

# MEKANİK TESİSATA EKONOMİK YALITIM KALINLIĞI

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

## ABSTRACT

In our previous study, the definitions of economic analysis, analysis methods and data regarding estimation of the cost, using a device selection and system design example were given [1]. In this study, the methods explained in the previous study such as rate of return, payback period, net present worth and discounted cash flow were applied to determine the optimum thermal pipe insulation. Additionally, the calculations for surface temperature control and condensation in the pipe and channel insulations design, and the information needed are presented in a way convenient for applications. The results are presented comparatively with the standards and the results of the previous study.

**Keywords :** Economic analysis, pipe thermal insulations

## 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 seçimleri 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. Isı ekonomisi, 3. Çevre kirliliği, 4. Isıl Konfor şartlarının sağlanması, 5. Ses, 6. Yangın, 7. Terleme, yoğuşma ve donmanın önlenmesi, 8. Isıl kapasitenin kullanımı, 9. Isı 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 güvenli olduğu ve standartlarda verilen değerlere uygunluğu kontrol edilmelidir. Örneğin, mekanik tesisat uygulama yönetmenliklerinde, (Mechanical Technical Specification) dış yüzey sıcaklığı metal olmayan yüzeylerde 65°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 seçiminde 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 ısı 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 geçirmeyen 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 edilmelidir [4].

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 havanın odaya girene kadar, kaç derecelik sıcaklık değişiminin 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 Yönetmenliğinde (Heiz. Anl. VO) ısı yalıtım kalınlıkları, (ısı iletim katsayısı,  $\lambda=0.035 \text{ W/mK}$  ve  $75^{\circ}\text{C}/55^{\circ}\text{C}$  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, $\delta$ , [mm]
20	20
22	30
35	30
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  $\lambda=0.035$ ;  $0.040$ ;  $0.045$  W/mK değerlerinde, bakır ve çelik borular için anma çapları ve dış çaplara göre önerilen yalıtım kalınlıkları Tablo 2 'de verilmiştir [2].

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

DN anma çapı	D <sub>d</sub> dış çap $\phi$		Yalıtım malzemesi ısı iletim kasayısı, $\lambda$ , [W/mK]		
	Bakır	çelik	0.035	0.040	0.045
			Yalıtım kalınlıkları, $\delta$ , [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

Diğer boru devreleri ve havalandırma kanalları için uygulamada kullanılan benzer tablolar kullanılmaktadır. Uygulamalarda en uygun yalıtım kalınlıkları yanında, borular arasındaki mesafelere ve boruların tavan ve yan duvarlara olan mesafelerine dikkat edilmelidir [2].

## 2. YATIRIMLARIN KARLILIK ANALİZ [1]

Genel olarak kârlılığın analizinde dört metod 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.

*Geri Ödeme Oranı :*

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

*Geri Ödeme Süresi :*

Geri ödeme süresi toplam ilk yatırım ve işletme sermayesinin 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.

$$GÖS = \frac{\text{İlk Yatırım} + \text{İşletme sermayesi}}{\text{Net Yıllık Kar}} \quad (2)$$

*Net Şimdiki Değer :*

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

veya yıllık net şimdiki değer

$$YNŞD = \text{EDYG} - \text{EDYM} = \text{Eşdeğer Yıllık gelir} - \text{Eşdeğer Yıllık Maliyet}$$

*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 yatırım 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.

Yıl	Nakit akışı, YTL	Yılın başında ödenmemiş yatırım borcu	Ödenmemiş borcun faizi (%6 ile)	Yıl sonunda ödenen yatırım borcu	Yıl sonu itibariyle 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	

Bu örnekte görüldüğü gibi % 6'lık bir faiz oranı ile 5 yılda yatırım maliyeti tamamen ödenmiş olmaktadır. Bu faiz oranına veya iskonto oranına yatırımın *iç verim oranı* denir. İç verim oranının hesaplanmasında

$$\text{Kazançların bugünkü değeri} - \text{Maliyetlerin bugünkü değeri} = 0$$

$$\frac{\text{Kazançların şimdiki değeri}}{\text{Maliyetlerin şimdiki değeri}} = 1$$

$$\text{Net bugünkü değer} = 0$$

$$\text{Eşdeğer düzgün yıllık kazanç} - \text{Eşdeğer düzgün yıllık maliyet} = 0$$

$$\text{Maliyetlerin bugünkü değeri} - \text{Kazançların bugünkü değeri} = 0$$

ifadelerini kullanabilir. 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 oranı olarak da düşünülebilir. Bu oran ile kazançlar ve maliyetler arasında bir bağıntı elde edilmiş olur.

### 3. EN UYGUN BORU YALITIM KALINLIĞI'NIN HESABI

Yalıtımlı borularda sürekli rejimde birim boru başına ısı kaybı

$$q' = \frac{q}{L} = \frac{2\pi(T_i - T_d)}{\frac{1}{\alpha_i r_1} + \frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{\alpha_d r_3}} = \frac{2\pi\Delta T}{\sum R} \quad (3)$$

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

$$\sum R = \frac{1}{\alpha_i r_1} + \frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{\alpha_d r_3} \quad (4)$$

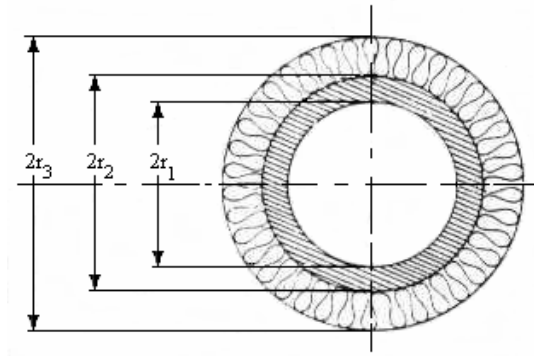
olup üçüncü terim yalıtım malzemesinin ısı direncini göstermektedir. Geometrik boyutlar Şekil 1'de verilmektedir. Dış taşınım direncini gösteren dördüncü terimde yer alan dış ısı taşınım katsayısı hesabı bina içi yatay borularda ( $d_3^3 \Delta T \leq 10 \text{ m}^3 \text{ K}$  olduğu laminar akış hali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

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

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

$$\alpha_d = 8.9 \cdot \frac{v^{0.9}}{d_3^{0.1}} \quad (6)$$

formülü ile hesaplanabilir. Denklem (5 ve 6)'da görüldüğü gibi yalıtım kalınlığı arttıkça en dış çapta 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 yöntemleri en uygun boru ve kanal yalıtım kalınlığının bulunmasına uygulamak için aşağıdaki örnekler göz önüne alınmıştır.

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 <sup>2</sup> 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 <sup>3</sup>
Doğal gaz fiyatı	0.41 YTL/ m <sup>3</sup>
Yalıtım fiyatı, folyolu cam yünü*	2 YTL/m·cm
Toplam verim	η= 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 değer, toplam verim ve yıllık çalışma süresi gözönüne alınarak yıllık gider

$$Yıllık\ Gider = \frac{(24\ h/gün)(210\ gün/yıl) \times q'}{Hu \times \eta} \times (0.41\ YTL / m^3) \quad (7)$$

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 analizinde 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.

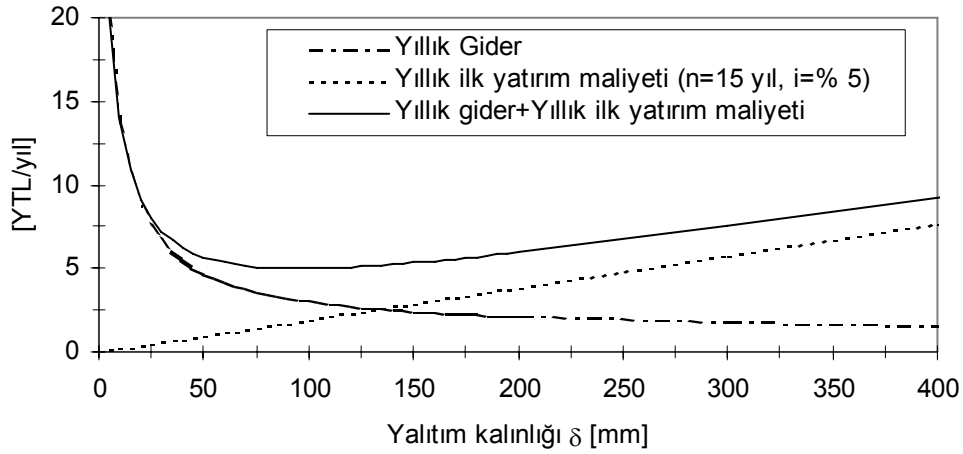
$$YİYM = İYM \times F_{PR,i,n} = İYM \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (8)$$

Elde edilecek yıllık kar, yalıtımsız haldeki gider ile yalıtımlı haldeki giderin farkı olacaktır. Net yıllık kar ise yıllık ilk yatırım maliyetinin çıkarılması ile hesaplanır. Geri ödeme oranı ve geri ödeme süresini (1) ve (2) no.lu denklemlerden hesaplarken ise işletme sermayesinin bu örnek problemde sıfır olduğu gözönüne alınmaktadır.

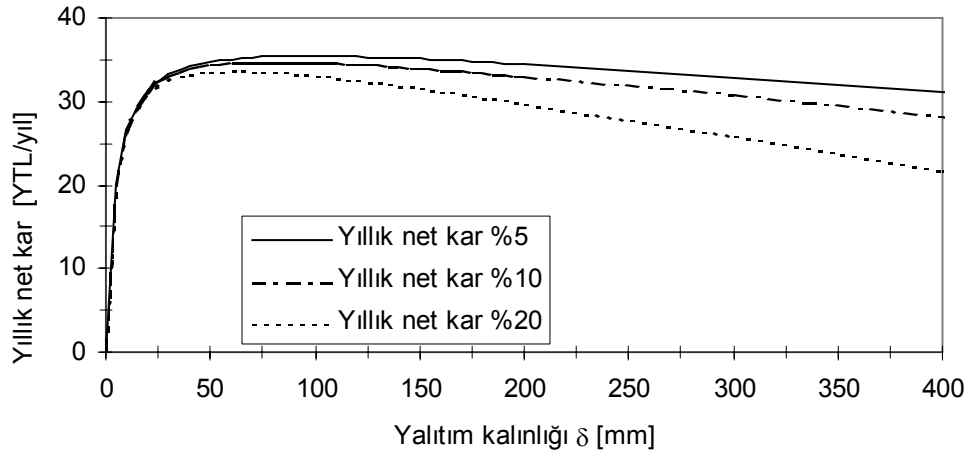
Değişik yalıtım kalınlıkları için yapılan hesapların sonuçları Tablo 3'de verilmektedir. Tabloda görülen iç verim oranı ise on beş yıl üzerinden net yıllık karı sıfır yapan faiz oranıdır. Görüldüğü gibi yalıtım uygulamalarında iç verim oranı çok yüksektir.

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

Yalıtım kalınlığı [mm]	Yıllık gider [YTL/yıl]	İlk yatırım maliyet [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%

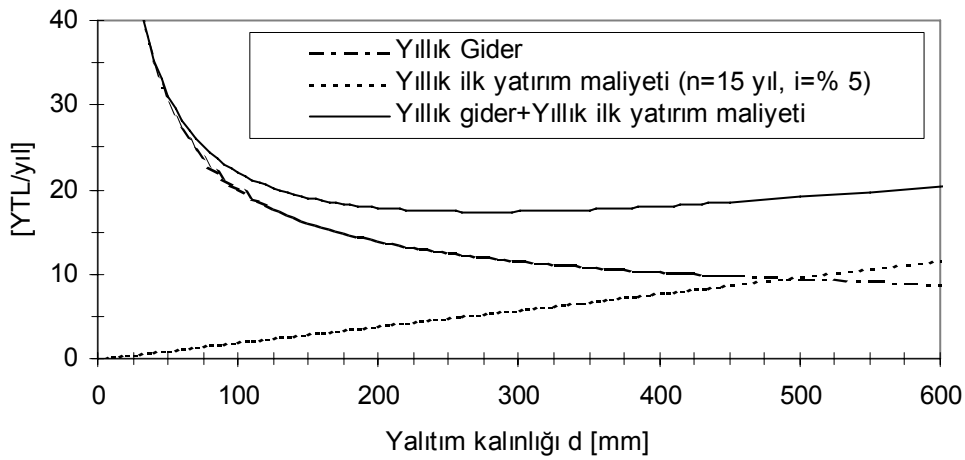
**Şekil 2.** Yıllık gider, yıllık ilk yatırım maliyeti ve toplam maliyetin yalıtım kalınlığı ile değişimi

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.** Faiz oranlarına göre Yalıtım kalınlığı ile yıllık net kar'ın değişimi

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



**Şekil 4.** Yıllık gider, yıllık ilk yatırım maliyeti ve toplam maliyetin yalıtım kalınlığı ile değişimi. Sıcaklık farkı  $230^{\circ}\text{C}$  ve  $\lambda = 0.07 \text{ W/mK}$  (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 ekonomik 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 ısı,ses ve yangın yalıtımı, İzocam A.Ş.

## ÖZGEÇMİŞLER

### Mustafa ÖZDEMİR

1964 Afyon doğumlu Mustafa Özdemir 1983'te Eskişehir Anadolu Lisesini bitirdikten sonra girdiği İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesinden 1987'de Uçak Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Yüksek lisansa başladığı İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Anabilim dalı, Enerji Programından 1990 yılında yüksek mühendis ünvanı aldı. Aynı programda başladığı doktora eğitimini 1996'da tamamlayan Mustafa Özdemir, 1999'dan beri İTÜ Makina Fakültesi, Makina Mühendisliği bölümü, Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim dalında yardımcı doçent olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır. Temel ısı ve kütle geçişi, gözenekli ortamlarda ısı ve kütle geçişi, kılcal ortamlarda akış, titreşimli hallerde ısı geçişi, buharlaşma ve yoğuşma vb konularda akademik çalışmalarına devam etmektedir.

### İsmail Cem PARMAKSIZOĞLU

1975 İTÜ Makina Fakültesi, Kuvvet-Isı Kolunu, 1977 İTÜ Makina Fakültesi, Enerji kolunu bitirmiştir. 1985 yılında İTÜ Makina Fakültesinden Doktor ünvanı almış, 1989 yılında doçent ve 2005 yılında profesör olmuştur. Kısa ve uzun süreli olarak Sulzer (A.G.) İsviçre ve U.C. Lawrence Berkeley Laboratory'de çalışmıştır. İTÜ Makina Fakültesinde CAD-CAM Merkezi Müdürlüğü görevinde bulunmuştur. Halen İTÜ Makina Fakültesi Makina Mühendisliği bölümü, Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim dalında profesör olarak çalışmaktadır. Isı geçişi, tesisat ve turbo makinalar ilgi alanıdır.