

## Isı Transferinde Isı Kayıplarının Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile İncelenmesi

Bekir ÇIRAK<sup>1</sup>, Sabit KORCAK<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada binalarda ısıtma için kullanılan kalorifer borularının yalıtımlı ve yalıtımsız durumları için iki ayrı yapay sinir ağı (YSA) modeli ve bina duvarlarının yalıtımlı ve yalıtımsız durumları için iki ayrı YSA modeli olmak üzere toplamda 4 ayrı model kullanılmıştır. Bu durumlar için tasarlanan YSA modellerinde 3 katmanlı ileri beslemeli ve geri yayımlı bir model şekli tercih edilmiştir. Gizli katmanda sigmoid transfer fonksiyonu, çıkış katmanında ise doğrusal transfer fonksiyonu kullanılmıştır. YSA ağ topolojisi olarak geri yayımlı YSA topolojisi tercih edilmiş ve veriler normalize edilerek ağa sunulmuştur. Ağdan elde edilen sıcaklık değerleri gerçekte ölçülen sıcaklık değerleri ile mukayese edilmiş ve sonuçların birbirlerine çok yakın ve yeterli hassasiyette olduğu görülmüştür. Bu şekilde 4 farklı iç model için YSA metodunun kullanımı, modellerin açıklayıcılık ve tahmin etme gücünü artırmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Isı kaybı, iç ve dış duvar, yalıtım, yapay sinir ağı

## An Investigation With Artificial Neural Network Methods of Heat Loss in Heat Transfer

**ABSTRACT:** In this study, two artificial neural network model and two separate neural networks for insulated and uninsulated case of building walls insulated and uninsulated state of the heating pipes used for heating in studies in the building here (ANN) a total of 4 separate models are used to make the model. In this case, 3-layer feed-forward and back propagation neural network model in a model designed to have preferred shape. Sigmoid transfer function in the hidden layer and the output layer is used in the linear transfer function. ANN network topology is preferred as backpropagation neural network topology and data are presented normalized to the network. The temperature value is obtained from the network is compared with the actually measured temperature values are compared and the results were found to be very close to each other and the results were found to be sensitive enough. In this way, the use of artificial neural network method to four different internal models forecast increased the explanatory power of the model and predict.

**Key Words:** Artificial neural network, inside and outside wall, insulation, loss of heat

<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği, Siirt, Türkiye

<sup>2</sup> Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Artvin, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Bekir ÇIRAK, bekircirak@mynet.com

## GİRİŞ

Ülkelerin enerji politikalarında, enerji tasarrufu günümüzde önemli bir rol oynamaktadır. Gitgide azalan enerji kaynakları, fosil yakıtların kullanılması sonucu meydana gelen çevre kirliliği, kullanılan enerjinin büyük bir bölümünde dışa bağımlılık, enerji yakıt maliyetleri gibi nedenler enerjide tasarruf yapmayı mecbur kılmıştır.

Yurdumuzdaki enerji tüketiminin büyük bir kısmı, meskenlerde (binalarda) yeterince ısı yalıtımı olmaması nedeniyle ısının kaybolması şeklindedir. Enerji tüketiminin en az değerlere indirilmesi için binalara ulusal bir takım düzenlemeler getirilmesi bir zarurettir. Bu sebeple Türkiye’de bu tür ihtiyaçlar da dikkate alınarak 1999 yılında “Binalarda ısı yalıtım kuralları” (TS 825) tayin edilmiştir.

Çağın gelişimi beraberinde insanoğlunun ihtiyaçlarının çeşitlenerek artması ve bunun sonucunda çeşitlenerek artan ihtiyaçların enerjile karşılanması zaruri yetini doğurmuştur. İnsanoğlu dünyaya gelişinden itibaren enerjisi çeşitli şekillerde kullanmıştır. Başlangıçta ilk enerji kaynağı olarak kendi gücünden yararlanmış; daha sonra çeşitli hayvanlardan yararlanmış ve ateşi bulmasıyla ısınma sorununu çözmüştür. Bazı ev cihazlarından yararlanmak isteyenler, ısınmak, aydınlanmak ve ulaşım için enerji bir son tüketim malıdır. Üretim süreci boyunca mal ve hizmet üretmek için kullanıldığında ise bir ara tüketimdir.

Avrupa ülkelerinde enerji kaynakları diğer ülkelere göre daha azdır. Enerji kaynakları bakımından zengin olmak enerjiye çare değildir. Önemli olan enerji kaynaklarını en ekonomik ve en etkin kullanarak enerji sorununa çözüm bulabilmektir. Bu durum enerji tesisatlarının ve binaların yalıtımlarını ve izolasyonlarını gerektirir. Yalıtımla sağlanacak olan enerji tasarrufunun önemi giderek artmaktadır (Ültanır, 2013).

YSA’ları terimi beynin çalışma prensiplerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi düşüncesi sonucu ortaya çıkmıştır. Yapılan ilk çalışmalar beyni oluşturan biyolojik hücrelerin veya diğer bir ismiyle nöronların matematiksel olarak modellenmesi üzerinde arttırılmıştır. Gerçek dünya problemlerine uygulanabilir olması YSA’larının en önemli avantajlarından biridir (Wang and Malakooti, 1992). YSA’ları henüz insan beyninin hızına ulaşamamasına rağmen, beynin işleyiş

şeklinden yola çıkmış olması, karmaşık eşleştirmelerin hassas bir biçimde gerçekleştirilmesidir. Bu düşünce gün geçtikçe uygulama alanları arttırmaktadır (Flitman, 2004). Yapılan bir çalışmada tuğla duvardaki yalıtım hesaplarını YSA’ları ile incelemişlerdir (Keleşoğlu ve Fırat, 2006). Binalarda ısıtma için ithal kömür ve fuel oil kullanıldığında, dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlıkları ve buna bağlı olarak elde edilecek yıllık tasarruflar hesaplanmıştır (Gölcü ve ark., 2006). Isparta ve civar bölgelerinde binalarda duvar kaplama ve çatı döşemeleri için uygun değerde yalıtım kalınlıkları uygulanmış ve böylece bu uygulama sonucunda enerji tasarrufları sağlanmıştır. Binaların dış duvarlarındaki uygun değerde yalıtımın kalınlığı yıllık ısıtma ve soğutma yüklerine bağımlı olarak incelemiştir (Bolattürk, 2006). Ülkemizin en soğuk üç şehri Kars, Erzincan ve Erzurum gibi iller için uygun değerde yalıtım kalınlıkları esas alınarak araştırmışlardır (Çomaklı ve Yüksel, 2003). Enerji tasarrufuna uygun değerde duvar yalıtım kalınlığının etkisi Edirne ilinde derece gün sayısı kullanarak incelemiştir (Öztuna ve Dereli, 2009).

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Isı Transferi Ve Isı Yalıtımı

Günümüzde ısı transferinin teknik ve bilimsel ilkeler doğrultusunda oluşması istenir. Çünkü enerjinin bir parçası olarak ısının üretildiği kadar tüketilmesi ve en az kayıpla kullanılması gerekmektedir. Bina duvarlarına uygulanacak olan yalıtım, yağ emisyonlarını da önemli ölçüde düşürecektir (Karakoç ve ark., 1999).

Yalıtım malzemesi, dış ortam ile iç ortam arasında ısı bağımsızlığını artıran, ısı kaçaklarını önleyen, günümüz ısı ekonomisinin temelini oluşturan hayati bir malzemedir. İç ortamın ısıtılmasında dengeli bir ısı oluşumu sağlayarak istikrarlı bir ısıtma sağlarlar. Bu konuda yalıtım malzemesinin cinsi ne olursa olsun ısı geçirgenlik katsayısı ve yalıtım gücü önemlidir.

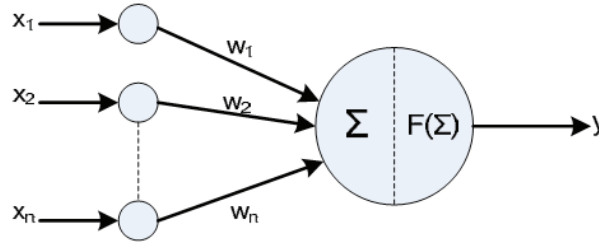
Yalıtımın yanı sıra binalarda duvarı oluşturan kalınlıklar ve tesisatlarda boru kalınlıklarını oluşturan kaplama ve malzeme yapısı da önemlidir. Ayrıca ısıtma borularının geçtikleri ortam sıcaklıkları da dikkate alınmalıdır. Binaların dış cephelerine yalıtım yaparak ısı kazanç değerleri ile ısı kaybı değerlerinde büyük ölçüde kazanç sağlanmış olur. Böylece enerji tasarrufu açısından yalıtım kalınlığının en uygun hangi

değerlerde olması gerektiği belirlenmiş olur (Karakoç ve ark., 1999).

### Yapay Sinir Ağları

YSA, beynimizdeki nöronlara benzer bir biçimde meydana getirilen yapay nöronların değişik geometri bağlantıları ile birbirlerine bağlanmasıyla meydana gelen sistemlerdir. Şekil 1'de gösterilen bir sinir

hücresi kendisine gelen giriş değerlerinin ağırlıklı toplamını alır ve daha sonra bunu bir aktivasyon fonksiyonundan geçirerek yeni bir çıktı değer elde edilir. Sözü edilen aktivasyon fonksiyonu doğrusal olabileceği gibi YSA'nın amacı doğrultusunda çoğunlukla doğrusal olmayan transfer fonksiyonları kullanılırlar (Cirak ve Kozan, 2009).



Şekil 1. Nöronun yapısı

### Çok katmanlı sinir ağı

Gerçek hayatta karşılaşılan birçok problemin esas özelliği olan doğrusal ayrılama özelliğine sahip problemler için çok katmanlı YSA'ları kullanılır. Geri yayımda en çok kullanılan algoritma, en küçük hata kareleri ortalaması öğrenme algoritmasıdır. BPLMS öğrenme algoritması, elde edilen gerçek çıktı ile problemin çözümünde istenilen çıktı arasındaki hata kareleri ortalamasını ağırlıklarını kullanarak en aza indirgeyen algoritmadır. YSA parametrelerinin güncellenmesinde en fazla kullanılan metot ise hata geriye yayma metodudur (Şahin, 2001).

### YSA modelinin eğitimi ve performansı

Gerçek çıktı değerleri ile YSA modelinin oluşturduğu çıktı değerleri arasındaki hata miktarının azlığı YSA modelinin performansını belirler. Hata miktarlarının analizinde kullanılan istatistiksel değerler üç tanedir. Bunlar RMS, R<sup>2</sup> ve OYH değeri olup burada RMS istatistiksel hata miktarını, R<sup>2</sup> mutlak değişim yüzdesini ve OYH ise ortalama yüzde hata değerlerini temsil eder. Hata miktarları çentik faktörünün çıktı değerine göre aşağıdaki formüllerle hesaplanır (Wang and Archer, 1993).

$$RMS = \left[ \frac{1}{p} \sum_j |t_j - o_j|^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$R^2 = 1 - \left[ \frac{\sum_j (t_j - o_j)^2}{\sum_j (o_j)^2} \right] \quad (2)$$

$$OYH \% = \frac{\sum_j \left( \frac{t_j - o_j}{t_j} \times 100 \right)}{p} \quad (3)$$

Burada, t hedef değer, o çıktı değeri ve p ise numunedir.

### YSA modelinde test

Eğitme işlemleri bittikten sonra YSA modelinden

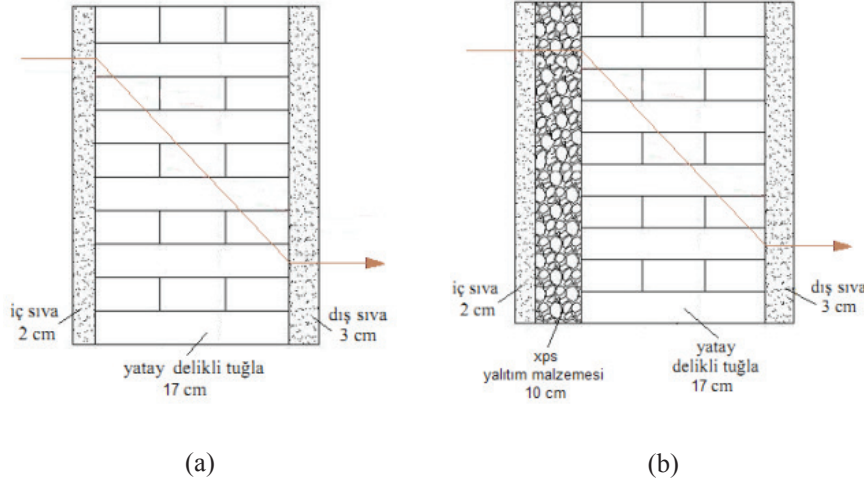
elde edilen sonuçlar hesaplanan sonuçları ile istatistiksel hata miktarına göre Microsoft Excel'de karşılaştırılır. Eğitim ve test verilerinin performansı istatistiksel hata analizlerinde birlikte değerlendirilir (Wang and Archer, 1993).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Yalıtımsız Ve Yalıtımlı Duvar Yapısı

Yalıtımlı ve yalıtımsız duvarlar için iklim koşulları göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamalarda, iç ortam sıcaklığı 20°C, dış ortam

sıcaklığı -8°C seçilmiştir. Yalıtımsız duvar bileşenleri, 2 cm kalınlığında iç sıva, 17 cm kalınlıkta yatay delikli tuğla ve 3 cm kalınlığında dış sıvadan meydana gelmektedir. Şekil 2-a' da uygulamalarda kullanılan yalıtımsız duvar yapısı görülmektedir.

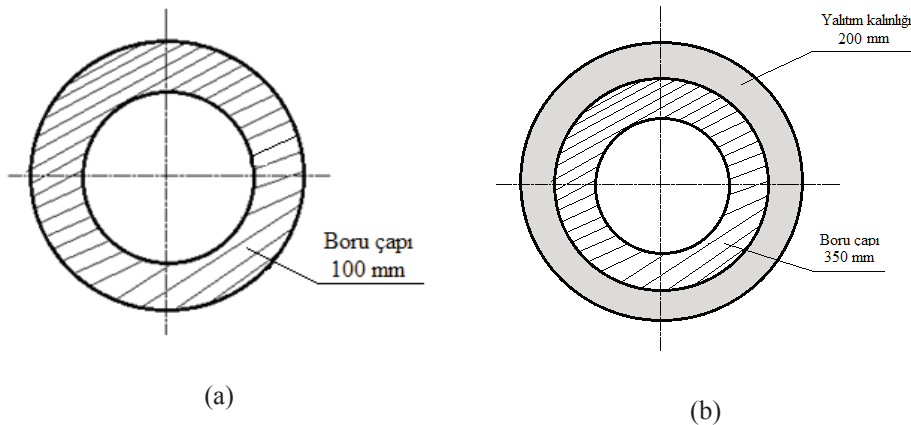


Şekil 2. (a) Yalıtımsız duvar yapısı, (b) Yalıtımlı duvar yapısı

Şekil 2-b'de ise yalıtımlı duvar bileşenleri görülmektedir. Şekil 2-b'den de görüldüğü gibi yalıtımlı duvar bileşenleri; 0,02 m kalınlıkta iç sıva, 0,10 m kalınlıkta xps yalıtım malzemesi, 0,17 m kalınlıkta yatay delikli tuğla ve 0,03 m kalınlıkta dış sıvadan meydana gelmektedir.

### Yalıtımsız Ve Yalıtımlı Boru Yapısı

Şekil 3-a'da yalıtımsız boru yapısı görülmektedir. Burada yalıtımsız borudaki boru çapı 100 mm kalınlıkta, boru iç sıcaklığı 150°C ve dış ortam sıcaklığı 15°C değerleri alınmıştır. Şekil 3-b'de ise yalıtımlı boru yapısı görülmektedir.



Şekil 3. (a) Yalıtımsız boru yapısı, (b) Yalıtımlı boru yapısı

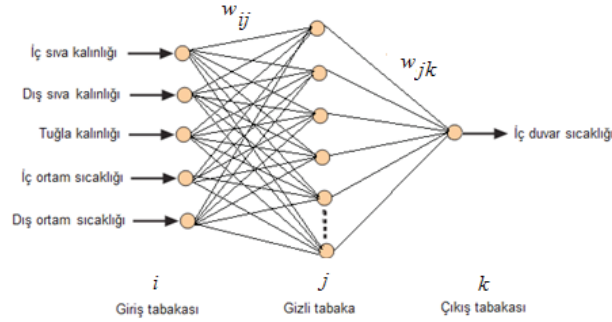
Bu uygulama ise 0,35 m kalınlıkta boru çapı, boru sıcaklığı 250°C ve dış ortam sıcaklığı 15°C olan bir

boru 0,20 m kalınlığındaki bir yalıtım malzemesi ile yalıtılmıştır.

### Yalıtımsız Ve Yalıtımlı Duvar İçin YSA

Şekil 4’ de görüldüğü gibi ara katmanda 9 adet yapay nöron kullanılmıştır. İç duvar sıcaklığı ise ağın çıkışıdır. Çizelge 1’de görüldüğü gibi çeşitli ağ yapıları ve öğrenme oranları denenerek en doğru sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu çalışma için

yapılan denemeler neticesinde 9 nörondan meydana gelen bir ara katman belirlenmiş ve bu belirlenen katmanda, 0.979’luk momentum katsayısı ve 0.85’lik öğrenme oranı değerleri kullanılmıştır. Bu durumda ağ’da elde edilen sonuçlar daha uygun olmuştur.



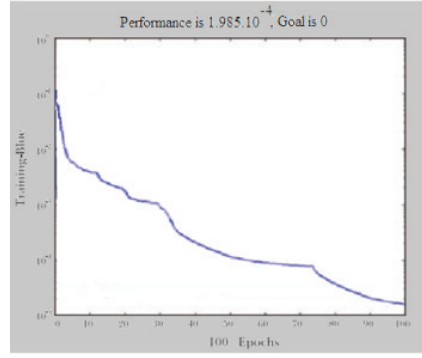
Şekil 4. Yalıtımsız duvar için YSA modeli ağ yapısı

Çizelge 1. Yalıtımsız duvar için YSA’da kullanılan eğitim ve test değerler

UYGULAMA NO		1-a					
UYGULAMA ADI		Yalıtımsız Duvar					
No	Giriş					Çıkış	YSA
	İç Sıva Kalınlığı (m)	Dış Sıva Kalınlığı (m)	Tuğla Kalınlığı (m)	İç Ortam Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	İç Duvar Sıcaklığı (°C)	
1	0.01	0.03	0.15	18	-6	8.5	İlk 30 değer YSA eğitimi, son 30 değer ise YSA testi için kullanılmıştır
2	0.015	0.01	0.19	20	-8	10.5	
3	0.02	0.025	0.17	19	-9	18.5	
4	0.015	0.015	0.19	22	-7	12.54	
5	0.01	0.03	0.15	21	-10	14.5	
6	0.02	0.02	0.17	18	-8	16.5	
54	0.015	0.025	0.19	19	-9	18.5	
55	0.02	0.01	0.15	21	-7	20	
56	0.01	0.015	0.17	20	-8	19.5	
57	0.015	0.02	0.19	22	-10	18	
58	0.02	0.025	0.17	21	-9	19	
59	0.01	0.015	0.15	19	-6	10.5	
60	0.015	0.03	0.19	18	-8	8.5	

Şekil 5’de bu ağın iterasyona bağlı hata değişim grafiği verilmektedir. Şekil 5 incelendiğinde yapılan

YSA modelinin performansının çok daha iyi olduğu görülmektedir.



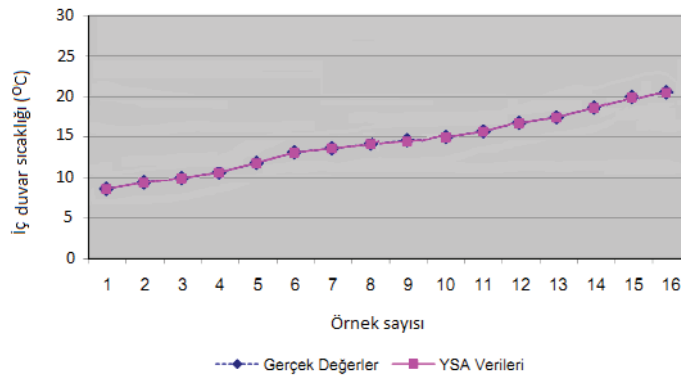
Şekil 5. Yalıtımsız duvar için YSA performans grafiği

Çizelge 2' de görüldüğü gibi (1), (2) ve (3) denklemleri ile hesaplanan RMS değerleri çok düşük olduğu, R<sup>2</sup> değeri 1'e çok yakın olduğu ve OYH değerinin ise düşük olduğu görülmektedir. Şekil

6'daki grafikte gerçek değerler ile YSA modelinden elde edilen değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Yalıtımsız duvar için YSA hata miktarları

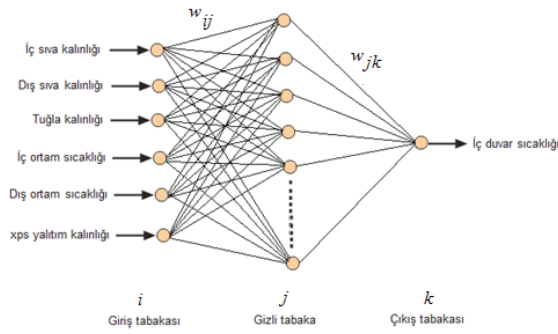
Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R <sup>2</sup>	OYH
8.500	8.515	0.000155	0.998238	0.001649
10.500	10.510	0.000270	0.999779	0.022123
12.500	12.520	0.002652	0.998238	0.175855
14.500	14.495	0.002706	0.998136	0.186020
16.500	16.490	0.000834	0.999407	0.059229
17.00	17.058	0.002652	0.999749	0.186020
18.00	18.072	0.000944	0.999391	0.060891
18.500	18.500	0.001729	0.999779	0.143873
19.00	19.030	0.001504	0.998559	0.125336
20.00	20.105	0.000155	0.999910	0.009037



Şekil 6. Yalıtımsız duvar yapısı için iç duvar sıcaklığının YSA modelinden elde edilen sonuçlarla gerçek sonuçların karşılaştırılması

Problem için 1 giriş, 1 ara ve 1 çıkış katmanı bulunan geri yayımlı YSA modeli kullanılmıştır. Şekil 7'de girdi katmanında 6 işlem elemanı bulunmaktadır.

Ara katmanda ise 9 adet yapay nöron kullanılmıştır. Yalıtımlı duvarın iç duvar sıcaklığı ise ağır çıkışıdır (Elmas, 2003).



Şekil 7. Yalıtımlı duvar için YSA modeli ağ yapısı

Çizelge 3. Yalıtımlı duvar için YSA' da kullanılan eğitim ve test değerleri

UYGULAMA NO	1-b							
UYGULAMA ADI	Yalıtımlı Duvar							
No	Giriş						Çıkış	YSA
	İç Sıva Kalınlığı (m)	Dış Sıva Kalınlığı (m)	xps Yalıtım Kalınlığı (m)	Tuğla Kalınlığı (m)	İç Ortam Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	İç Duvar Sıcaklığı (°C)	
1	0.01	0.03	15	0.15	18	-6	13	İlk 30 değer YSA eğitimi, son 30 değer ise YSA testi için kullanılmıştır
2	0.015	0.01	17	0.19	20	-8	17.67	
3	0.02	0.025	16	0.17	19	-9	21.9	
4	0.015	0.015	15	0.19	22	-7	25.74	
5	0.01	0.03	18	0.15	21	-10	15.73	
6	0.02	0.02	19	0.17	18	-8	16.45	
54	0.015	0.025	16	0.19	19	-9	18.67	
55	0.02	0.01	18	0.15	21	-7	27.73	
56	0.01	0.015	17	0.17	20	-8	23.69	
57	0.015	0.02	19	0.19	22	-10	30.01	
58	0.02	0.025	15	0.17	21	-9	19.39	
59	0.01	0.015	2051	0.15	19	-6	15.78	
60	0.015	0.03	2050	0.19	18	-8	17.97	

Çizelge 3'de ağın girdi elemanlarına rastgele değerler verilerek elde edilen eğitim ve test setinde 60 adet örnek mevcuttur. Burada çeşitli ağ yapıları ve öğrenme oranları denemeler yapılarak en doğru sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Yapılan denemeler neticesinde 9 nörondan meydana gelen bir ara katman uygun görülmüştür. Burada 0.979'luk momentum

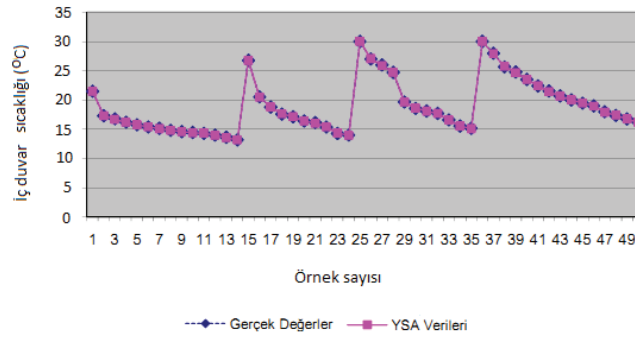
katsayısı ve 0.85'lik öğrenme oranı değerleri alınmış ve bu değerlerde ağ daha uygun sonuçlar vermiştir. YSA'ını eğitip test ettikten sonra, problem için verilen değerler ağa verilirse elde edilen iç yüzey sıcaklığı 19.80°C olarak bulunur. Bu problemin sayısal çözümü sonucunda elde edilen iç yüzey sıcaklığı ise 19.82°C sıcaklığındadır.

Çizelge 4. Yalıtımlı duvar için YSA hata miktarları

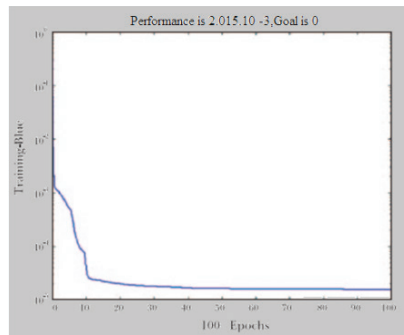
Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R <sup>2</sup>	OYH
13.00	13.10	0.002652	0.999749	0.186020
15.730	15.805	0.000944	0.999391	0.060891
17.760	17.681	0.001729	0.998745	0.175855
19.390	19.989	0.002706	0.998136	0.143873
21.900	21.910	0.000834	0.999407	0.059229
23.690	23.645	0.000155	0.998238	0.001649
25.740	25.751	0.000270	0.999779	0.022123
27.730	27.742	0.000028	0.998559	0.009037
19.00	19.030	0.001504	0.999910	0.125336
30.01	30.00	0.000322	0.999984	0.025063

Çizelge 4 incelendiğinde yapılan YSA modelinin performansının çok daha iyi olduğu görülebilir. Burada RMS değerleri çok düşük değerde, R<sup>2</sup> değeri 1'e oldukça yakın bir değerde ve OYH değerinin düşük olduğu görülebilir.

Şekil 8'de, gerçek sıcaklık değerleri ile YSA modelinden elde edilen sıcaklık değerlerinin birbirine çok yakın olduğunu göstermektedir. Bu YSA'nın iterasyon bağlı hata değişimi ve performans grafiği Şekil 9'da verilmektedir.



Şekil 8. Yalıtımlı duvar yapısı için iç duvar sıcaklığının YSA modelinden elde edilen sonuçlarla gerçek sonuçların karşılaştırılması



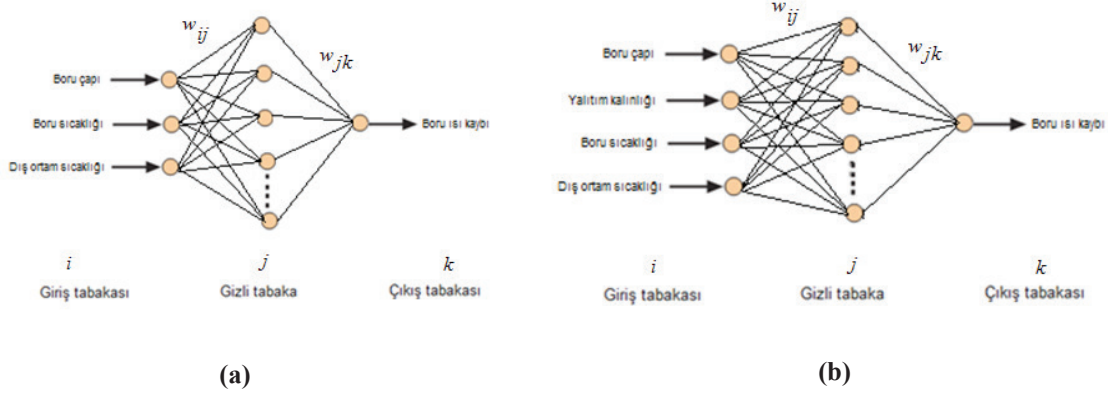
Şekil 9. Yalıtımlı duvar için YSA performans grafiği



**Yalıtımsız ve Yalıtımlı Boru Yapısı için YSA**

Şekil 10-a'da görüldüğü gibi yalıtımsız boru yapısı

için kullanılan YSA modelinde 3 girdi, 1 çıktı ve 7 adet nörondan oluşan 1 gizli katman kullanılmaktadır.



Şekil 10. (a) Yalıtımsız boru için YSA modeli ağ yapısı, (b) Yalıtımlı boru için YSA modeli ağ yapısı

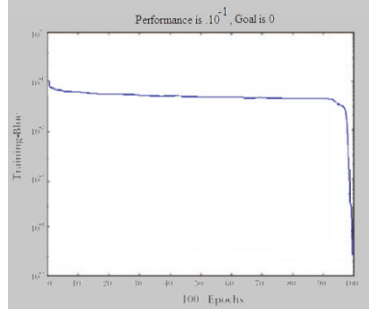
Şekil 10-b'de görüldüğü gibi yalıtımlı boru yapısı için kullanılan YSA modelinde ise 4 girdi, 1 çıktı ve 8 adet nörondan oluşan 1 gizli katman kullanılmaktadır. Yalıtımsız boru için YSA'da kullanılan eğitim ve test değerleri Çizelge 5'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre verilen eğitim setinin uygulanmasına göre borudaki

ısı kaybı 2000.010 kcal  $mh^{-1}$  elde edilmiştir. Bu problemin çözümü sonucunda ise borudaki ısı kaybı 2000 kcal  $mh^{-1}$  olarak elde edilmiştir (Çırak, 2014). Elde edilen bu iki sonuç karşılaştırıldığında YSA modelinden oldukça iyi hassasiyette bir sonuç elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 5. Yalıtımsız boru için YSA' da kullanılan eğitim ve test değerleri

UYGULAMA NO		2-a			
UYGULAMA ADI		Yalıtımsız Boru			
No	Giriş			Çıkış	YSA
	Boru Çapı (m)	Boru Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	Boru Isı Kaybı (Kcal/mh)	
1	0.05	300	10	500	İlk 30 değer YSA eğitimi, son 30 değer ise YSA testi için kullanılmıştır
2	0.15	150	15	1500	
3	0.2	225	20	2000	
4	0.25	300	25	1000	
5	0.05	375	30	2500	
6	0.1	75	15	3000	
54	0.2	225	20	1500	
55	0.25	75	30	2500	
56	0.15	150	10	1000	
57	0.1	375	25	3500	
58	0.25	300	15	1500	
59	0.15	225	30	500	
60	0.2	375	20	3000	

Yalıtımsız boru için YSA modeli ağ yapısının iterasyona bağlı performans grafiği Şekil 11’de verilmiştir.



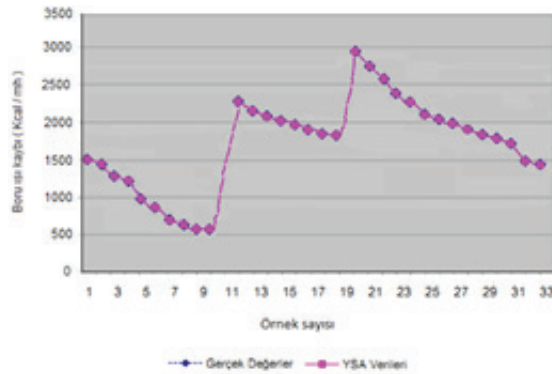
Şekil 11. Yalıtımsız boru için YSA performans grafiği

Çizelge 6. Yalıtımsız boru için YSA hata miktarları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R <sup>2</sup>	OYH
500.010	500.017	0.000270	0.999984	0.001649
1000.15	1000.19	0.000028	0.999391	0.060891
1500.014	1500.016	0.002652	0.998238	0.175855
2000.00	2000.010	0.002706	0.998136	0.186020
2500.025	2500.349	0.000834	0.999407	0.059229
3000.50	3000.65	0.000322	0.999749	0.025063
3500.00	3500.018	0.000270	0.999779	0.022123
1250.050	1250.065	0.001729	0.999749	0.186020
2750.150	2750.125	0.001504	0.999391	0.060891
3250.650	3250.950	0.000155	0.999407	0.175855

Çizelge 6’yı incelediğimizde yapılan YSA modelinin performansının çok daha iyi olduğu görülmektedir. Çizelge 6’ya göre boru ısı kaybı değerleriyle YSA modelinden elde edilen boru ısı kaybı değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

Şekil 12’deki grafik incelendiğinde, gerçek yalıtımsız boru ısı kaybı değerleri ile YSA modelinden elde edilen değerlerin birbirine oldukça olduğu görülmektedir.



Şekil 12. Yalıtımsız boru yapısı için ısı kaybının YSA modelinden elde edilen sonuçlarla gerçek sonuçların karşılaştırılması

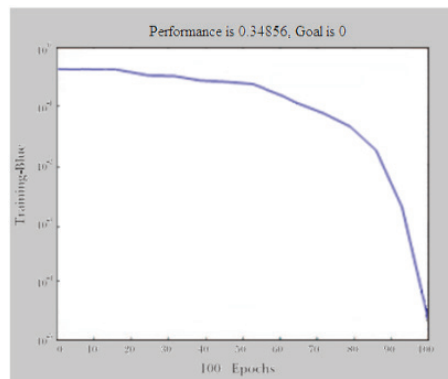
Yalıtımlı boru için YSA modelinde kullanılan eğitim ve test değerleri Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Yalıtımlı boru için YSA’da kullanılan eğitim ve test değerleri

UYGULAMA NO		2-b				
UYGULAMA ADI		Yalıtımlı Boru				
No	Giriş			Çıkış		YSA
	Boru Çapı (m)	Yalıtım Kalınlığı (m)	Boru Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	Boru Isı Kaybı (Kcal/mh)	
1	0.45	0.1	300	10	50	İlk 30 değer YSA eğitimi, son 30 değer ise YSA testi için kullanılmıştır
2	0.5	0.3	150	15	150	
3	0.4	0.15	250	20	75	
4	0.25	0.2	300	25	100	
5	0.35	0.25	350	5	125	
6	0.25	0.35	200	15	100	
54	0.3	0.25	200	20	150	
55	0.25	0.1	250	5	75	
56	0.45	0.35	150	10	50	
57	0.3	0.15	350	25	100	
58	0.25	0.3	300	15	150	
59	0.35	0.2	200	5	125	
60	0.4	0.1	150	20	75	

Bu problemde 0.8 öğrenme oranı ve verilen eğitim setinin uygulanması neticesinde elde edilen yalıtımlı borunun ısı kaybı 100.029 Kcal mh<sup>-1</sup> olarak elde edilmiştir. Bu problemin çözümü sonucunda yalıtımlı

borunun ısı kaybı ise 100.034 Kcal mh<sup>-1</sup> elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yeterli hassasiyette yaklaşıldığı görülmüştür. Şekil 13’de bu ağın iterasyona bağlı hata değişimi verilmektedir.



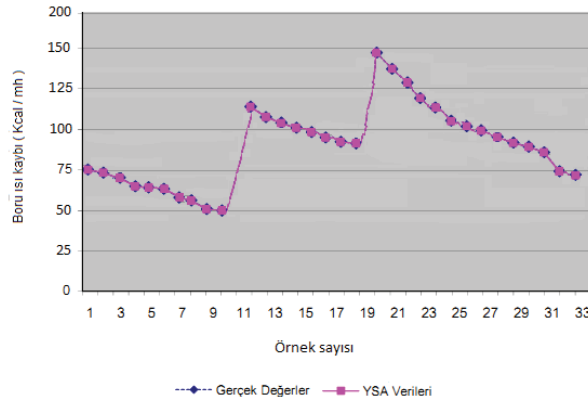
Şekil 13. Yalıtımlı boru için YSA performans grafiği

Yalıtımlı boru için YSA modeli ağ yapısının test dataları ve test sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 8'de verilmiştir. Burada yapılan YSA modelinin performansının oldukça iyi olduğu görülebilir.

Çizelge 8. Yalıtımlı boru için YSA hata miktarları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R <sup>2</sup>	OYH
50.024	50.078	0.000834	0.999407	0.059229
75.00	75.020	0.000155	0.998238	0.001649
100.034	100.029	0.002652	0.998238	0.175855
125.078	125.093	0.002706	0.998136	0.186020
150.038	150.084	0.000834	0.999407	0.059229
150.00	150.029	0.000322	0.999749	0.025063
125.010	125.027	0.000270	0.999779	0.022123
100.00	100.015	0.000028	0.998559	0.009037
75.013	75.018	0.001504	0.998745	0.125336
50.00	50.016	0.000155	0.999910	0.009037

Şekil 14'deki grafik incelendiğinde, gerçek yalıtımlı boru ısı kaybı değerleri ile YSA modelinden elde edilen değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 14. Yalıtımlı boru yapısı için ısı kaybının YSA verileri ile gerçek verilerin karşılaştırılması

## SONUÇ

Bu çalışmanın yalıtımlı ve yalıtımsız duvar uygulamasında, duvardaki ısı kaybının araştırılması için iki ayrı YSA modeli kullanılmıştır. Duvar, iç sıva, dış sıva, yalıtım malzemesi kalınlık değerleri ile iç ve dış

ortam sıcaklıkları giriş değerleri olarak tanımlanmış; iç duvar sıcaklığı ise çıkış değeri olarak ağa sunulmuştur. Yalıtımlı ve yalıtımsız boru uygulamasında ise borudaki sıcaklık ve boru çapına bağlı olarak oluşan ısı kaybı incelenmiştir. YSA modeli kurularak yapılan

bu çalışmada elde edilen değerlerde yaklaşık ve hassas sonuçlara ulaşılmıştır. Diğer bir ifadeyle rastgele ve periyodik zaman aralığı içinde borulardan alınan ve

lineer olmayan parametreler ile YSA modelinden alınan sonuçlar karşılaştırılmış ve birbirine çok yakın değerler tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Bolattürk A, 2006. Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey. *Applied Thermal Engineering*, 26: 1301–1309.
- Çırak B, Kozan R, 2009. Prediction of the Coating Thickness of Wire Coating Extrusion Processes Using ANN. *Journal of Modern Applied Science*, 3: 52-67 p.
- Çırak B, 2014. Plastik Boru Üretimi Prosesinde Ekstrüzyon parametrelerinin YSA ile incelenmesi. *DİCLE Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3: 33-42.
- Çomaklı K, Yüksel B, 2003. Optimum insulation thickness of external walls for energy saving. *Applied Thermal Engineering*, 23: 473-479.
- Elmas Ç, 2003. Yapay Sinir Ağları, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 27-31 s.
- Flitman AM, 2004. Towards probabilistic footy tipping: A hybrid approach utilising genetically defined neural networks and linear programming. *Computer & Operating Research*, 33: 2003-2022.
- Gölcü M, Dombaycı A, Abalı S, 2006. Denizli için optimum yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna etkisi ve sonuçları. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21: 639-644.
- Karakoç TH, Binyıldız E, Turan O, 1999. Binalarda ve Tesisatta Isı Yalıtımı. ODE Teknik Yayınları No:G20, İstanbul, s.34-39 s.
- Keleşoğlu Ö, Fırat A, 2006. Tuğla Duvardaki ve Tesisattaki Isı Kaybının Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18: 133-141.
- Öztuna S, Dereli E, 2009. Edirne ilinde optimum duvar yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna etkisi. *Trakya Üniversitesi Journal Science*, 10: 139-147.
- Şahin ŞÖ, 2001. Yapay sinir ağları yardımı ile dinamik bir senaryo analizi. *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, s.79-82
- Ültanır MÖ, 2013, İstanbul. 21. Yüzyıla Girenken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi. *TÜSİAD Yayınları*, Yayın No: TÜSİAD-T/98-12/239.
- Wang J, Malakooti B, 1992. A Feedforward neural network for multiple criteria decision making. *Computers & Operations Research*, 19: 151-167.
- Wang S, Archer NP, 1993. A neural network technique in modelling multiple criteria multiple person decision making. *Computers Operations Research*, 21: 127-142 p.