştırma tarlası sürülmeyi beklemektedir.

Soğuk oda sıcaklığı (°C)	İzolasyon Kalınlığı (cm)									
	Çevre sıcaklığı + 10°C				Çevre sıcaklığı + 20°C					
	VDI 2055	Yararlı kullanım (%)				VDI 2055	Yararlı kullanım (%)			
	0	5	10	20	0	5	10	20		
+ 5	8	8	6	5	4	12	18	12	10	8
0	10	13	9	7	6	14	22	15	12	10
- 5	12	18	12	10	8	16	26	18	15	12
- 10	14	22	15	12	10	18	30	21	18	14
- 15	16	26	18	15	12	20	35	24	20	16
- 20	18	30	21	18	14	22	40	27	22	18
- 25	20	35	24	20	16	24	44	30	25	20
- 30	22	40	27	22	18	26	48	34	28	22

Şekil 10: VDI 2055 (1982)'e göre ekonomik izolasyon kalınlığının bu makaledeki enerji açısından ekonomik izolasyon kalınlığı ile karşılaştırılması. En önemli veriler : Isı iletim katsayısı = 0,035 W/mK, İşletme süresi = 8760 h/yıl. Tablo, enerji açısından ekonomik izolasyon kalınlığının soğuk odanın kullanımından nasıl etkilendiğini göstermektedir.