

TARIMSAL YAPILARDA KULLANILAN BAZI ISI YALITIM MALZEMELERİNİN ISI İLETKENLİKLERİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

A.Vahap YAĞANOĞLU (1)

ÖZET : *Bu çalışma, kırsal yörelerdeki tarımsal yapılarda işletme koşullarında kolaylıkla sağlanabilen saman, sap, ot, hızar talaşı, hızar altı ve kömür cürufunun yalıtım özelliklerini incelemek amacıyla yapılmıştır. Deney örneklerinde sözkonusu malzemeler ile bağlayıcı malzeme olarak çimento, sönmüş kireç ve alçı ile bunların karışımı kullanılmıştır. Karışımların cins ve karışım oranlarına göre 39 değişik levha örnekler hazırlanmıştır. Örneklerin ısı iletkenlikleri, birim ağırlıkları, nem içerikleri, su emme durumları belirlenmiştir. Ayrıca örneklerin delinme, taşınma, dağılma, yapışma gibi özellikleri incelenmiştir. Hazırlanan ısı yalıtım levhalarının tarımsal yapıların duvar, çatı veya tavanında ısı yalıtım malzemesi olarak ekonomik bir şekilde kullanılma olanağının bulunduğu belirlenmiştir.*

A RESEARCH ON THE DETERMINATION OF THE THERMAL CONDUCTIVITY OF SOME INSULATING MATERIALS FOR FARM BUILDINGS

SUMMARY : *The use of insulating materials in farm buildings such as residence, barn, sheep shed and poultry house has great significance in rural areas in cold regions. The material that is cheap, readily available and widely useable are preferred. In this connection the materials such as crushed straw, hay and sawdust are mixed in proper proportions with cement, lime and water to obtain suitable insulating materials. It is necessary find out thermal conductivity values of these materials that are obtain for local use.*

The thermal conductivity is an important property of these materials and has a dimension of $W/m\ ^\circ C$, which controls the rate of heat flow in the medium. There is a wide difference in the thermal conductivities of various insulating materials. The purpose of this study is to improve the equipment for measuring the thermal

(1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum.

conductivity of insulating materials by reducing the effort on heating the specimen to the required temperature, while retaining the accuracy and reliability of the results. In this work, a system to measure the thermal conductivity of insulating materials has been developed and constructed. The results and the measuring method was discussed in this study.

GİRİŞ

Bugün bütün dünya uluslarını uğraştıran sorunların başında, ucuz ve güvenilir enerji sağlanması gelmektedir. Ulusların kalkınmasında önemi oldukça fazla olan ve ancak büyük masraflarla elde edilebilen enerji ekonomik bir şekilde kullanılmalıdır. Enerji tüketimini etkileyen unsurlardan biri de yapıların yalıtımına gerekli önemin verilmeyişidir. Ülkemizde yapıların, özellikle tarımsal yapıların, ısı ekonomisi koşullarına uygun olarak yapılmadığı ve büyük bir savurganlıkla fazla miktarda yakıt tüketimine neden olduğu bilinmektedir. Ülkemizde tüketilen toplam enerjinin yaklaşık yarısının yapıların ısıtılmasında kullanılması da bunu kanıtlamaktadır. Oysa, yapılarda enerji ekonomisi düşüncesi ile alınacak önlemlerle bu miktarın % 50'sine kadar bir ekonomi sağlanması olasıdır.

Günümüzde enerji çok pahalıdır ve sürekli fiyatı artmakta, sağlanması ise zorlaşmaktadır. Bu nedenle özellikle yapılarda enerji tüketimini, başka bir anlatımla ısı kayıplarını azaltarak, enerji gereksinmesini en aza düşürmek zorunludur. Bu ise ancak yapıların uygun ve yeterli bir şekilde yalıtılması ile sağlanabilir. Yalıtım malzemeleri, konutların yalıtılması yanında diğer tarımsal yapıların yalıtılmasında da kullanılmaktadır. Özellikle hayvan barınakları, sera, soğutma depoları gibi yapıların yalıtılması gerekir.

Kalkınma çabası içerisinde olan ülkemizde en önemli sorunlardan biri de beslenme. Ülkemiz insanların beslenmesinde hayvansal proteinlerin çok önemli bir yeri olmasına karşın, kişi başına tüketilen hayvansal protein miktarının, diğer bazı ülkelere oranla çok düşük düzeyde kaldığı bir gerçektir. Bu nedenle yeterli miktarda ve iyi nitelikte hayvansal besin maddelerinin elde edilmesi zorunlu olmaktadır.

Hayvansal üretimin artırılması ise beslenme, bakım ve ıslah gibi önlemler yanında, hayvan barınaklarının hayvan sağlık ve verimine uygun çevre koşullarını sağlayabilecek şekilde planlanması ve projelenmesi ile sağlanabilir. Diğer yandan bitkisel ürünlerin nitelik ve niceliklerini bozulmadan korunmaları da uygun çevre koşullarını sağlayacak şekilde projelenmiş depoların yapımıyla olasıdır. Ayrıca sera işletmelerinde ekonomik bir üretim için ısı kayıplarını azaltıcı önlemlerin alınmasının önemi büyüktür. Tarım işletmelerinde önemli bir unsur olan konutların ısı etkilerinden

korunması; insan sağlığı, onarım giderleri, yakıt ekonomisi yönünden önemli olmaktadır.

Tarımsal yapılarda; insan sağlığı, enerji tasarrufu, hayvanlardan yüksek verim elde etmek, tarımsal ürünleri nitelik ve nicelik yönünden korumak için ısı yalıtımı yapılması zorunlu olmaktadır. Tarımsal yapılarda yapı elemanları yoluyla kaybolan ısı miktarının en az düzeyde tutulması, yapı içerisinde uygun sıcaklık değerlerini sağlamaya yardımcı olur. Bu amaçla yapı elemanlarının ısı iletimine karşı direnci yüksek, başka bir anlatımla ısı iletkenliği düşük malzemelerden oluşturulması gerekir.

Yapı malzemelerinin ısı iletkenliği; malzemenin gözeneklik derecesine, gözeneklerin büyüklük ve dağılım durumuna, malzemenin türüne, yapısına, malzeme içindeki nem miktarına ve birim hacim ağırlığına bağlı olarak değişir (Eyici, 1971; Humbaracı, 1983; Dağsöz, 1991). Ülkemizde imal edilen, özellikleri bilinen ve ısı yalıtımında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri arasında; cam yünü, sentetik köpük (plastik köpük, styropor), plastik köpük (polistiren, poliüreten köpük), perlit, mantar levhası, ahşap rende talaşı, hafif levhalar, preze edilmiş kamyş levhalar, hafif beton sayılabilir.

Yalıtım malzemelerinin, kırsal yörelerdeki tarımsal yapılarda yaygın bir şekilde kullanılmasının sağlanabilmesi için yalıtım malzemesinin yörede kolayca bulunabilmesi, zamanla çürümeyen, bozulmayan, yanıcı olmayan ve ucuz olan yalıtım malzemelerinin seçimi uygun olmaktadır.

Kırsal yörelerdeki tarımsal yapılarda işletme koşullarında kolaylıkla sağlanabilen yalıtım malzemeleri; saman, hızar talaşı, çeltik kapçığı, kamyş, sap, ot kırıntıları, kömür cürufu olmaktadır. Bu malzemelerin çimento, sönmüş kireç, alçı, asfalt, killi toprak gibi bağlayıcı maddelerle karıştırılarak yalıtım levhaları oluşturulabilir. Bu şekilde oluşturulan yalıtım malzemeleri cam yününe yakın yalıtım değerine ulaşabilmektedir.

Kırsal yörelerdeki yapılarda, kolaylıkla kullanılabilen uygun yalıtım malzemeleri, karışım oranları, boyutları, yalıtım değerleri ve ekonomik olup olmayacakları araştırmalarla saptanmalıdır. Tarımsal yapılarda ısı yalıtım kullanımının, özellikle kırsal yörelerde yaygın bir duruma getirilebilmesi için yöresel olanaklarla kolayca sağlanabilen ısı yalıtım malzemelerinin bulunması zorunludur.

Bu araştırma, tarımsal yapılarda kullanılabilen yöre olanakları ile kolayca sağlanabilecek saman, sap, ot, hızar talaşı, hızaraltı ve kömür cürufunun bazı bağlayıcılarla karıştırılarak oluşturulan ısı yalıtım malzemelerinin karışım oranları, ısı iletkenlikleri, ekonomik olup olmadıkları ve diğer bazı özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

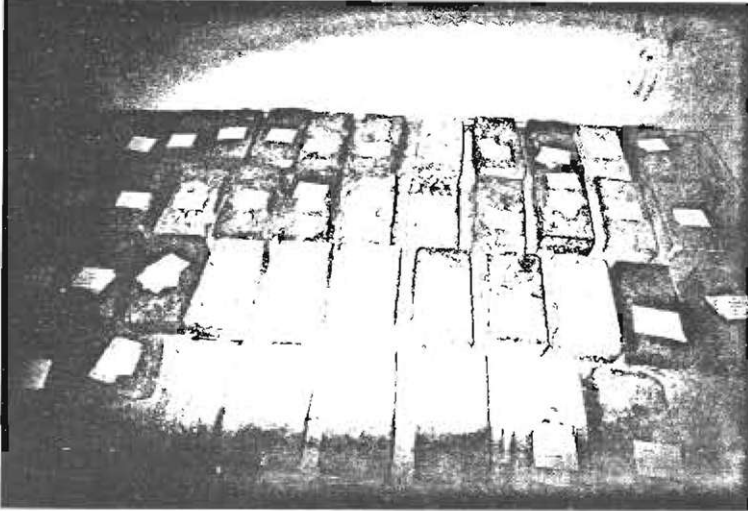
MATERYAL VE METOT

Bu bölümde araştırmaya konu olan materyal, araştırmanın yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde uygulanan yöntemler açıklanacaktır.

Materyal

Tarımsal yapılarda, yapı içi uygun sıcaklık ve sağlık koşullarını sağlamak, yakıt giderlerini azaltmak için yapı elemanlarının yeterli ve ekonomik bir şekilde yalıtılması, diğer bir anlatımla yapı elemanlarının yalıtım değerinin yükseltilmesi en uygun çözümlü olmaktadır. Bu amaçla özellikle kırsal yörelerdeki konutlar ve diğer tarımsal yapıların yalıtılmasında; yörede kolayca bulunabilen, yalıtım değeri iyi, yapıda kullanımı ve yapımı basit olan ve ucuz elde edilebilen malzemeler seçilmiştir. Bu amaçla saman, sap, ot, kömür cürufu, hızar talaşı ve hızar altının; sönmüş kireç, çimento, alçı ile değişik oranlarda ayrı ayrı karışımları hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlar yalıtım levhaları şeklinde kalıplara dökülmüştür.

Isı iletkenlikleri ile bazı fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla hazırlanan yalıtım levhaları Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Yalıtım levhaları

Figure 1. Insulation material

Metot

Tarımsal yapılarda yapı elemanlarının yalıtılması için saman, sap, ot, kömür cürufu, hızar talaşı ve hızar altının bağlayıcılar ile hacimsel olarak değişik karışım oranları hazırlanmıştır. Karışım oranlarının belirlenmesinde ölçek olarak hacmi bilinen bir kap kullanılmıştır. Yalıtım malzemelerinin 39 çeşit karışımı hazırlanmıştır. Karışımlar 20x40x10 cm ölçülerinde kalıplara dökülmüş, her kalıp üzerine 50 kg ağırlık konarak sıkıştırma yapılmıştır. Kırsal yörelerdeki halkın pres yapma olanağı kısıtlı olacağından bu yola başvurulmuştur. Kalıplardan üç gün sonra çıkarılan yalıtım levhaları laboratuvar koşulları altında kurumaya bırakılmıştır.

Karışım oranları farklı olan ısı yalıtım levhalarının ısı iletkenlikleri, birim ağırlıkları, nem içerikleri ile su emme, delinme, kesilme, taşınma, dağılma, kopma ve yapışmaya karşı durumları belirlenmiştir.

Yalıtım levhalarının ısı iletkenliklerinin belirlenmesinde geçici rejim yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem yapı malzemelerinin ısı iletkenlik katsayılarının güvenilir bir şekilde belirlenebilmesi için uygun ve uygulaması kolay bir yöntemdir. Diğer yöntemlere göre tercih edilen bu yöntemin en önemli üstünlüğü, ölçüm sırasında malzemenin nem içeriğinde bir değişiklik oluşturmadan gerçek ısı iletkenliğinin ölçülebilmesidir (Lang, 1956; Pelanne ve Bradley, 1962; Göğüş, 1969; Kakaç, 1982; Anonymous, 1985; Eroğlu ve Toksoy, 1988; Arkin ve ark., 1989).

Geçici rejim yönteminin öngördüğü deney düzeneği Göğüş (1969), Kakaç (1982), Sing ve ark (1985), Anonymous, (1987), Richards (1988), Vysnlauskas ve ark. (1988)'de verilen ilkeler doğrultusunda hazırlanmıştır. Isı iletkenliği ölçüm sisteminin şematik görünüşü Şekil 2'de verilmiştir.

Isı yalıtım levhalarının ısı iletkenliklerinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (Göğüş, 1969; Pelanne, 1978; Riha ve ark. 1980; Anonymous, 1985; Bruckler ve ark. 1987; Zuritz ve ark., 1989).

$$\lambda = \frac{I^2 R \ln t_2/t_1}{4\pi (T_2 - T_1)}$$

Eşitlikte;

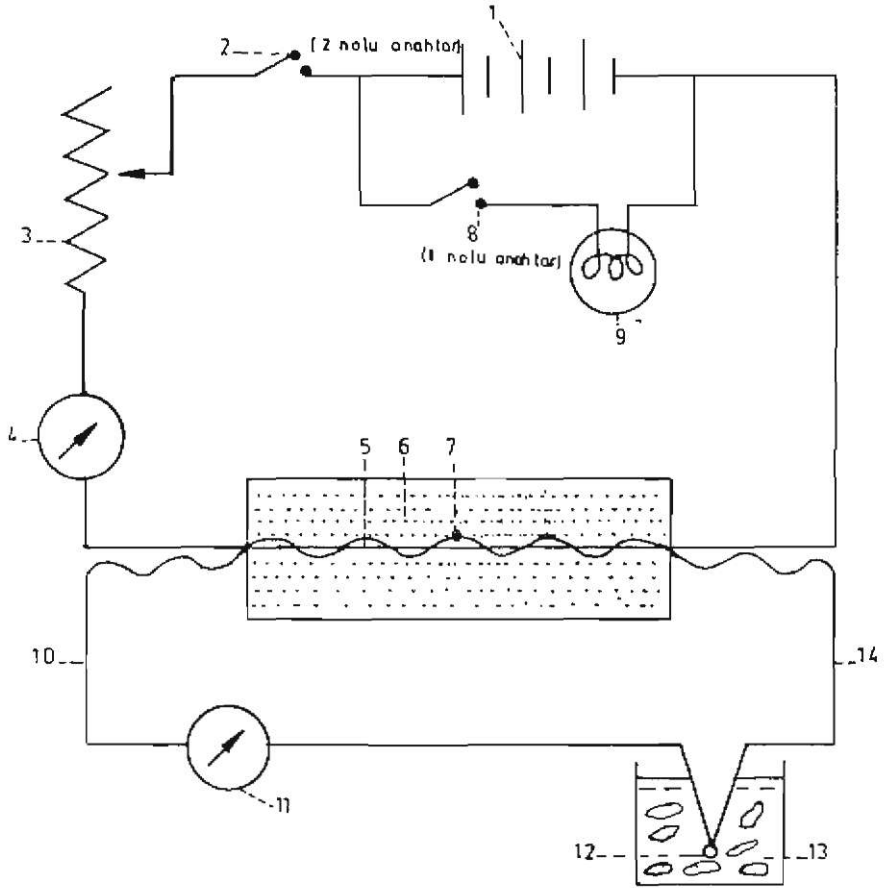
λ = Malzemenin ısı iletkenlik katsayısı (W/m °C),

I = Isıtma telinden geçen akım (A),

R = Birim uzunluktaki ısıtma telinin direnci (Ω/cm),

$t_1 - t_2$ = Isıtma teline akım verilmesinden sonra herhangi iki zaman aralığı (min),

$T_1 - T_2$ = Herhangi iki zaman aralığında ısıtma telindeki sıcaklık artışı (°C)



- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1. 12 V DC güç kaynağı | 2. Anahtar |
| 3. Reosta | 4. Ampermetre |
| 5. Direnç teli | 6. Isı yalıtım malzeme örneği |
| 7. Termoçift eleman (sıcak nokta) | 8. Anahtar |
| 9. Ampul | 10. Termoçift eleman bakır tel |
| 11. Milivoltmetre | 12. Termoçift eleman (soğuk nokta) |
| 13. Su-buz karışımı | 14. Termoçift eleman kostant tel |

Şekil 2. Isı iletkenlik ölçüm sistemi
Figure 2. Schematic representation of the thermal conductivity device

Geçici rejim yöntemiyle ısı iletkenliği ölçülecek 40x20x10 cm boyutunda iki malzeme örneği ortasına 0,1-0,2 mm çapında, 40 cm uzunluğunda, bir metresinin direnci 16,36 Ω olan krom-nikel tel yerleştirilmiştir. Örneklerin 20x40 cm büyüklüğündeki birer yüzleri oldukça düzgün yapılarak ısıtma teli bu iki yüzün arasına yerleştirilmiştir. Isıtma teline dolanmış şekilde 0,25 mm çapında bakır-costant termočift tel kullanılmıştır. Termočift telden sıcak uç denilen bir lehim yeri malzeme içindeki ısıtma teline dokunmaktadır. Soğuk uç denilen diğer lehim yeri ise buz-su karışımının içinde yüzeyden 10 cm derinlikte tutulmuştur (Şekil 2). Devreye milivoltmetre bağlanarak ısıtma telinin sıcaklığındaki değişim belirlenmiştir. Isıtma telinin sıcaklığındaki değişimin doğru bir şekilde saptanması için termočift kablo tel kalibre edilmiştir. Ölçme için önce anahtar 2 yardımıyla (Şekil 2) lamba yakılarak, 30 saniye kadar sonra anahtar 1 yardımıyla ısıtma devresi kapanmış ve deney sırasında kapalı tutulmuştur. Kapanma anından itibaren 10 dakika süre ile dakikada bir termočift kablodaki gerilim okunmuş ve sıcaklıklar belirlenmiştir. Ayrıca ısıtma telindeki akım şiddeti de ölçülmüştür.

Termočiftte oluşan gerilim yardımıyla hesaplanan sıcaklıklar, zaman eksenli logaritmik olan bir diyagram üzerine taşınmıştır. Doğrusal olarak elde edilen eğriden seçilen iki farklı zamanın (t_1, t_2) karşılığı olan sıcaklıklar (T_1, T_2) okunmuş ve ısı iletkenlikleri ilgili eşitlik yardımıyla belirlenmiştir.

Yalıtım malzemelerinin ısı iletkenliklerinin belirlenmesinde, malzemenin çok yapılı olması nedeniyle her karışımın üç ayrı örneği üzerinde yapılmış ve bunların ortalaması alınmıştır.

Yalıtım malzemelerinin maliyetlerini belirlemede Haziran-1994 piyasa fiyatları esas alınmıştır. Bir malzemenin ekonomik oluşu o malzemenin m² fiyatı ile ısı iletkenlik katsayısının çarpımı sonucu elde edilen rakamın büyüklüğü ile belirlenmektedir (Tüzemen, 1972; Kanca, 1980). Bu rakam ne kadar küçükse yalıtım malzemesi o oranda ekonomik olmaktadır. Laboratuvarında üretilen yalıtım malzemelerinin piyasada satılan bazı yalıtım malzemeleri ile karşılaştırılması da yapılmıştır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu bölümde araştırmadan elde edilen sonuçlar, sonuçların tartışılması ve konu ile ilgili önerilerde bulunulacaktır.

Yalıtım Malzemelerinin Isı İletkenlik Katsayıları ve Diğer Özellikleri

Kırsal yörelerdeki konutlarda ve diğer tarımsal yapılarda kullanılabilecek ve kırsal yörelerde bolca bulunabilen saman, sap, ot, hızar talaşı, hızar altı ve kömür cürufunun değişik oranlarda çimento, kireç, alçı kullanılarak elde edilebilecek yalıtım malzemelerinin karışım oranları, ısı iletkenlikleri, birim ağırlıkları, nem içerikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Saman, Sap, Ot, Hızartalaşı, Hızartalıtı ve Kömür Cürufunun Değişik Oranlarda Çimento, Sönmüş Kireç, Alçı Karışımlarının Isı İletkenlik, Birim Ağırlık ve Nem İçerikleri.
Table 1. Thermal Conductivity, Bulk Density and Moisture Content for the Various Treatment Combinations of the Variables.

Örnek No	Karışım	Isı iletkenlik değeri (W/m°C)	Birim ağırlığı (Kg/m ³)	Nem içeriği (%)
1	5 ölçek saman 0,5 ölçek çimento	0,081	371	5,0
2	5 ölçek saman 0,5 ölçek kireç	0,066	218	7,5
3	5 ölçek saman 0,5 ölçek alçı	0,090	360	11,9
4	5 ölçek saman 0,5 ölçek çimento 0,5 ölçek kireç	0,068	365	5,7
5	10 ölçek saman 0,5 ölçek çimento 0,5 ölçek kireç	0,055	271	5,8
6	10 ölçek saman 2 ölçek çimento	0,085	459	4,2
7	10 ölçek saman 2 ölçek kireç 1/4 ölçek çimento	0,069	384	5,5
8	10 ölçek saman 1 ölçek çimento 1/4 ölçek alçı	0,068	379	7,0
9	20 ölçek saman 0,5 ölçek çimento 0,5 ölçek kireç	0,067	232	5,1

10	20 0,5 1	ölçek saman ölçek çimento ölçek kireç	0,077	265	5,8
11	5 0,5 0,5	ölçek sap ölçek çimento ölçek kireç	0,070	415	4,7
12	10 0,5 1/4	ölçek sap ölçek çimento ölçek alçı	0,055	312	5,2
13	10 1 1	ölçek sap ölçek çimento ölçek kireç	0,074	388	4,9
14	10 2 2	ölçek sap ölçek kireç ölçek çimento	0,126	650	4,6
15	10 1,5 1,5	ölçek sap ölçek çimento ölçek kireç	0,089	580	5,5
16	10 1 1 0,5	ölçek sap ölçek çimento ölçek kireç ölçek alçı	0,106	491	7,5
17	20 0,5 0,5	ölçek sap ölçek çimento ölçek kireç	0,072	294	6,0
18	5 0,5 0,5	ölçek ot ölçek kireç ölçek çimento	0,076	442	7,7
19	5 0,5 1/4	ölçek ot ölçek kireç ölçek alçı	0,055	301	6,6
20	5 1/4 1/4 1/4	ölçek ot ölçek çimento ölçek kireç ölçek alçı	0,069	370	11,4
21	5 1,5	ölçek ot ölçek çimento	0,118	690	5,2
22	5 1 1/4	ölçek ot ölçek çimento ölçek alçı	0,094	620	5,6

23	10 0,5 1/8	ölçek ot ölçek çimento ölçek alçı	0,066	247	5,8
24	10 0,5 0,5	ölçek ot ölçek çimento ölçek kireç	0,064	266	8,4
25	10 1	ölçek ot ölçek kireç	0,058	256	17,5
26	20 0,5 0,5	ölçek ot ölçek çimento ölçek kireç	0,070	378	5,8
27	5 0,5 0,5	ölçek talaş ölçek çimento ölçek kireç	0,120	509	6,5
28	5 0,5	ölçek talaş ölçek kireç	0,071	297	5,8
29	10 2 1/4	ölçek talaş ölçek kireç ölçek çimento	0,091	434	4,2
30	20 0,5 0,5	ölçek talaş ölçek çimento ölçek kireç	0,067	318	4,8
31	5 0,5 0,5	ölçek hızaralı ölçek çimento ölçek kireç	0,103	530	6,8
32	5 0,5	ölçek hızaralı ölçek kireç	0,086	351	7,7
33	5 0,5	ölçek hızaralı ölçek alçı	0,107	368	13,5
34	5 0,5	ölçek kömür cürufu ölçek alçı	0,120	900	6,4
35	5 0,5	ölçek kömür cürufu ölçek kireç	0,105	850	5,8
36	5 0,5	ölçek kömür cürufu ölçek çimento	0,144	909	7,3
37	10 0,5 0,5	ölçek kömür cürufu ölçek kireç ölçek çimento	0,127	989	8,1

38	10	ölçek kömür cürufu	0,150	1006	9,0
	0,5	ölçek çimento			
	0,5	ölçek alçı			
39	10	ölçek kömür cürufu	0,143	905	8,4
	0,5	ölçek kireç			
	0,5	ölçek alçı			

Tablo 1'in incelenmesinden de anlaşılacağı gibi hazırlanan ısı yalıtım levhalarının ısı iletkenlikleri 0,055 W/m °C ile 0,150 W/m°C arasında değişmektedir. En düşük ısı iletkenliği, 5 nolu örnek (10 ölçek saman + 0,5 ölçek çimento + 0,5 ölçek kireç) ile 11 nolu örnekte (10 ölçek sap + 0,5 ölçek çimento + 1/4 ölçek alçı) elde edilmiştir.

En yüksek ısı iletkenliği ise 38 nolu örnekte (10 ölçek kömür cürufu + 0,5 ölçek alçı + 0,5 ölçek çimento) belirlenmiştir.

Tablo 1'de görülen yalıtım levhalarının tarımsal yapıların duvar, çatı veya tavanına kolayca yerleştirilebilmesi için değişik oranlarda bağlayıcılar kullanılmıştır. Bağlayıcı malzemelerin karışım oranlarının artırılması ısı iletkenlik değerini büyültmektedir. Ancak bazı örneklerde tersi bir durum görülmekte ise de bunun sıkıştırmadan ileri geldiği söylenebilir.

Üretilen yalıtım malzemelerinden kömür cürufu ve hızaraltı karışımı olanların ısı iletkenlikleri genellikle yüksek olmaktadır. Bu nedenle kömür cürufu ve hızaraltı ile yapılan yalıtım malzemelerinin alternatifi bulunması halinde kullanılması fazlaca önerilmemektedir. Saman, ot ve sapın Tablo 1'de görülen karışımları ile yalıtım levhaları yapılması durumunda, tarımsal yapılarda en uygun ve ekonomik bir şekilde kullanılma olasılığı bulunmaktadır. Saman, ot ve sapın bol bulunduğu yörelerde tarımsal yapıların yalıtılması amacıyla Tablo 1'de verilen karışımların kullanılması öncelikle önerilir.

Tablo 1'de verilen yalıtım levhalarının su emme durumları da belirlenmiştir. Levhalar suda 24 saat bekletilmeleri sonucunda kireç karışımı olanlarda dağılma ve gevşeme görülmüştür. Özellikle saman+kireç karışımı yalıtım levhaları dağılmıştır. Saman, sap ve ot karışımı örneklerde hacimce azalma, hızar talaşı ve hızar altı karışımı örneklerin hacimlerinde ise artış gözlenmiştir.

Tablo 1'de görülen yalıtım levhalarının birim ağırlıkları 271-1006 kg/m³ arasında değişmektedir. Isı iletkenliği küçük olan yalıtım levhalarının birim ağırlıkları, ısı iletkenliği yüksek olan yalıtım levhalarınınkine oranla daha küçük değerdedir. Nitekim ısı iletkenliği 0,055 W/m °C olan yalıtım levhalarının birim

ağırlığı 271-312 kg/m³ iken ısı iletkenliği 0,150 W/m °C olan yalıtım levhasının birim ağırlığı 1006 kg/m³ olarak belirlenmiştir.

Malzemelerin içindeki durgun havanın ısı iletkenliği çok küçüktür. Bu nedenle malzemenin gözenek miktarı arttıkça, birim ağırlığı azalır. Birim ağırlık azaldıkça, ısı iletkenliği de o oranda küçülür (Anonymous, 1971). Ancak malzemeyi oluşturan maddenin ısı iletkenliği malzeme cinsi ve yapısına bağlı olduğundan, malzemelerin ısı iletkenlikleri her zaman yalnızca onların birim ağırlıklarına bağlı olarak karşılaştırmak yetersiz kalabilir.

Hazırlanan örneklerin ısı iletkenliğini ölçüm sırasında içerdiği nem miktarları da saptanmıştır (Tablo 1). Örneklerin nem içerikleri % 4,2- % 17,5 arasında değişmektedir. Örneklerde bazı benzer karışımların nem oranları ve ısı iletkenlikleri önemli farklılıklar göstermektedir.

Genellikle düzenli dağılmış, çok küçük hava gözenekleri olan bir yapı malzemesinin ısı iletkenliği, düzensiz dağılmış büyük gözenekli bir malzemeye göre daha azdır. Ancak bazı durumlarda küçük gözeneklerin uygun olmayan dağılımı ve birbiriyle bağlantılı olması kılcal emme olayını yaratarak malzemenin nem içeriğinin yükselmesine yol açabileceği söylenebilir (Anonymous, 1971, Özer, 1982).

Benzer karışimli örneklerin ısı iletkenliklerinin farklı olmasının nedenleri arasında; malzemenin gözeneklik derecesi, gözeneklerini büyüklük ve dağılım durumu, malzemenin içerdiği nem miktarı farklı oluşundan kaynaklandığı söylenebilir.

Yalıtım levhalarının basınç dayanıklılığı, kesilme, delinme, taşınma, yanma yerleştirme, yapışma özellikleri de incelenmiştir.

Üretilen levhalardan kireç karışimli olanların taşınma ve yerleştirme sırasında dağılma olasılığı bulunmaktadır. Talaş + kireç karışimli örneklerde taşınma sırasında kopma olmuştur. Alçı karışimli örneklerin tümü oldukça sağlam ve basınca dayanıklı olmaktadır. Saman + kireç + çimento + alçı karışimli olanlar ile ot ve sap karışimli örnekler darbe ile dağılmamışlardır. Bu örnekler testere ile düzgün bir şekilde kesilmiş ve matkapla delik açılmıştır. Söz konusu işlemler sırasında örneklerde dağılma görülmemiştir. Diğer örneklerde ise kısmen dağılma görülmüştür.

Hızartalaşı, hızazaltı, saman, sap ve otun bağlayıcılar karıştırılmadan kullanılmaları durumunda yanma tehlikesi bulunmaktadır. Söz konusu malzemelerin bağlayıcılarla karışımlarının yanma olasılığı oldukça azalmaktadır. Ayrıca küflenme, böceklerin barınması, çürüme, kokma, bozulma gibi tehlikeler de ortadan kalkmakta uzun ömürlü olarak kullanılma olanağı sağlanmaktadır.

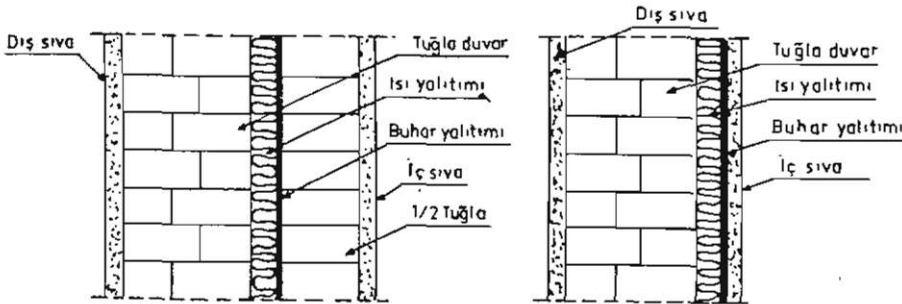
Yalıtım levhalarının pratik olarak yapılması ve kullanılmasının belirlenmesi amacıyla Tablo 1'de görülen karışımlardan 50x50x5 cm boyutlarda levhaları da hazırlanmıştır. Bu levhalarda genellikle kırılma olmamakta duvar ve çatı yüzeylerine yapıştırılmaları kolayca olabilmektedir. Yalıtım levhalarının kalınlıkları 5 cm olduğu gibi daha fazla kalınlıklarda da dökülebilir. Levhaların duvara yapıştırılmalarında çimento harcı kullanılması önerilir. Duvara yapıştırılan levhalar üzerine çimento takviyeli kireç harcı ile sıva yapılması uygun görülmektedir.

Yalıtım Levhalarının Duvar ve Çatıda Kullanımı

Yapıların planlanmasında, yapıyı oluşturacak malzeme seçiminin önemi büyüktür. Bina içini istenilen sıcaklıklarda tutabilmek için yapılacak ısıtma giderleri öncelikle göz önünde bulundurulmalı ve ısı kaybını azaltıcı önlemler alınmalıdır. Bu da yapıdan dışa kaybolacak ısı miktarını azaltmakla mümkün olabilir. Bir yapıda ısı yalıtımı için alınabilecek birçok önlem olduğu halde, bunlardan en kolay ve en etkili olanları çatı ve duvarın yalıtılmasıdır.

Tarımsal yapılarda duvar, çatı veya tavanın yalıtılması, bu yapı elamanlarının ısı geçirgenlik direncini artırmak, ısı kaybını azaltmak, yakıttan tasarruf etmek ve sağlıklı bir ortam oluşturmak amacıyla yapılır.

Duvarların yalıtım levhalarıyla yalıtılması birkaç şekilde yapılabilir ise de tarımsal yapılarda Şekil 3'de gösterildiği şekilde uygulanması önerilir.



Şekil 3. Duvarların yalıtılması

Figure 3. Installation of insulation and vapour barrier on wall

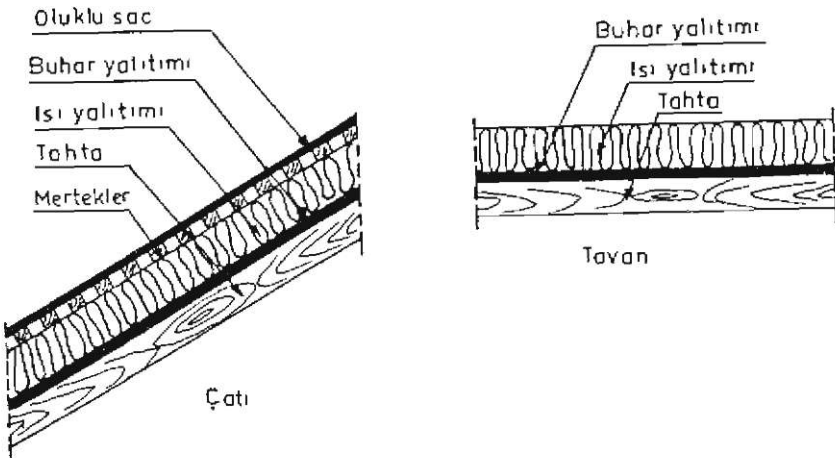
Duvar yapı malzemesi olarak taş, biriket, dolu ve delikli tuğla kullanılmaktadır. Ülkemizin birçok yöresinde tarımsal yapılarda duvarlar 50 cm kalınlıkta taştan yapılmaktadır. Isı iletkenliği oldukça yüksek olan taş duvarla örülmüş yapılarda yapı içi sıcaklığı, özellikle soğuk bölgelerde, istenilen düzeylerde tutulamamakta yakıt giderleri oldukça fazla olmaktadır. Bu nedenle taş duvarlarda yapı içine doğru yüzeyi yalıtım levhası ile kaplanmalı veya yarım tuğla veya yarım biriket duvar örülerek arada bırakılacak boşluğa yalıtım levhalarının biri konmalıdır (Şekil 3). Yalıtım malzemesi olarak Tablo 1'de görülenlerden uygun olanı önerilir.

Beton biriket duvarlarla yapılan yapılarda da ısı ekonomisi yönünden sorunlar çıkmaktadır (Kanca, 1977). Biriketten duvar yapılması halinde yalıtım levhaları duvarın yapı içine doğru yüzeyine yapıştırılabileceği gibi bir tam bir yarım biriket duvar örülerek boşluğa yalıtım malzemeleri doldurulmalıdır.

Tuğla duvarlardan, olanaklar ölçüsünde, ısı yalıtım yönünden delikli tuğlalar tercih edilir. Tuğla duvarlarda da yalıtım benzer şekilde yapılmalıdır.

Çatının yalıtılmasında yalıtım levhalarından biri (Tablo 1) kullanılabilir. Tavanda ise yalıtım levhası veya katışımlardan herhangi biri serilerek sıkıştırılabilir.

Tarımsal yapılarda çatı veya tavanın yalıtılmasının Şekil 4'te görüldüğü gibi yapılması önerilir.



Şekil 4. Çatı veya tavan yalıtılması.

Figure 4. Installation of insulation and vapour barrier on roof.

Özellikle kışın yapı içi ve dışı arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle sıcak taraftan soğuk tarafa doğru sürekli olarak buhar iletimi söz konusu olmaktadır. Yalıtım malzemesi içerisine giren nem, yalıtım malzemesinin yalıtım özelliğini bozduğundan,

buharın yoğunlaşma noktasına erişmeden buhar kesicilerle tutulması gerekir (Humaracı, 1980, 1984; Özer, 1982). Bu nedenle yapı elemanlarında, yalıtım sağlanırken, ısı yalıtım malzemelerinin yapı içine bakan yüzeyine buhar perdelerinin yerleştirilmesi gerekir.

Üretilen yalıtım levhalarının 10 cm kalınlık için maliyetleri de saptanarak Tablo 2'de verilmiştir. Maliyetlerin hesaplanmasında işçilik ve kalıp giderleri de göz önünde bulundurulmuştur. Tablo 2'de malzemenin ekonomikliğinin belirlenmesinde ölçüt olarak kullanılan malzemenin ısı iletkenliği ile maliyet fiyatının çarpımında gösterilmiştir.

Üretilen yalıtım levhalarının, yalıtım durumlarının daha iyi anlaşılabilmesi için, 1 cm cam yünü kalınlığına eşdeğer kalınlıkları hesaplanarak aynı tabloda gösterilmiştir.

Tablo 2. Yalıtım Levhalarının Maliyetleri, Isı İletkenlikleri ile Maliyet Çarpımı ve 1 cm Cam Yününe Eşdeğer Kalınlıkları
Table 2. Cost of Insulation Material.

Örnek No	Karışım	Maliyeti TL/m ²	Isı iletkenlik değeri (W/m ² °C)	$\lambda \times TL/m^2$	1 cm cam yününe eşdeğer kalınlık (cm)
1	5 ölçek saman 0,5 ölçek çimento	60900	0,081	4933 ^x	2,0
2	5 ölçek saman 0,5 ölçek kireç	46200	0,066	3049,2 ^x	1,6
3	5 ölçek saman 0,5 ölçek alçı	110800	0,090	9972	2,2
4	5 ölçek saman 0,5 ölçek çimento 0,5 ölçek kireç	78300	0,068	5322,4 ^x	1,7
5	10 ölçek saman 0,5 ölçek çimento 0,5 ölçek kireç	53550	0,055	2945,3 ^x	1,4
6	10 ölçek saman 2 ölçek çimento	93000	0,085	7905	2,1
7	10 ölçek saman 2 ölçek kireç 1/4 ölçek çimento	71700	0,069	4947,3 ^x	1,7
8	10 ölçek saman 1 ölçek çimento 1/4 ölçek alçı	80650	0,068	5484,2 ^x	1,7

9	20	ölçek saman				
	0,5	ölçek çimento	41250	0,067	2763,8 ^x	1,6
	0,5	ölçek kireç				
10	20	ölçek saman				
	0,5	ölçek çimento	45600	0,077	3192 ^x	1,9
	1	ölçek kireç				
11	5	ölçek sap				
	0,5	ölçek çimento	68718	0,070	4810 ^x	1,7
	0,5	ölçek kireç				
12	10	ölçek sap				
	0,5	ölçek çimento	75510	0,055	4153 ^x	1,5
	1/4	ölçek alçı				
13	10	ölçek sap				
	1	ölçek çimento	70310	0,074	5202,9 ^x	1,8
	1	ölçek kireç				
14	10	ölçek sap				
	2	ölçek kireç	120560	0,126	15190	3,1
	2	ölçek çimento				
15	10	ölçek sap				
	1,5	ölçek çimento	96110	0,089	8553	2,2
	1,5	ölçek kireç				
16	10	ölçek sap				
	1	ölçek çimento	111310	0,106	11800	2,6
	1	ölçek kireç				
	0,5	ölçek alçı				
17	20	ölçek sap				
	0,5	ölçek çimento	52790	0,072	3800 ^x	1,8
	0,5	ölçek kireç				
18	5	ölçek ot				
	0,5	ölçek kireç	77700	0,076	5905 ^x	1,9
	0,5	ölçek çimento				
19	5	ölçek ot				
	0,5	ölçek kireç	86600	0,055	4763 ^x	1,4
	1/4	ölçek alçı				
20	5	ölçek ot				
	1/4	ölçek çimento	93800	0,069	6472 ^x	1,7
	1/4	ölçek kireç				
	1/4	ölçek alçı				
21	5	ölçek ot	124650	0,118	14708,7	2,9
	1,5	ölçek çimento				

22	5 1 1/4	ölçek ot ölçek çimento ölçek alçı	131900	0,094	12398,6	2,3
23	10 0,5 1/8	ölçek ot ölçek çimento ölçek alçı	54250	0,066	3580,5x	1,6
24	10 0,5 0,5	ölçek ot ölçek çimento ölçek kireç	52950	0,064	3388,8x	1,6
25	10 1	ölçek ot ölçek kireç	60000	0,058	3480x	1,4
26	20 0,5 0,5	ölçek ot ölçek çimento ölçek kireç	66000	0,070	4620x	1,7
27	5 0,5 0,5	ölçek talaş ölçek çimento ölçek kireç	94500	0,12	11340	3,0
28	5 0,5	ölçek talaş ölçek kireç	62400	0,071	4430,4	1,7
29	10 2 1/4	ölçek talaş ölçek kireç ölçek çimento	87900	0,091	8000	2,2
30	20 0,5 0,5	ölçek talaş ölçek çimento ölçek kireç	45600	0,067	3055,2x	1,9
31	5 0,5 0,5	ölçek hızaraltı ölçek çimento ölçek kireç	62400	0,103	8703	2,5
32	5 0,5	ölçek hızaraltı ölçek kireç	52400	0,086	4510x	2,1
33	5 0,5	ölçek hızaraltı ölçek alçı	117000	0,107	12512	2,6
34	5 0,5	ölçek kömür cürufu ölçek alçı	121875	0,120	14625	3
35	5 0,5	ölçek kömür cürufu ölçek kireç	57437	0,105	6030x	2,6
36	5 0,5	ölçek kömür cürufu ölçek çimento	72062	0,144	10377	3,5

37	10	ölçek kömür cürufu				
	0,5	ölçek kireç	64752	0,127	8003	3,1
	0,5	ölçek çimento				
38	10	ölçek kömür cürufu				
	0,5	ölçek çimento	97015	0,150	14552	3,7
	0,5	ölçek alçı				
38	10	ölçek kömür cürufu				
	0,5	ölçek kireç	89375	0,143	12780	3,5
	0,5	ölçek alçı				

Tablo 2'de görüldüğü gibi üretilen yalıtım levhalarının m² fiyatları 45600 TL - 131900 TL arasında değişmektedir. Sözkonusu yalıtım malzemelerinin maliyet yönünden karşılaştırılmasında ölçüt olarak kullanılan, yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik değeri ile maliyet fiyatının çarpımı sonucu elde edilen rakamlar da Tablo 2'de verilmiştir. Bu değerler 2763,8-15190 arasında değişmektedir. Tarımsal yapılarda yalıtım malzemesi olarak kullanılan cam yünü ve polistiren köpüğün m² fiyatları ve bu fiyatların ısı iletkenlik değerleri ile çarpımı sonucu elde edilen rakamlar ise cam yününde 7326,9, polistiren köpükte de 6512,8 olmaktadır. Buna göre üretilen yalıtım levhalarından Tablo 2'de x işaretli olanlar cam yünü ve polistiren köpüğe göre daha ekonomik, diğer karışımlar ise ekonomik olmamaktadır. Ayrıca malzemenin bol ve kolayca bulunabilme üstünlüğü de düşünüldüğünde Tablo 2'de x işareti ile gösterilen yalıtım levhalarının tarımsal yapıların duvar, tavan ve çatıların yalıtılmasında kullanılması önerilir.

Tablo 2'de görüldüğü gibi tarımsal yapıların yalıtılmasında, 1 cm cm yünü yerine cam yününden biraz kalın olabilen yalıtım levhalarının daha ekonomik olarak kullanılabilme olasılığı bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 1971. İzocam, İzocam Ticaret ve Sanayi A.Ş., İstanbul.
- Anonymous, 1985. ASHRAE Handbook, Fundamentals. ASHRAE, Inc. Atlanta, Ga.
- Anonymous, 1987. Seramik Malzemeler- Isı İletkenliği Kızgın Tel Metodu ile Tayini, Türk Standartları, TS 4360, Ankara.
- Arkin, H., K.R. Hulmes, M.M. Chen, 1989. A Technique for Measuring the Thermal Conductivity and Evaluating the "Apparent Conductivity, Concept in Biomaterials, Transactions of the ASME, 111 : 276-282.

- Bruckler, L; P. Renault, F. Aries, 1987. Laboratory Estimation of Apparent Soil Thermal Conductivity Using a Numerical Approach, *Soil Science*, 143 (6) : 387-397.
- Dağsöz, A.K., 1991. Yapılarda Isı Yalıtımı ve Buhar Geçişi. Emre Matbaacılık, İstanbul.
- Eroğlu, M.N; M. Toksoy, 1988. Endüstriyel Malzemelerin Isı İletim Katsayıları. *Mühendis ve Makina*, 347 (29) : 12-15.
- Eyici, S., 1971. Isı Ekonomisi. Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Göğüş, Y., 1969. Isı İletkenlik ve Yayınım Katsayılarının Kolaylıkla Ölçülmesi. *Mühendis ve Makina*, 12 (143) : 399-401.
- Humbaracı, İ., 1980. Kışın Nasıl Ucuz Isınalım, İstanbul.
- Humbaracı, İ., 1981. Yapıların Isı Ekonomisine Uygun Projelendirilmesi, Yılmaz Ofset Basımevi, İstanbul.
- Humbaracı, İ., 1983. Isıtma-Havalandırma-Güneş Enerjisi, Hankur Matbaacılık, İstanbul.
- Kakaç, S., 1982. Isı Transferine Giriş. 1. Cilt Isı İletimi, O.D.T.Ü. Mühendislik Fakültesi, Yayın No 52, Ankara.
- Kanca, C.A., 1977. İnsan Sağlığı ve Az Yakıtle Isınabilmek İçin Yapılarda Uygulanacak Yeni Buluş ve Esaslar. Orman Harita ve Fotogrametri Müdürlüğü, Ankara.
- Kanca, C.A., 1980. Yapılarda Isı Yalıtımı, Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Sıra No : 649, Ankara.
- Lang, D.L., 1956. A Quick Thermal Conductivity Test on Insulating Materials, *ASTM Bull. No. 216*; 58-69.
- Özer, M., 1982. Yapılarda Isı-Su Yalıtımları, Özer Yayınları 1: 3, İstanbul.
- Pelanne, C.M., C.B. Bradley, 1962. A. Rapid Heat Flow Meter Thermal Conductivity Apparatus, *Materials Research and Standarts* 2; 549-558.
- Pelanne, C.M., 1978. Does the Insulation Have a Thermal Conductivity ? *Thermal Transmission Measurements of Insulation, ASTM STP 660 R.P. Tye Ed* : 60-70.
- Richards, J.D., 1988. Transient Method for Measuring Thermal Conductivity, *IEEE Electrical Insulation Magazine* 4 (1) : 23-22.
- Riha, S.J; K.J. Melness, S.W. Childs, G.S. Gambell, 1980. A Finite Element Calculation for Determining Thermal Conductivity, *Soil Science Society of America Journal*, 44 : 1323-1325.

- Sing, R; N.S. Saxena, D.R. Chaudhary, 1985. Simultaneous Measurement of Thermal Conductivity and Thermal Diffusivity of Some Building Materials Using the Transient Hot Strip Method. *J. Phys. D : Appl. Phys.*, 18 : 1-8.
- Tüzemen, T., 1972. Yapı Bileşenlerinin, Isıtma Giderleri Yönünden Yapım-Kullanma Maliyetlerine Bağlı Olarak Seçimi ve Boyutlandırılması, TÜBİTAK Yapı Araştırma Enstitüsü, Yayın No : 2, Ankara.
- Vysniauskas, V.V; A.A. Zikas, A.B. Zalauskas, 1988. Determination of the Thermal Conductivity of Ceramics by the Hot Wire Technique, *Heat Transfer -Soviet Research*, 20 (1) : 137-142.
- Zuritz, C.A; S.K. Sastry, E.G. Murakami, J.L. Blaisdell, 1989. A Modified Fitch Device for Measuring the Thermal Conductivity of Small Food Particles, *Transactions of the ASAE*, 32 (2) : 711-717.