



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

VAKUM YALITIM PANELLERİNİN BUZDOLAPLARINDA KULLANIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ

**HİLMİ CENK BAYRAKÇI
METİN DAVRAZ
ALİ EKREM AKDAĞ
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ**

VAKUM YALITIM PANELLERİNİN BUZDOLAPLARINDA KULLANIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ

Hilmi Cenk BAYRAKÇI
Metin DAVRAZ
Ali Ekrem AKDAĞ

ÖZET

Isı yalıtımı soğutucularda dış ortam ısısının kabin dışında tutulması için gereklidir. Isı yalıtım hattının kalınlığı, malzemelerin cinsine ve soğutmanın uygulanacağı sıcaklığa göre değişmektedir. Çok çeşitli malzemeler kullanılmakla beraber, kabinlerde en çok kullanılan ısı yalıtım malzemeleri poliüretan ve cam yünüdür.

Enerji verimliliğinin öneminin artmasıyla, birçok sistemde olduğu gibi soğutma cihazlarında, özellikle buzdolaplarında daha iyi ısı yalıtımı sağlayan alternatif yalıtım malzemelerinin kullanılması şart olmuştur. Bu malzemelerden biri de vakum yalıtım panelleridir. Vakum yalıtım panelleri (VYP), ısı yalıtım özellikleri açısından bilinen ısı yalıtım malzemelerine göre çok daha yüksek performanslı yalıtım malzemeleridir. Konvansiyonel yalıtım malzemelerine ($\lambda_{maks} = 40$ mW/m.K [miliWatt/metre Kelvin]) göre 10 kata ulaşan ısı yalıtımı VYP'leri ($\lambda_{maks} = 4$ mW/m.K) ile sağlanabilmektedir. VYP'ler, gözenekli yapıdaki bir iç dolgu malzemesinin (çekirdek) karakterine bağlı olarak, gaz giderici malzeme kullanılarak ya da tek başına bir dış zarfın içine konularak vakumlanması ve sızdırmazlığı sağlanarak atmosfere kapatılması ile oluşturulur.

Bu çalışmada, standart olarak üretilmiş ve kapaklarına VYP uygulanmış aynı model iki ayrı buzdolabı üzerinde enerji testleri yapılmış ve her iki buzdolabının test sonuçlarının nasıl değiştiği ve enerji verimliliğindeki artış deneysel olarak incelenmiştir. Her iki buzdolabının test sonuçlarına bakıldığında VYP uygulamasının, enerji verimliliği açısından olumlu katkısı olduğu açıkça görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Vakum Yalıtım Paneli, enerji verimliliği, ısı yalıtımı

ABSTRACT

Thermal insulation is required for the keep external environment temperature outside of the cabin at coolers. Thickness of the thermal insulation line depends on type of materials temperature of the cooling appliance. Although a wide variety of materials used, polyurethane and glass wool are commonly used thermal insulation materials at cabins.

With the increasing importance of energy efficiency, use of alternative insulation materials which provide better thermal insulation, have become necessary at cooling devices like the other systems. One of these materials is vacuum insulation panels. Vacuum insulation panels (VIP) have higher performance insulation materials then the known thermal insulation materials in the terms of thermal insulation properties. VIPs can provide reached 10 times more thermal insulation ($\lambda_{max} = 4$ mW/m.K) according to conventional insulation materials ($\lambda_{max} = 40$ mW/m.K). According to characteristics of inner filling material (core), VIPs are generated by using getters or putting in an outer envelope with vacuum and closing to atmosphere to provide impermeability.

In this study, energy tests made on two refrigerator (one of them is standard and one of them is VIP applied) and increasing of energy efficiencies and variance of results were determined experimentally. When we look at the test results of both fridges, it was seen obviously VIP application was made a positive contribution in terms of energy efficiency.

Key Words: Vacuum Insulation Panel, Energy efficiency, thermal insulation.

1.GİRİŞ

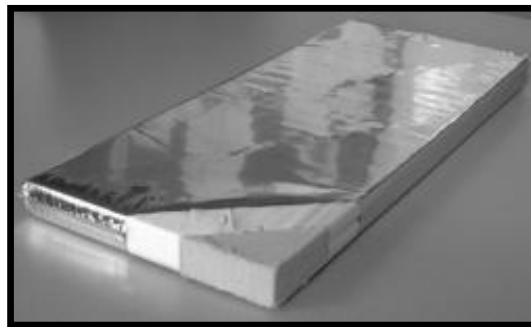
Günümüzde (özellikle fosil) enerji kaynaklarının giderek tükenmesine karşılık, enerji ihtiyacı katlanarak artmakta ve enerji birim fiyatları hızla yükselmektedir. Bu durum kaynakları kısıtlı pek çok ülkede enerjinin verimli kullanılmasına yönelik yeni arayışlara yol açmaktadır.

Vakum yalıtım panelleri ısı yalıtım özellikleri açısından konvansiyonel yalıtım malzemelerine göre çok daha yüksek performanslı yalıtım malzemeleridir. Konvansiyonel yalıtım malzemelerine kıyasla on kata ulaşan ısı yalıtımı vakum yalıtım panelleri ile sağlanabilmektedir. Vakumlu yalıtım malzemeleri bir iç dolgu malzemesi, bir gaz giderici ve geçirimsiz bariyerden oluşmaktadır. İç dolgu malzemesi olarak fumed silika, çökeltilmiş silika, aerojel gibi toz esaslı malzemeler kullanılabileceği gibi, açık hücreli poliüretan veya açık hücreli polistren gibi köpük esaslı malzemeler de kullanılabilir.

Vakum yalıtım panelleri son zamanlarda soğutma sektöründe, özellikle beyaz eşya grubunda yalıtım amaçlı olarak tercih edilmeye başlanmıştır. Enerji bazlı sektörlerde olduğu gibi, bu sektörde de enerji sınıflarının önem kazanması, nihai kullanıcının alacağı ürünün enerji sınıfına bakarak karar vermeye başlaması, teknolojik gelişmelerle beraber süper yalıtımlara da yönelmeye başlanmıştır. A sınıfı ya da A+ sınıfına sahip soğutucular, bu ürünlerin kullanımıyla bir üst sınıfa yani A++'a terfi etmişlerdir.

2. VAKUM YALITIM PANELLERİ

Vakum yalıtım panelleri (VYP), ısı yalıtım özellikleri açısından bilinen ısı yalıtım malzemelerine göre çok daha yüksek performanslı yalıtım malzemeleridir. Konvansiyonel yalıtım malzemelerine ($\lambda_{maks} = 40$ mW/m.K [miliWatt/metre Kelvin]) göre 10 kata ulaşan ısı yalıtımı VYP'leri ($\lambda_{maks} = 4$ mW/m.K) ile sağlanabilmektedir. VYP'ler, gözenekli yapıdaki bir iç dolgu malzemesinin (çekirdek) karakterine bağlı olarak, gaz giderici malzeme kullanılarak ya da tek başına bir dış zarfın içine konularak vakumlanması ve sızdırmazlığı sağlanarak atmosfere kapatılması ile oluşturulur (Şekil 1) [1,2].



Şekil 1. Vakum yalıtım panelinde çekirdek, iç zarf ve dış zarfın görünümü[2]

Bu panellerin üretimini basit olarak açık gözenek yapısındaki bir destek (çekirdek) malzemesinin vakumlanması ve sızdırmazlığı sağlanarak hava almayacak biçimde ambalajlanmasına dayandırmak mümkündür. Vakumlu yalıtım panellerinin üretiminde değişik alternatif malzemeler mevcuttur. Üç ana

grupta incelenen bu alternatif malzemeler Tablo 1’de verilmiştir [3]. VYP’lerinin ısı yalıtım kapasitesi konvansiyonel yalıtım malzemelerinden birkaç (maksimum 10) kez daha yüksektir. Bu durum uygulama kalınlığı açısından da büyük bir avantaj sağlarken, kullanım alanını da oldukça genişletmektedir. Paneller özellikle enerji talebinin ve maliyetinin yüksek olduğu yerlerde yararlıdır.

Tablo1. VYP üretiminde kullanılan alternatif malzemeler [3]

VAKUMLU YALITIM MALZEMELERİNİN BİLEŞENLERİ	
Çekirdek Malzemesi	Aerojel
	Açık hücreli poliüretan
	Geri dönüşümü yapılmış üretan
	Açık hücreli ekstrude edilmiş polistren
	Fiberglas
	Toz malzemeler
Dış Zarf	Plastik
	Paslanmaz çelik
	Alüminyum içeren çok katmanlı filmler
Gaz Gidericiler	Zeolit
	Karbon tozu
	Desikant
	Kimyasal gaz gidericiler

Bu çalışmada vakum yalıtım panellerinin üretimi için, hazırlanan reçeteye göre toz malzeme, elyaf malzeme ve opaklaştırıcı bir mikser sisteminde belirli oranlarda karıştırılarak çekirdek malzeme hazırlanmıştır. Daha sonra karışım halinde hazırlanan toz malzeme bir preste belirli bir basınç kuvveti altında 30x30x3 cm’lik levha halinde sıkıştırılmıştır. Daha sonra ise üzerine dış zarf geçirilerek 0.1 mbar değerine kadar vakumlanmıştır.

2.1. Buzdolapları ve Enerji Verimliliği

Enerjinin verimli kullanılıp kullanılmadığını gösteren en önemli ölçüt, gayri safi milli hâsıla başına tüketilen enerji miktarı olarak tarif edilen “Enerji Yoğunluğu”dur. Verimlilik seviyesi "Enerji verimlilik İndeksi" olarak tanımlanan bir kavramla da tanımlanmaktadır. Enerji tasarrufu yapan cihazların verimlilik indeksi küçükken, fazla enerji tüketenlerde bu değer büyümektedir.

Enerji verimliliğinde Türkiye dünya ortalamasının bile altındadır ve bir dolarlık katma değer üretebilmek için;

- OECD ülkelerinin 2 katı ve (0.19 vs 0.38 TEP/\$)
- Japonya'nın 4 katı enerji harcamaktadır.

Bu da firmaların kârlılığını ve rekabet edebilirliğini olumsuz yönde etkilemekte ve ülkenin enerjide dışa bağımlılığını pekiştirmektedir.

Artan enerji maliyeti, artan sera gazları salınımı ve enerjide dışa bağımlılıkla en etkin mücadelenin yolu, enerji verimliliğinin artırılması ve dolayısı ile enerji yoğunluğunun düşürülmesidir. Enerji enstitüsüne göre tüm Türkiye’deki buzdolaplarının A+++ tasarruflu buzdolapları ile değiştirilmesinin yılda 2 tane Keban anlamına geleceğini vurgulanmaktadır [4].

Türkiye’de yıllık 20 milyon adet beyaz eşya üretilmekte, bunun 14 milyonunun ihraç edilmekte, 6 milyonunun da yurtiçinde satılmaktadır. Sektörün yıllık cirosu 3 milyar dolardır (2012 rakamlarıyla). Türkiye’de tüketilen elektriğin yüzde 24’ünün konutlarda tüketilmekte; konutlardaki tüketimin yarısı da beyaz eşyadan kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla konutlarda kullanılan yıllık 55 milyar kWh elektriğin, 28 milyar kWh’inin beyaz eşyalar tarafından tüketilmektedir. En önemlisi de bu tüketimin yüzde 60’ı yani 17 milyar kWh’ini buzdolapları oluşturmaktadır [4].

15 yıl önce satılan buzdolaplarının B, C, D sınıfı olup; C sınıfı bir buzdolabının ise yıllık 840 kWh elektrik tüketmektedir. Oysa şimdi A+++ sınıfı bir buzdolabının sadece 193 kWh elektrik tüketmektedir. Evlerde 24 milyon adet buzdolabı çalışmaktadır ve bunların 15 milyonu C tipidir. Eğer bunlar A sınıfı ile değiştirilebilirse yıllık 6 milyar kWh enerji tasarrufu mümkün olmaktadır. Bu miktar Keban Barajının ürettiği yıllık elektriğe eş değerdir, bu dolapların A+++ ile değiştirilmesi ise 2 tane Keban anlamına gelmektedir [4].

Aynı hacimde ve kapasitede A+ ve de A+++ buzdolapları ele alındığında, A+ buzdolabı için ortalama tüketim 0,91 kWh/24 saat iken A+++ buzdolabı için bu tüketim 0,35~0,40 kWh/24 saat olmaktadır. Bu durumda günlük ortalama tasarruf (0,91- 0,40) kWh *24 saat = 12,24 kWh olmaktadır. Yıllık tasarruf ise bir buzdolabı için 12,24*365 = 4467,6 kWh olmaktadır. Elektriğin kWh'ı Ekim 2013 tarifesine göre ortalama 27 kuruştan hesaplanırsa, bu da bir konut için yıllık yaklaşık 1200 TL'lik bir kar demektir [5]. Tüm bunlara bakılarak buzdolaplarının enerji verimliliğinin artırılması için kompresör ve otomatik kontrol-elektronik teknolojisi ile beraber, ısı yalıtkanlığının da geliştirilmesi gerekmektedir. İşte bu noktada, alternatif yalıtım malzemeleri devreye girmekte ve ısı transferinin azaltılarak enerji verimliliğinin artırılması hedeflenmektedir.

6.2. Vakum Yalıtım Panelleri ve Enerji Testleri

Buzdolapları için enerji tüketimi deneyleri TS EN ISO 15502 standardına göre yapılmaktadır. Bu deneyin amacı, belirtilen şartlar altında soğutma cihazlarının enerji tüketimini ölçmektir.

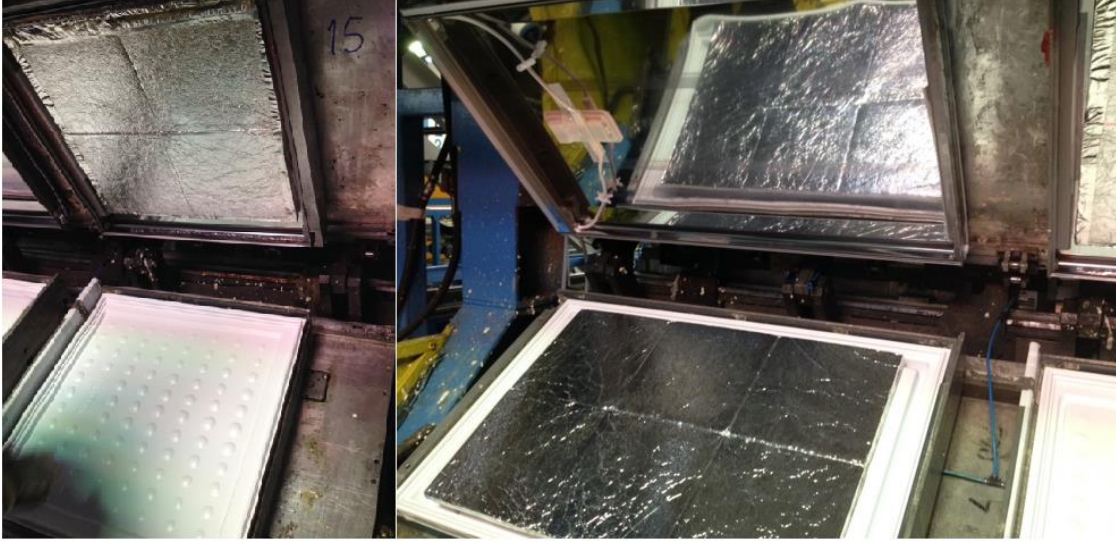
6.2.1. Deneyin Yapılışı

Soğutma cihazı, standartta belirtildiği üzere bir deney odası içerisine kurulur. Buharlaştırıcıdaki/buharlaştırıcıdaki (yani evaporatör üzerindeki) buzlar eritilmeli ve soğutma duvarının iç duvarları ve bileşenleri kurulanmalıdır. Erişim düzenleri (kapılar ve kapaklar) deney süresince kapalı tutulmalıdır. Soğutma cihazı hizmet sırasında olduğu gibi, imalatçının talimatlarına uygun olarak kurulmalıdır. Buz tepsileri de dâhil olmak üzere, soğutma cihazı ile verilen bütün iç bağlantı elemanları yerlerine yerleştirilmelidir. Ancak, buz tepsilerini yerleştirmek için özel alt bölümleri bulunmayan gıda dondurma bölümü veya dolabı veya dondurulmuş gıda dondurma bölümü veya dolabının olması durumunda, buz tepsileri çıkarılmalıdır [6].

6.2.2. Enerji Tüketiminin Tayin Edilmesi

Enerji tüketimi, hedef sıcaklıklarında bir deney ile veya iki deney sonucunun enterpolasyonu ile tayin edilmelidir. Bu çalışma kapsamında üretilen Vakum Yalıtım Panelleri buzdolaplarına uygulanmış ve standart üretilen normal bir buzdolabı ile Vakum Yalıtım Paneli uygulanmış bir buzdolabının enerji testleri yapılarak, karşılaştırılmıştır.

Burada, en uygun opaklaştırıcı ve de en yüksek yalıtım performansına sahip VYP prototipi bir buzdolabı için yeter sayıda üretilerek, bunlar vakumlanarak buzdolaplarına uygulanmış ve enerji testleri yapılmıştır. Üretilen VYP örnekleri öncelikle bir buzdolabının kapak kısmına uygulanmıştır. Buzdolabının tamamına uygulanamamasının sebebi, imalattaki zorluklar ve seri üretim bandına müdahale etmekteki problemlerdir. Şekil 2'de vakumlanmış panellerin, standart üretilmiş ancak kapakları takılmamış bir buzdolabına uygulandığı görülmektedir.



Şekil 2. VYP'lerinin buzdolabı kapağına uygulanması

Buzdolabı kapaklarına VYP paneli uygulandıktan sonra, standart olarak üretilmiş ve VYP uygulanmış aynı tip ve model iki ayrı buzdolabı (No-frost) test edilmiş ve ölçümleri yapılmıştır.

Enerji testleri ve ölçümleri TS EN ISO 15502-2007'ye göre geliştirilen bir yazılımla takip edilmiştir. Şekil 3 ve 4'de enerji testleri sırasında VYP uygulanmış ve uygulanmamış buzdolaplarının resimleri görülmektedir.



Şekil 3. VYP Uygulanmamış-standart buzdolabı enerji testleri

Şekil 4'de ise VYP uygulanmış bir buzdolabının resimleri görülmektedir. Her iki buzdolabı da, yukarıda belirtildiği gibi aynı tip ve modelde olup aralarındaki tek fark, ikinci buzdolabına standart üretimden farklı olarak VYP uygulanmış olmasıdır. Her iki buzdolabı da, standarda göre aynı test odasında, aynı çalışma şartları ve aynı şekilde test edilmiş, gerekli değerler ve enerji ölçüm sonuçları bir data-logger cihazından bir yazılıma aktarılarak hesaplanmış ve testlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Yapılan testler neticesinde seri üretimden çıkan standart buzdolabının enerji testine göre standart buzdolabı enerji indeksi “A+” çıkmıştır.



Şekil 4. VYP Uygulanmış buzdolabı enerji testleri.

VYP uygulanmış çıkan buzdolabının enerji testine göre ise VYP uygulanmış buzdolabı enerji indeksi “A++” çıkmıştır [7].

3. SONUÇ

Her iki buzdolabının test sonuçlarına bakıldığında VYP uygulamasının, enerji verimliliği açısından olumlu katkısı olduğu açıkça görülmektedir. Verimlilik seviyesi "Enerji verimlilik İndeksi" olarak tanımlanan bir kavramla tanımlanmaktadır. Enerji tasarrufu yapan cihazların verimlilik indeksi küçükken, fazla enerji tüketenlerde bu değer büyümektedir. Öncelikle, standart üretilmiş, konvansiyonel yalıtım malzemesi (poliüretan) ile yalıtılmış buzdolabının enerji indeksi sınıfı “A+” iken, VYP uygulamasıyla bu indeks “A++” olmuştur. Enerji tüketim değerlerine bakıldığında orijinal buzdolabının günlük enerji tüketimi 852,9 Wh/gün iken, VYP uygulanmış buzdolabında bu değer 801,7 Wh/gün'e düşmüştür. Yıllık enerji tüketimlerine bakıldığında ise, orijinal buzdolabının yıllık enerji tüketimi 311 kWh/yıl iken, VYP uygulanmış buzdolabında bu değer 293 kWh/yıl'a düşmüştür. **Bu sonuçlara göre VYP uygulaması ile enerji tüketiminde % 6'lık bir azalma görülmektedir.** Öte yandan VYP uygulamasının bu testlerde sadece buzdolabının kapak kısmına yapıldığı unutulmamalıdır, buzdolabının tamamına uygulanamamasının sebebi, imalattaki zorluklar ve seri üretim bandına müdahale etmekteki problemlerdir. Eğer VYP uygulaması buzdolabının tamamına yapılmış olsaydı, daha iyi bir sonuç alınacağı tahmin edilmektedir.

Buradan şu sonucu çıkarmak mümkündür, buzdolaplarında ve soğutma cihazlarında konvansiyonel yalıtım malzemesi (poliüretan) yerine, Vakum Yalıtım Paneli (VYP) kullanımıyla enerji verimliliğinde artış sağlanmaktadır. Ayrıca enerji tüketimi de buna bağlı olarak azalmaktadır. Bu da, tasarruf ve çevresel faktörler başta olmak üzere, birçok faktörün iyileştirilmesi demektir. Konvansiyonel yalıtım malzemeleri yerine, vakum yalıtım panelleri gibi, süper yalıtkanlar kullanılmaya başlanmasıyla, enerjiye olan ihtiyaç azalacak, enerji verimliliği artacak ve enerji üretiminden kaynaklanan karbon salınımı ve zararlı emisyonların önüne geçilerek, çevresel sürdürülebilirliğe de katkıda bulunulacaktır.



TEŞEKKÜR

Bildirinin verileri oluşturan 111M072 no'lu ARDEB 1001 projesini maddi olarak destekleyen TÜBİTAK'a şükranlarımızı sunarız.

KAYNAKLAR

- [1] DENİZ, E., BİNARK A., “Vakumlu Yalıtım Panelleri”, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu UTES'2008, İstanbul, 2008.
- [2] <http://www.observatorynano.eu/project/document/3014/>
- [3] SOYSAL A., “Vakumlanmış İzolasyon Panellerinin Isı iletim Katsayılarının Deneysel Olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul / Türkiye, s. 3-16, 2000.
- [4] <http://enerjienstitusu.com/2012/01/04/bakanliktan-enerji-tuketimini-azaltmak-amaciyla-a-paket-geliyor/>
- [5] (<http://www.tedas.gov.tr>).
- [6] TS EN ISO 15502, Evlerde Kullanılan Soğutma Cihazları-Karakteristikler ve Deney Metotları, TSE, Ankara, (2007).
- [7] BAYRAKÇI, H.C., DAVRAZ, M.,SOYSAL, A.,ERSOY, O.G., 2014. “Yüksek Isı Yalıtım Performanslı Vakum Yalıtım Panelleri (VIP)'nin Ekonomik Üretimi ve Özelliklerinin Geliştirilmesi”. TÜBİTAK- ARDEB 1001 111M047 No'lu Proje Sonuç Raporu, s. 235-238.

ÖZGEÇMİŞ

Hilmi Cenk BAYRAKÇI

1974 yılı Balıkesir doğumludur. 1995 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Enerji A.B.D.'dan 1999 yılında Yüksek Mühendis, 2006 yılında Makine Mühendisliği Termodinamik A.B.D.'dan Doktor unvanını almıştır. 1997-2007 Yılları arasında Senirkent Meslek Yüksekokulunda okutman, 2007-2014 yılları arasında yine aynı okulda Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmıştır. 2014 yılından beri SDÜ Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü'nde Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır. Isı yalıtımı, vakum yalıtım panelleri, soğutma uygulamaları konularında çalışmaktadır.

Metin DAVRAZ

1967 yılı Isparta doğumludur. 1988 yılında Hacettepe Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği A.B.D.'dan 1998 yılında Yüksek Mühendis, 2004 yılında Doktor unvanını almıştır. 2007-2012 Yılları arasında Senirkent Meslek Yüksekokulu Teknik Programlarında Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmıştır. Halen aynı okulda Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır. Isı yalıtımı, vakum yalıtım panelleri, hafif beton konularında çalışmaktadır.

Ali Ekrem AKDAĞ

1983 yılı Isparta doğumludur. 2006 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Tesisat Öğretmenliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi A.B.D.'da 2010 yılında Yüksek Lisansını tamamlamıştır. 2011 yılından beri Makine Mühendisliği İmalat Konstrüksiyon Anabilim Dalı'nda doktora yapmaktadır. Isı yalıtımı, vakum yalıtım panelleri, nano malzemeler konularında çalışmaktadır.

