

Mekanik Tesisatta Ekonomik Yalıtım Kalınlığı

Mustafa ÖZDEMİR*

İ. Cem PARMAKSIZOĞLU**

Özet

Önceki çalışmamızda, ekonomik analizin tanımları, maliyetlerin bulunmasına yönelik veriler ve ekonomik analiz yöntemleri, bir cihaz seçimi ve tesisat tasarımı örneği ile açıklanarak verilmişti [1]. Bu çalışmada, önceki çalışmada açıklanan geri ödeme oranı, geri ödeme süresi, net bugünkü değer ve iç verim oranı yöntemleri en uygun boru ve kanal yalıtım kalınlığının bulunmasına uygulanmıştır. Ayrıca, boru ve kanal yalıtımı hesabında aynı zamanda göz önüne alınması gereken yüzey sıcaklığı kontrolü ve terleme gibi hesaplar ve gerekli bilgiler uygulamaya yönelik olarak verilmiştir. Sonuçlar, standart ve yönetmenliklerle verilen ve önceki yöntemlerle bulunan değerlerle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Ekonomik analiz, boru ısı yalıtımı.

1. GİRİŞ

Mekanik tesisatta yalıtım kalınlığı, alternatif enerji kaynağı seçimi, ısı geri kazanımı uygulaması, bir ısı değiştiricinin boyutlarının belirlenmesi, hatta bir boru çapı seçimi kısaca tüm seçimler bir ekonomik analiz sonucu yapılmalıdır. Ekonomik analiz verilerinin sürekli değişmesi bu seçimlerin basit eşitlik ve tablolar yardımı ile yapılmasına imkan vermemektedir. Her seçim için özgün bir ekonomik analiz yapmak gerekmektedir. Her tesisat uygulamasında olduğu gibi, tesisatta yalıtım kalınlıklarının belirlenmesinde de doğru yöntemin bulunması ve kullanılması esastır.

1.1. Boru Yalıtımı

Yalıtımın amaçları kısaca, 1. emniyet ve güvenli çalışma, 2. ısı ekonomisi, 3. çevre kirliliği, 4. ısı

konfor şartlarının sağlanması, 5. ses, 6. yangın, 7. terleme, yoğuşma ve donmanın önlenmesi, 8. ısı kapasitenin kullanımı, 9. ısı köprülerinin yalıtılması, 10. yiyeceklerin saklanması ve tıbbi yalıtım, 11. borularda, kanallarda, depolarda sıcaklık düşüşü olarak özetlenebilir [7].

Isı yalıtımının birinci amacı "emniyet ve güvenli çalışma"dır. Mühendislerin ilk olarak göz önüne almaları gereken, insan sağlığını korumak için yapılması gereken ısı yalıtımı uygulamalarıdır. Aşırı sıcak ve soğuk yüzey sıcaklıkları insan sağlığı için zararlıdır. Yapılan her tasarımdan sonra yüzey sıcaklığı hesaplanıp güvenliliği ve standartlarda verilen değerlere uygunluğu kontrol edilmelidir. Örneğin, mekanik tesisat uygulama yönetmenliklerinde, (Mechanical Technical

* Yrd. Doç. Dr., İTÜ Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı .

** Prof. Dr., İTÜ Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı .

yüzeylerde 55 °C, metal yüzeylerde 55 °C, soğuk yüzeylerde en düşük sınır -10°C olarak verilmektedir.

İstenmeyen terleme, yoğuşma ve donmanın önlenmesi, uygun ısı yalıtımının yapılması ile mümkün olmaktadır [7]. Yüzey sıcaklığı, ortam havasının çığ noktası sıcaklığının altına düştüğünde yüzeyde havanın içindeki su buharı yoğuşur veya terleme meydana gelir. Tesisatlarda boru ve havalandırma kanal yüzey sıcaklıklarının terleme kontrolü yapılmalı, yalıtım kalınlığı seçimi minde terleme göz önüne alınmalıdır. Buhar hatlarında ise yoğuşma çok önemlidir. Yoğuşan buhar miktarı hesaplanmalı, basınç darbesi oluşmaması için uygun çapta bir boru ile sistemden dışarı alınmalıdır. Yoğuşma miktarı, ısı kaybına dolayısıyla boru yalıtımına bağlıdır.

Su tesisatında sıcaklığın donma noktasının altına düşmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Özellikle ısıtılmayan ve sıcaklığı donma noktası altına düşebilecek hacimlerde bu duruma dikkat edilmelidir. Antifriz kullanarak donma olayının önlenmesi tesisatta genellikle önerilmez. Antifrizin pahalı ve korozyona neden olması, pompa yükünü artırması, suyun ısıl kapasitesini düşürmesi gibi sakıncaları nedeniyle antifriz kullanımı uygun değildir. Suyun boşaltılmadığı durumlarda, pompanın sürekli çalıştırılması veya elektrikle ısıtma ekonomik olmayan çözümlerdir. Diğer bir çözüm donmayı mümkün olduğu kadar geciktirecek şekilde yalıtım yapmaktır. Donmaya karşı yapılacak yalıtımda, su buharı geçişi göz önüne alınmalı ve yalıtım malzemesinin dış yüzü su buharı geçirilmeyen bir malzeme ile kaplanmalıdır [2], [4].

Isı geçişini artıran elemanlara ısı köprüsü denir. Isı köprüleri, farklı ısı geçiş dirençlerine sahip alanların bulunmasının bir sonucu olarak ortaya çıkar. Isı tasarrufu sağlanması ve terlemenin önlenmesi için ısı köprülerinin yalıtımı gerekir. Tesisatlarda da ısı köprülerinin oluşmamasına gerekli önem verilmelidir. Borular desteklenirken veya asılırken ısı köprüsü oluşmamasına dikkat

Tesisatlarda sıcaklık düşmesinin kontrolü, ısı yalıtımı yapılması nedenlerinden biridir. Boru, kanal ve tanklardaki akışkanın sıcaklık düşümünün hesabı ve istenilen şartlarda kullanımının sağlanması tasarım için gereklidir. Örneğin, kızgın sulu bölgesel ısıtma uygulamalarında, kazan dairesinden çıkan suyun binalara kaç derecede girdiği, galeride veya boru köprüsündeki sıcaklık düşümünün bilinmesi gerekir. Doymuş buhar halinde ise sıcaklık düşmesinin olmayacağı, buhar sıcaklığının sabit kalacağı ancak ısı kaybı nedeniyle yoğuşma meydana geleceği unutulmamalıdır. Yine benzer olarak, iklimlendirme santralinde, santralden çıkan hava odaya girene kadar kaç derecelik sıcaklık değişimi olduğu hesaplanmalıdır. Sabit tank örnekleri sanayide çoktur. En çok karşılaşılan uygulamalardan biri fuel-oil tanklarıdır. Fuel-oil yakıt tanklarında yakıt belli derecede akışkan halde bulundurulur. Yakıtı istenilen sıcaklıkta tutmak veya akıcılığını sağlamak için tanktaki sıcaklık düşümü hesabına ihtiyaç vardır [4], [7]. Ayrıca yalıtım malzemelerinin yangına dayanıklılığı, malzemelerin alev almasının geciktirilmesi önemlidir [8].

Sonuç olarak, yalıtımın diğer etkileri göz önünde bulundurularak belirlenecek ekonomik boru yalıtım kalınlığı enerjinin en iyi kullanımı ve çevre kirliliğinin önlenmesi açısından gereklidir.

1.2. Standartlar, Yönetmenlikler ve Önceki Çalışmalar

Mekanik tesisatta ısı yalıtımı uygulamalarında yalıtım kalınlıkları bazı hazır tablolara bakılarak tespit edilmektedir. Belirli yalıtım malzemeleri ve belirli sıcaklık farkları için tablolarda boru anma çapına göre önerilen yalıtım kalınlıkları belirtilmektedir. Örneğin Almanya'da Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren Isıtma Tesisleri Yönetmeliği'nde (Heiz. Anl. VO) ısı yalıtım kalınlıkları, (ısı iletim katsayısı, $\lambda=0.035$ W/mK ve 75°C/55°C düşük ısıtma sistemleri için) boru çaplarına göre Tablo 1'deki gibi verilmiştir.

Tablo 1. Boru anma çaplarına göre önerilen en az yalıtım kalınlıkları

DN	Önerilen Yalıtım kalınlığı, d, [mm]
20	20
22	30
25	30

lanılmaktadır. Uygulamalarda, en uygun yalıtım kalınlıkları yanında, borular arasındaki mesafelere ve boruların tavan ve yan duvarlara olan mesafelerine dikkat edilmelidir [2].

2. YATIRIMLARIN KARLILIK ANALİZİ [1]

40	anma çapı kadar
100	anma çapı kadar
>100	100

Isı geçişi (ısı kaybı) ısı taşınım katsayısı, yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı ve sıcaklık farkına bağlı olarak değişeceğinden, farklı şartlar için optimum yalıtım kalınlığını tespit etmek için yukarıdaki tablonun kullanılması uygun olmayabilir. Bu tabloda görülen yalıtım kalınlıkları, farklı sıcaklıklardaki ısıtma sistemleri ve ısı iletim katsayıları için yeniden hesaplanmalıdır [9].

Yalıtım malzemesi ısı iletim katsayılarının $\lambda=0.035; 0.040; 0.045 \text{ W/mK}$ değerlerinde, bakır ve çelik borular için anma çapları ve dış çaplara göre önerilen yalıtım kalınlıkları Tablo 2'de verilmiştir [2].

Diğer boru devreleri ve havalandırma kanalları için uygulamada kullanılan, benzer tablolar kul

Genel olarak kârlılığın analizinde dört metot kullanılır. Sermayenin geri dönüş oranı ve geri ödeme süresi anlaşılması en kolay yöntemlerdir; ancak bu yöntemler paranın zaman değerini gözönüne almazlar. Net şimdiki değer (veya yıllık net şimdiki değer) ve iç verim oranı yöntemleri paranın zaman değerini de gözönüne alan en yaygın kârlılık ölçümüdür.

Gerİ Ödeme Oranı :

$$GÖO = \frac{\text{Net Yıllık Kar}}{\text{İlk Yatırım} + \text{İşletme Sermayesi}} \quad (1)$$

Gerİ Ödeme Süresi :

Gerİ ödeme süresi toplam ilk yatırım ve işletme sermayesini tamamen geri kazanmak için gerekli süredir. Bu metotta nakit akışları kullanılsa da paranın zaman değeri gözönüne alınmaz. Bu metotta geri ödeme süresinden sonraki nakit akışları incelenmez.

Tablo 2. Çeşitli ısı yalıtım malzemeleri ile bakır ve çelik borular için en az yalıtım kalınlıkları [2].

DN anma çapı	D _d dış çap f		Yalıtım malzemesi ısı iletim kasayısı, λ [W/mK]		
	Bakır	Çelik	0.035	0.040	0.045
			Yalıtım kalınlıkları, d, [mm]		
10	12	17.2	20	30	36
	15		20	30	35
15	18	21.3	20	30	34
20	22	26.9	20	30	33
25	28	33.7	30	40	49
32	35	42.4	30	40	48
40	42	48.3	40	60	63
50	54	60.3	50	70	79
	64		70	90	101
	76,1	76.1	70	90	101
80	88,9	88.9	80	100	124
100	108	114.3	100	130	154

$$GÖS = \frac{\text{İlk Yatırım} + \text{İşletme Sermayesi}}{\text{Net Yıllık Kar}}$$

Net Şimdiki Değer :

$NŞD = \text{Gelirlerin Bugünkü Değeri} - \text{Maliyetlerin Bugünkü Değeri}$

veya yıllık net şimdiki değer

$$\text{Net bugünkü değer} = 0$$

(2) Eşdeğer düzgün yıllık kazanç - Eşdeğer düzgün yıllık maliyet = 0

Maliyetlerin bugünkü değeri - Kazançların bugünkü değeri = 0

İfadeleri kullanılabilir. Her denklem de aynı anlamı ifade eder. Görüldüğü gibi bu denklemlerde tek bilinmeyen 'iç verim oranı'dır. İç verim oranı maliyetler ile kazançları birbirine eşitleyen faiz

$YNŞD = EDYG-EDYM = Eşdeğer Yıllık gelir-oranı$ olarak da düşünülebilir. Bu oran ile kazançlar ve maliyetler arasında bir bağıntı elde edilmiş olur.

Eşdeğer Yıllık Maliyet İç Verim Oranı :

Yatırımın gerçek kârlılığı diye de adlandırılan bu yöntemde, projenin yararlı ömrü boyunca sağlayacağı parasal geliri, yatırım tutarına eşit kılan iskonto oranı bulunur.

Yararlı ömrü 5 yıl olan bir yalıtım yatırımı yapmış olalım. Bu uygulamanın ilk yatırım maliyeti 500.000 YTL ve yıllık eş kârları ise 118.700 YTL'dir. Bu yatırımın iç verim oranı ne olacaktır?

Bu örnekte görüldüğü gibi % 6'lık bir faiz oranı ile 5 yılda yatırım maliyeti tamamen ödenmiş olmak tadır. Bu faiz oranına veya iskonto oranına yatırımın iç ve -rim oranı denir. İç verim oranının hesaplanmasında;

Kazançların bugünkü değeri - Maliyetlerin bugünkü değeri = 0

Kazançların şimdiki değeri
= 1
Maliyetlerin şimdiki değeri

3. EN UYGUN BORU YALITIM KALINLIĞININ HESABI

Yalıtımlı borularda sürekli rejimde birim boru başına ısı kaybı;

$$q = \frac{2p(T_i - T_d)}{L \left(\frac{1}{a_{if1}} + \frac{1}{l} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{l_{22d}} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{a_{r3}} \right)} = \frac{2p^3 T}{R} \quad (3)$$

ifadesi ile belirlenir. Burada paydaki terim toplam ısı direnci göstermektedir. Isıl direnç;

$$R = \frac{1}{a_{if1}} + \frac{1}{l} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{l_{22d}} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{a_{r3}} \quad (4)$$

olup üçüncü terim yalıtım malzemesinin ısı direncini göstermektedir. Geometrik boyutlar Şekil

Yıl	Nakit akışı, YTL	Yılın başında ödenmemiş yatırım borcu	Ödenmemiş borcun faizi (%6 ile)	Yıl sonunda ödenen yatırım borcu	Yıl sonu itibarıyla ödenmemiş yatırım borcu
0	-500.000				
1	+118.700	500.000	30.000	88.700	411.300
2	+118.700	411.300	24.700	94.000	317.300
3	+118.700	317.300	19.000	99.700	217.600
4	+118.700	217.600	13.100	105.600	112.000
5	+118.700	112.000	6.700	112.000	0
		Toplam	93.500	500.000	

1'de verilmektedir. Dış taşınım direncini gösteren dördüncü terimde yer alan dış ısı taşınım katsayısı hesabı bina içi yatay borularda ($d_3^3 \cdot \Delta T \square 10 \text{ m}^3 \text{K}$ olduğu laminar akış hali için) DIN ISO12241 standardına göre [2] .

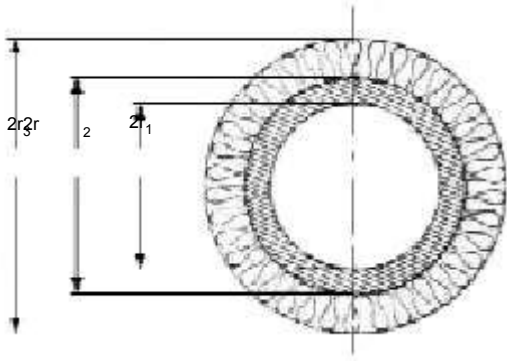
$$a_d = 1.25 \cdot \left(\frac{\Delta T}{d_3} \right)^{1/4} \quad (5)$$

formülüyle hesaplanır. Diğer taraftan, DIN ISO12241 VDI 2055 standarda göre dış hava hızının $n \cdot Z \cdot 8.55 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ olduğu türbülanslı akış hali için ısı taşınım katsayısı ise ;

$$a_d = 8.9 \cdot \frac{n^{0.9}}{\dots} \quad (6)$$

Boru dış çapı	108 mm
Boru iç çapı	100 mm
Boru ısı iletim katsayısı	40 W/mK
İç sıcaklık	80°C
Dış sıcaklık	20°C
Boru konumu ve yeri	Yatay konumda ve bina dışında
Dış hava hızı	0.8 m/3
Boru içi ısı taşınım katsayısı	4000 W/m ² K
Isı yalıtım malzemesi	Camyünü
Isı iletim katsayısı	0.04 W/mK
İşletme süresi	24 h/gün, .210 gün/yıl
Ömür, n	15 sene
Gerçek faiz, i	% 5
Yakıt	Doğal Gaz
Alt ısı değer. Hu	10.48 kWh/m ³

$$d_3^{0.1}$$



Doğal gaz fiyatı	0.41 YTL/ m ³
Yalıtım fiyatı, folyolu cam yünü*	2 YTL/m·cm
Toplam verim	h= 0.9

* KDV ve nakliye dahil

Seçilen bir yalıtım kalınlığı için (3) ve (6) no.lu denklemlerden birim boru boyu başına ısı kaybı hesaplanır. Yakıtın alt ısı değeri, toplam verim ve yıllık çalışma süresi gözönüne alınarak yıllık gider,

$$(24 \text{ h/gün})(210 \text{ gün/yıl})xq$$

$$\text{YıllıkGider} = \frac{(24 \text{ h/gün})(210 \text{ gün/yıl})xq}{Hu \times h} = (0.41 \text{ YTL/m}^3) \quad (7)$$

formülü ile hesaplanabilir. Denklem (5) ve (6)'da görüldüğü gibi, yalıtım kalınlığı arttıkça en dış çap ta artacağından dış ısı taşınım katsayısı azalmaktadır. Bu durum kritik yalıtım yarıçapının da kontrol edilmesini gerektirebilir.

Şekil 1. Tek tabaka ısı yalıtımı yapılmış boru
Boru ısı kaybı hesabında göz önüne alınması gereken dirençler, yalıtımın iletim direnci ve dış yüzeydeki ısı taşınım direncidir. Diğer dirençlerin etkisi azdır.

Örnek Problem:

Geri ödeme oranı, geri ödeme süresi, yıllık net şimdiki değer ve iç verim oranı yöntemlerini en uygun boru ve kanal yalıtım kalınlığının bulunmasına uygulamak için aşağıdaki örnekler göz önüne alınmıştır.

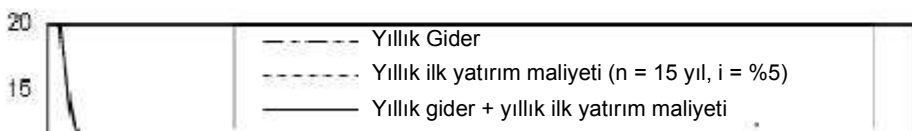
şeklinde kolayca hesaplanır. İlk yatırım maliyeti (İYM) ise uygulanacak yalıtım kalınlığı ile lineer değişmekte olup, birim yalıtım kalınlığı için birim uzunluğa göre yukarıdaki veriler içinde verilmiştir. Yıllık maliyet analizi, ilk yatırım maliyetinin ömür ve faiz oranına göre yıllık ilk yatırım maliyetini (YİYM) hesaplamak gerekir. Bunun için düzgün serilerle sermayenin yeniden elde edilmesi faktörü ile ilk yatırım maliyetinin çarpılması gerekmektedir.

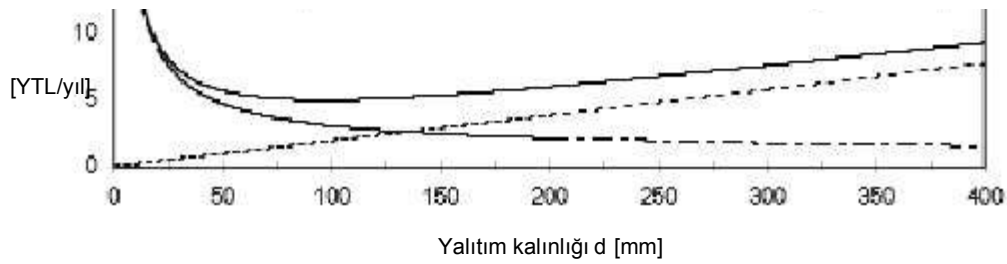
$$YİYM = İYM \times F_{PR,i,n} = İYM \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (8)$$

Elde edilecek yıllık kar, yalıtımsız haldeki gider ile yalıtımlı haldeki giderin farkı olacaktır. Net yıllık kar ise yıllık ilk yatırım maliyetinin çıkarılması ile hesaplanır.

Tablo 3. Yıllık maliyet analizine göre problemi çözümünden elde edilen sonuçlar

Yalıtım kalınlığı [mm]	Yıllık gider [YTL/yıl]	İlk yatırım maliyeti [YTL]	Yıllık ilk yatırım maliyeti [YTL/yıl]	Net yıllık kar[YTL/yıl]	GÖO	GÖS [ay]	İç verim oranı
0	40.43	0.0	0.00	0.00			
10	13.76	2.0	0.19	26.47	13.2	0.9	1333%
50	4.71	10.0	0.96	34.75	3.5	3.5	357%
80	3.50	16.0	1.54	35.39	2.2	5.4	231%
90	3.26	18.0	1.73	35.44	2.0	6.1	207%
100	3.06	20.0	1.93	35.44	1.8	6.8	187%
110	2.90	22.0	2.12	35.41	1.6	7.5	157%
120	2.76	24.0	2.31	35.36	1.5	8.1	151%
150	2.44	30.0	2.89	35.10	1.2	10.3	127%
200	2.11	40.0	3.85	34.47	0.9	13.9	96%





Şekil 2. Yıllık gider, yıllık ilk yatırım maliyeti ve toplam maliyetin yalıtım kalınlığı ile değişimi

Geri ödeme oranı ve geri ödeme süresini (1) ve (2) no.lu denklemlerden hesaplamak üzere işletme sermayesinin bu örnek problemde sıfır olduğu gözönüne alınmaktadır.

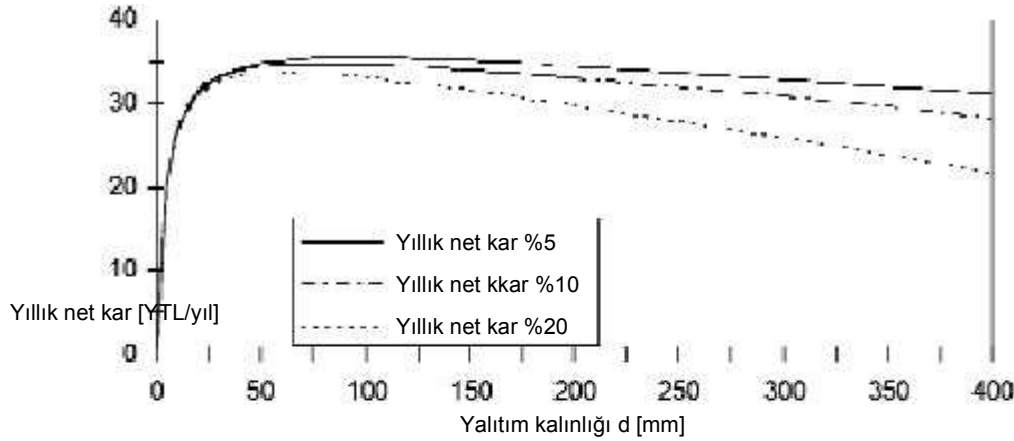
Değişik yalıtım kalınlıkları için yapılan hesapların sonuçları Tablo 3'te verilmektedir. Tabloda görülen iç verim oranı ise on beş yıl üzerinden net yıllık karı sıfır yapan faiz oranıdır. Görüldüğü gibi yalıtım uygulamalarında iç verim oranı çok yüksektir.

Şekil 2'de, 15 yıl ömür ve % 5 faiz oranı ile hesaplanan yıllık toplam maliyetin yalıtım kalınlığı ile değişimi görülmektedir. Buna göre yaklaşık 95 mm'lik bir yalıtım kalınlığında yıllık toplam maliyet bir minimumdan geçmektedir. Pratikte bu yalıtım kalınlığı 100 mm olarak uygulanabilir. Benzer sonuç, standartlara göre düzenlenmiş olan Tablo 1'den de elde edilebilmektedir.

Şekil 3'de ise yıllık net karın, yalıtım kalınlığı ve faiz oranı ile değişimi görülmektedir. Belirli bir yalıtım

kalınlığı için yıllık net kar bir maksimum değerden geçmektedir. % 5 faiz oranı için bu değer yaklaşık 95 mm iken % 10 ve % 20 faiz oranları için optimum yalıtım kalınlıkları sırasıyla 80 ve 70 mm olmaktadır. Faiz oranının artması ile optimum yalıtım kalınlıkları da azalmaktadır. Paranın zaman değerinin yükselmesi, yatırımı olumsuz etkilemektedir.

Aynı problemi yüksek iç akışkan sıcaklığı için tekrar gözönüne alalım. İç akışkan sıcaklığının 250°C olduğu durumda sıcaklık farkı 230°C olup cam yünü yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı da sıcaklığa bağlı olarak 0.07 W/mK değerine çıkmaktadır. Tablo 2'de önerilen yalıtım kalınlığı $\lambda = 0.045 \text{ W/mK}$ için 154 mm 'dir. Buna karşılık Şekil 4'te görülen yıllık maliyet analizinde optimum yalıtım kalınlığının yaklaşık 275 mm olduğu anlaşılmaktadır. Bu yalıtım kalınlığı için 15 yıl ömür ve % 5 faiz oranında elde edilecek kar maksimum olmaktadır.



Şekil 3. Faiz oranlarına göre yalıtım kalınlığı ile yıllık net karın değişimi





Şekil 4. Yıllık gider, yıllık ilk yatırım maliyeti ve toplam maliyetin yalıtım kalınlığı ile değişimi.
Sıcaklık farkı 230°C ve $I = 0.07 \text{ W/mK}$ (cam yünü)

Boru yalıtımında da çatı yalıtımına benzer olarak ilk yatırımda ısı ihtiyacının azalmasından dolayı tesisatta kazan kapasitesindeki azalma gibi bir kazanç söz konusudur. Bu husus göz önüne alındığında daha kalın yalıtım kalınlıkları ekonomik olacaktır.

4. SONUÇ:

En uygun yalıtım kalınlığı özellikle işletme sıcaklığı ve çalışma süreleri ile değişmektedir. Ekonomik yalıtım kalınlığı seçiminde toplam maliyetler belli bir çaptan sonra çok az değişmekte yeni ekonomik yöntemlerin kullanılması zorunlu olmaktadır. Mevcut standart ve yönetmenlikler yeterli olmamakta, her seçim yukarıda açıklanan yöntemlerden en az birine göre hesaplanarak yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] M. Özdemir, C. Parmaksızoğlu, "Mekanik Tasarımda Eko-nomik Analiz", Teskon 2003, VI. Tesisat

Mühendisliği Kongresi, 8-11 Kasım, 2003.

[2] "Isı+Ses+Yangın, İzolasyon", İzocam yayını

[3] TS 825 /Nisan 1998.

[4] Prof. Dr. O. F. Genceli, Doç.Dr. C. Parmaksızoğlu, "Kalorifer Tesisatı", MMO yayını, 2004

[5] Prof, Dr. Alpin Kemal Dağsöz, "Sıcak Sulu Kalorifer Tesisatı", Demir Döküm, 1998.

[6] Özçelebi S., Parmaksızoğlu C., "En Uygun Isı Yalıtım Kalınlığının İklim Şartlarının Zamana Bağlı Değişimi Dikkate Alınarak Belirlenmesi", 2. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, İzmir,1985.

[7] Parmaksızoğlu C., "Isı Yalıtımının Amaçları ve Tesisatlarda Sıcaklık Düşmesi", İzolasyon Dergisi, sayı 53, Mayıs-Haziran 2005.

[8] Kılıç A., "Yangın Yalıtımı", Yangın ve Güvenlik' Sayı 86.

[9] Bayraktar K.G., "Tesisatlarda Isı, Ses ve Yangın Yalıtımı", İzocam A.Ş.