

## Odun plastik kompozit malzemelerin termal ve ısı iletkenliği özellikleri üzerine sepiolit mineralinin etkisi

Ferhat Özdemir<sup>a,\*</sup>, Ayşegül Çot<sup>a</sup>, Hakkı Alma<sup>a</sup>

**Özet:** Bu çalışmada amaç, polipropilen esaslı odun plastik kompozit (OPK) malzeme üretiminde kullanılan sepiolit mineralinin termal özellikler ve ısı iletkenliği üzerine etkisinin araştırılması olacaktır. Çift vidalı ekstruder ile odun unu, polipropilen ve sepiolit minerali karışımından elde edilen peletler, öğütülmüş ve presleme işlemi yapılarak OPK levhalar üretilmiştir. Üretilen levhaların ısı iletkenliği özelliklerinin (ASTM C 1113-09) yanı sıra Termogravimetrik Analiz (TGA) ve Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) gibi termal özellikleri belirlenmiştir. OPK malzemelerde yangın geciktirici olarak kullanılan sepiolit mineralinin eklenme miktarının artması ile termal ve ısı iletkenliği özelliklerinin geliştiği, kristalizasyon derecesinin ise azaldığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Odun plastik kompozit, Sepiolit minerali, TGA, Isı iletkenliği

## Effect of sepiolit mineral on thermal properties and thermal conductivity of wood plastic composite materials

**Abstract:** The aim of this study is to investigate the effect of sepiolite mineral used in the production of polypropylene based wood plastic composite (OPK) materials on thermal properties and thermal conductivity. The pellets obtained from the mixture of wood flour, polypropylene and sepiolite minerals with double-screw extruder were milled and pressed to produce OPK boards. Thermal properties such as Thermogravimetric Analysis (TGA) and Differential Scanning Calorimetry (DSC) as well as the thermal conductivity properties of the produced boards (ASTM C 1113-09) have been determined. It has been determined that the addition of the sepiolite mineral used as fire retardant in OPK materials increases the thermal and thermal conductivity properties, while the crystallization degree decreases.

**Keywords:** Wood plastic composite, Sepiolite mineral, TGA, Thermal conductivity

### 1. Giriş

En az iki farklı malzemenin makro boyutlarda birleşerek kullanım alanlarına uygun dayanım, hafiflik, esneklik, maliyet, vb. özellikler vermek amacı ile oluşturulan yeni malzemeye kompozit malzeme denmektedir. Odun kompozitleri ise termoset tutkallar ve termoplastik materyaller ile üretilenler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Termoplastik malzemenin, odunsu malzemeler ile birleştirilmesi ile elde edilen malzemeler odun plastik kompozitler (OPK) olarak ifade edilir (Simonsen, 1995). Odunsu malzemeler ya lif ya da un olarak odun plastik kompozit üretiminde kullanılmaktadır (Karakuş, 2008). Odun unu, termoplastik kompozitlerde ucuz, sağlam ve düşük yoğunluğa sahip olmasından dolayı kullanılmaktadır. OPK üretiminde mobilya, kapı ve pencere imalatında, mobilya üretiminde atölyelerde yan ürün olarak elde edilen kereste unu kullanılmaktadır. OPK dekoratif profil, raf, yer döşemesi, tabure gibi iç mekan uygulaması olarak inşaat ile ilgili uygulamalarda; iç panel, gövde, arka raf, bardak tutucu gibi otomotiv sektöründe; çitler, park bahçe mobilyaları, kamelya, yürüyüş parkurları, çocuk parkı, bank, park-bahçe uygulamaları gibi dış mekan uygulamalarında; ambalaj,

palet, iskele, uyarı levhaları, sandık, vb. gibi bir çok endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır (Ashori, 2008). Özellikle dış mekân uygulamalarında rutubete karşı daha stabil olması dolayısı ile yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, en büyük dezavantajlardan biri, termal özelliklerinin düşük olmasıdır. Bu nedenle, termal direnç özelliklerinin geliştirilmesi için bor bileşikleri gibi bazı kimyasal maddeler OPK üretiminde bol miktarda kullanılmaktadır (Altuntaş vd., 2016). Sepiolit minerali, OPK üretiminde termal özellik dirençlerinin artırılması için bor bileşiklerine alternatif olabilir.

Sepiolit bir kil mineralidir (Nagy ve Bradley, 1955). Plaka yapısından dolayı, dokusu, kristal yapısı, yüksek yüzey alanı ve adsorpsiyon özellikleri, sepiolit mineralini diğer kil minerallerine kıyasla değerli bir hammadde yapmaktadır (Rodríguez vd., 1994). Geniş yüzey alanı siloksan ve silanol grupları nedeniyle, sepiolit elastik plastik malzemelerin varlığında belirli bir aktivite sergileyebilir ve yarı-takviye dolgu maddesi olarak hareket edebilir (Alvarez, 1984). OPK üretiminde dolgu malzemesi olarak sepiolit minerali ve odun liflerinin kullanımı herhangi bir sağlık problemine neden olmadığı gibi ses ve ısı yalıtımını da iyileştirir. OPK malzemelere ilgi ve talep son yıllarda artmaktadır (Jones ve Galan, 1988; Sabah vd., 1997) Bu

✉ <sup>a</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, 46050, Kahramanmaraş

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): ferhatozd@hotmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 13.04.2018, **Accepted** (Kabul tarihi): 01.06.2018



**Citation** (Atıf): Özdemir, F., Çot, A., Alma, H., 2018. Odun plastik kompozit malzemelerin termal ve ısı iletkenliği özellikleri üzerine sepiolit mineralinin etkisi. Turkish Journal of Forestry, 19(2): 205-209.  
DOI: [10.18182/tjf.415069](https://doi.org/10.18182/tjf.415069)

nedenle üretim maliyetlerini azaltmak için üretiminde kullanılan alternatif dolgu maddelerini ve katkı maddelerini araştırmak zorunlu olmuştur. Sepiolit minerallerin sahip olduğu farklı özelliklerinden dolayı (absorpsiyon, nem tutma, yağlama vb.) bazı bilimsel alan çalışmalarında kullanılmıştır. Ancak daha önce odun plastik kompozit malzemelerin üretiminde kullanılmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, OPK malzemelerin üretiminde kullanılan sepiolit mineralinin, kompozit malzemelerin termal ve ısı iletkenliği özellikleri üzerine etkilerini araştırmak olacaktır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışmada lignoselülozik atık olarak sarıçam tozu kullanılmıştır. Mobilya atölyelerinden elde edilen sarıçam unları, sarsak elek ile elenmiş ve 80 mesh elek üzerindeki odun unları OPK üretiminde kullanılmıştır. Çalışmada, polimer malzeme olarak Petkim (İzmir) markalı polipropilen (PP), OPK malzemenin termal özelliklerini iyileştirmek için yanmayı geciktirici olarak sepiolit minerali kullanılmıştır. Ayrıca, odun unu ve polimer arasında bağlanmayı sağlamak için Clariant International Co. Firmasından temin edilen maleik anhidrit aşılansız polipropilen (MAPP) kullanılmıştır.

### 2.2. Yöntem

#### Kompozit üretimi

Kompozit paneller, Çizelge 1'de verilen oranlara göre çift vidalı ekstruder makineleri kullanılarak üretilmiştir. Altı farklı ısıtma bölgesine sahip ekstrüderin sıcaklık aralığı, PP için 170 °C ve 210 °C arasında ayarlanmıştır. Üretim sırasında ekstrüderin vida dönüş hızı 100 devir/dakika olarak ayarlanmıştır. Ekstrüderden elde edilen erimiş haldeki karışım, soğuk su banyosunda soğutulmuştur. Soğutma ile sertleşen kompozit malzeme bir değirmen kullanılarak granül haline getirilmiş ve elde edilen granülün fraksiyonları en az 6 saat boyunca 103 ± 2 °C sıcaklıkta kurutulmuştur. Daha sonra bu granüllü materyaller 10 dakika boyunca 100 bar basınç altında 170 °C sıcaklıkta preslenmiştir. OPK levhaların TGA testleri ve ısı iletim katsayısı testleri (ASTM C 1113-09, 2004) yapılmıştır. Hazırlanan test örnekleri, ASTM D-618 (2008) standardına göre klimatize edilmiştir. Testler Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (KSU) ÜSKİM laboratuvarlarında yapılmıştır. Her bir parametre için testler 4 kez tekrarlanmıştır.

Çizelge 1. Odun plastik kompozit levha üretim parametreleri

| Örnek no | OPK kodu     | Odun unu (%) | PP (%) | Sepiolit (%) | MAPP (%) |
|----------|--------------|--------------|--------|--------------|----------|
| A        | Kontrol      | 30           | 70     | 0            | 0        |
| B        | %5 sep       | 30           | 65     | 5            | 0        |
| C        | %10 sep      | 30           | 60     | 10           | 0        |
| D        | %15 sep      | 30           | 55     | 15           | 0        |
| E        | %20 sep      | 30           | 50     | 20           | 0        |
| F        | Kontrol+MAPP | 30           | 67     | 0            | 3        |
| G        | %5 sep       | 30           | 62     | 5            | 3        |
| H        | %10 sep      | 30           | 57     | 10           | 3        |
| I        | %15 sep      | 30           | 52     | 15           | 3        |
| J        | %20 sep      | 30           | 47     | 20           | 3        |

### TGA analizi

Her bir kompozit gruptan küçük örnekler alınmış ve bu örnekler bir Willey değirmeninde öğütülmüştür. Daha sonra, numune unu 100 mesh büyüklüğünde elenmiştir. TGA testleri için 8-10 mg numune kullanılmıştır. Numunelerin TGA analizi, Perkin Elmer cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numunelerin ısıtılması, 20 °C'lik bir akış hızına sahip N<sub>2</sub> gaz atmosferinde gerçekleştirilmiş, sıcaklık ise 20 °C'den 600 °C'ye kadar yükseltilmiştir. Örneklerin ağırlık kaybı ve ısı özellikleri bilgisayar programı aracılığıyla ısıtma sırasında belirlenmiştir.

### DSC analizi

Kompozitlerin erime ve kristalleşme davranışlarının belirlenmesi, ısı akışı içerisinde diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC) yöntemi ile Perkin Elmer-DSC 8000 cihazı kullanılarak ASTM D 3418 (2008)'e göre gerçekleştirilmiştir. Test örnekleri alüminyum panlarda yaklaşık 9-10 mg ağırlığındaki 10 °C/dk ısıtma hızı oranı ile 200 °C'ye kadar ısıtılmıştır. Sonra numuneler numunenin kristalleşmesini sağlamak için elektrikli soğutma cihazı kullanılarak dakikada 10 °C soğutma hız oranı ile 0 °C'ye soğutulmuş ve 2 dakika bu sıcaklıkta tutulmuştur. Daha sonra, izotermal olmayan kristalize edilmiş numuneler tekrar 10 °C/dk ısıtma hızı oranı ile 200 °C kadar ısıtılmıştır. Erime ve kristalleşme işlemleri ısıtma-soğutma esnasında numunelerin oksidasyonunu önlemek için 50 ml/dak akış hızında azot (N<sub>2</sub>) atmosferi ortamında gerçekleştirilmiştir. SEM (Scanning Electron Microscope) fotoları, JEOL Neo Scope JSM5000 cihazı ile KSU ÜSKİM laboratuvarında elde edilmiştir. Odun plastik kompozit levha üretim parametreleri Çizelge 1' de verilmiştir.

## 3. Bulgular ve tartışma

### Termogravimetrik analiz (TGA) ölçüm değerleri

Kızılçam odun unu, PP ve sepiolit dolgulu odun plastik levhaların Termogravimetrik Analiz (TGA) sonuçları Çizelge 2' de verilmiştir.

TGA analiz sonuçlarına göre A grubunu ifade eden kontrol örneklerinde 1. Bozunma sıcaklığı 288.3 °C, 2. Bozunma sıcaklığı 448.7 °C, ağırlık kaybı %92.8 ve kül miktarı ise %7.2 olarak bulunmuştur. %20 sepiolit içeren E grubu numunelerinde ise 1. Bozunma sıcaklığı 297.5 °C, 2. Bozunma sıcaklığı 452.1 °C, ağırlık kaybı %79.7 ve kül miktarı ise %20.3 olarak tespit edilmiştir. MAPP kullanımı ile sıcaklık değerleri ve ağırlık kaybı miktarlarının MAPP kullanılmayan A grubu numunelerine kıyasla daha yüksek olduğu ve MAPP kullanımının etkili olduğu görülmüştür. Sepiolit kullanım miktarının artmasına bağlı olarak bozunma sıcaklık değerlerinin yanı sıra, ağırlık kaybı ve kül miktarlarında da bir artış olduğu belirlenmiştir. Sepiolit minerali OPK levhaların termal özelliğini olumlu etkilemiştir. Kızılçam odun unu, PP ve sepiolit dolgulu odun plastik levhaların DTA analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Termogravimetrik (TGA) analiz ölçüm değerleri

| Levha kodu | 1.Bozunma sıcaklığı (°C) | 2. Bozunma sıcaklığı (°C) | Ağırlık kaybı (%) | Kül miktarı (%) |
|------------|--------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------|
| A          | 288.3                    | 448.7                     | 92.8              | 7.2             |
| B          | 289.9                    | 450.1                     | 89.5              | 10.5            |
| C          | 291.5                    | 456.7                     | 86.8              | 13.2            |
| D          | 294.6                    | 456.7                     | 81.8              | 18.2            |
| E          | 297.5                    | 459.6                     | 79.7              | 20.3            |
| F          | 289.0                    | 452.1                     | 90.1              | 9.9             |
| G          | 275.5                    | 457.3                     | 89.5              | 10.5            |
| H          | 281.0                    | 447.7                     | 84.4              | 15.6            |
| I          | 291.6                    | 463.4                     | 80.1              | 19.9            |
| J          | 312.4                    | 453.2                     | 78.9              | 21.1            |

Çizelge 3. DTA analiz ölçüm değerleri

| Levha kodu | Bozunma başlama sıcaklığı (°C) | Max bozunma sıcaklığı (°C) | Bozunmanın bittiği sıcaklık (°C) | Max bozunma hızı (%) |
|------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------|
| A          | 387.6                          | 459.3                      | 486.9                            | 21.5                 |
| B          | 389.8                          | 462.5                      | 488.7                            | 20.6                 |
| C          | 391.1                          | 464.5                      | 490.8                            | 17.5                 |
| D          | 394.8                          | 469.2                      | 494.1                            | 16.9                 |
| E          | 401.9                          | 469.6                      | 495.6                            | 16.3                 |
| F          | 384.2                          | 460.1                      | 486.9                            | 18.5                 |
| G          | 390.1                          | 460.5                      | 488.1                            | 16.8                 |
| H          | 393.1                          | 464.1                      | 492.1                            | 15.8                 |
| I          | 394.5                          | 468.5                      | 494.0                            | 17.0                 |
| J          | 395.2                          | 471.4                      | 494.2                            | 18.3                 |

Sepiolit oranının artmasına bağlı olarak PP oranı düştüğü için, OPK levhada ki inorganik madde oranı sebebiyle malzemenin ısıl özelliklerinde iyileşmeler olduğu gözlenmektedir. Kül miktarındaki artışın sebebi de artan inorganik madde miktarından kaynaklanmaktadır. İki farklı bozunma verilerinde farklı bozunma sergilemesi de kompozit malzemenin özelliğinden kaynaklanmaktadır. Birinci bozunma sıcaklığında kompozit malzemedeki odununu bozunma gösterirken, ikinci bozunma sıcaklığı polipropilenin bozunmaya başladığı sıcaklıktır. Polipropilenin bozunmaya başladığı sıcaklık yaklaşık olarak 420 °C' dir (Karakuş, 2008). Lignoselülozik malzemelerin ortalama bozunmaya başlama sıcaklığı ise 300 °C' dir (Tutuş vd., 2010). Sepiolit mineralinin TGA sonuçlarında 600 °C'de yaklaşık %15 kütle kaybı olduğu gözlenmiştir (Işık ve Beyarlan, 2016). TGA sonuçlarına göre sepiolit minerali de bir miktar bozunmaya uğramıştır. Yapılan çalışmada kalıntı miktarının sepiolit oranından farklı olmasının sebebi bundan kaynaklanmaktadır.

Şeker pancarı dolgu OPK üretiminde 190 °C'de şeker pancarı küspesi bozunmaya başlamıştır. Şeker pancarı küspesinin temel bileşenleri selüloz, hemiselüloz ve pektinden oluşmaktadır. Önceki çalışmalarda hemiselülozun

bozunmaya başladığı sıcaklığın 180 °C olduğu belirlenmiştir (Xu vd., 2006). Selülozun bozunma sıcaklığıyla ilgili yapılan farklı çalışmalar da selülozun bozunma sıcaklığının yaklaşık olarak 210 °C olduğu belirlenmiştir. (Sain vd., 2004). Ligninin bozunma sıcaklığı ise 360 °C civarındadır. (Tutuş vd., 2010) Pektinin ise 210-270 °C'de bozunmaya başladığı belirlenmiştir. TGA sonucu elde edilen bozunma sıcaklıklarının literatürle örtüştüğü tespit edilmiştir.

*Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) analizi ölçüm değerleri*

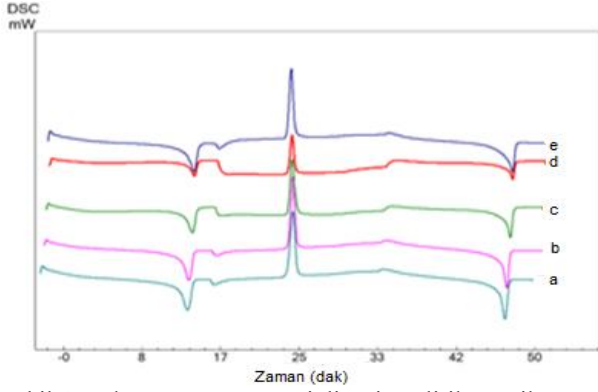
DSC analizi gerçekleştirilirken OPK malzemeler önce 200 °C' ye kadar ısı verilmiş, ardından sıcaklık 40 °C' ye kadar düşürülmüştür. Tekrar 200 °C' ye kadar ısı verilmiş ve DSC eğrileri elde edilmiştir. Kızılçam odunu, PP ve sepiolit dolgu odun plastik levhaların DSC analiz sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir.

Odun plastik kompozitlerin erime sıcaklığı (Çizelge 4) değerleri arasında fark çok azdır. Birinci erime sıcaklığı değerleri ile ikinci erime sıcaklığı değeri hemen hemen aynı kalmıştır. Kontrol örneği ilk erime sıcaklığı 164.3 °C iken ikinci erime sıcaklığı 163.1 °C' dir. Sepiolit minerali ile üretilen numunelerde ve MAPP ilave edilerek üretilen numunelerde de benzer sonuçlar görülmektedir. Sepiolit kullanımı ile hem ilk erime hem de 2. Erime sıcaklıklarında sepiolit kullanımına bağlı olarak küçük artışlar tespit edilmiştir. MAPP ilave edilmiş numunelerde bu artışlar daha az miktarlarda olmuştur. Kristalizasyon derecelerinde kontrol numunelerine kıyasla sepiolit ilave edilmiş numunelerde belirgin azalmalar meydana gelmiştir. Kontrol örneği Xc değeri %87.24 iken E grubu numunelerde bu değer %35.12 olarak elde edilmiştir. MAPP kullanılmış numunelerde ise kontrol örneği (%71.92) ve sepiolit katkılı numunelerde içerisinde en düşük ise J grubu numunelerde (%36.11) belirlenmiş ve bu Xc değerleri MAPP kullanılmayan numunelere kıyasla daha yüksek elde edilmiştir.

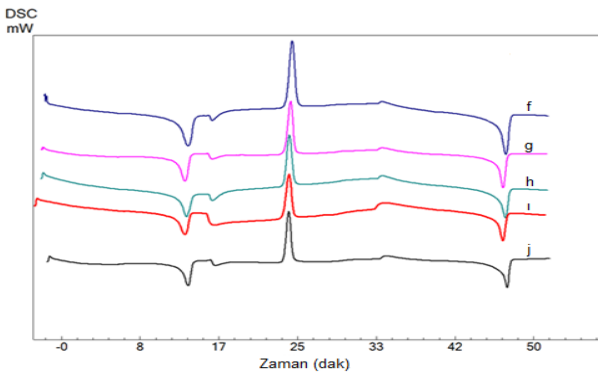
Üretilen OPK levhaların DSC analizlerine göre ilk ısıtma işlemi sonucunda elde edilen pikler, soğutulup tekrar ısıtıldıktan sonraki pikler ile çakışmaktadır. Bu durum malzemenin ısıtma döngüsü süresince yapısının bozunmadığı sadece faz değiştirdiğinin göstergesidir (Birinci 2011). Çizelge 4' de verilen örnek numaralarına ait odununu, PP ve sepiolit ile üretilen OPK levhaların DSC sonuç eğrisi Şekil 1' de, odununu, PP, sepiolit ve MAPP kullanılarak üretilen OPK levhaların DSC sonuç eğrisi Şekil 2' de verilmiştir.

Çizelge 4. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) analiz ölçüm değerleri

| Levha kodu | İlk erime (°C) | 2.Erime sıcaklık (°C) | 2. Erime entalpi (J/g) | Kristal sıcaklık (°C) | Kristal entalpi (J/g) | Kristalizasyon derecesi-Xc (%) |
|------------|----------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|
| A          | 164.3          | 163.1                 | 54.7                   | 119.3                 | 74.3                  | 87.24                          |
| B          | 164.6          | 164.4                 | 50.0                   | 120.8                 | 56.9                  | 68.35                          |
| C          | 165.3          | 165.2                 | 37.5                   | 124.2                 | 42.4                  | 44.86                          |
| D          | 165.3          | 165.5                 | 37.1                   | 126.1                 | 42.4                  | 39.45                          |
| E          | 165.4          | 166.1                 | 36.7                   | 126.4                 | 42.2                  | 35.12                          |
| F          | 164.9          | 164.5                 | 49.6                   | 118.8                 | 62.5                  | 71.92                          |
| G          | 165.6          | 165.1                 | 41.9                   | 119.2                 | 50.1                  | 52.76                          |
| H          | 165.9          | 165.1                 | 41.8                   | 120.9                 | 47.1                  | 46.51                          |
| I          | 166.4          | 165.2                 | 40.1                   | 123.7                 | 43.7                  | 39.97                          |
| J          | 166.8          | 165.7                 | 40.0                   | 123.9                 | 43.1                  | 36.11                          |



Şekil 1. Odun unu, PP ve sepiolit minerali ile üretilen OPK levhaların DSC sonuç eğrisi



Şekil 2. Odun unu, PP, sepiolit minerali ve MAPP kullanılarak üretilen OPK levhaların DSC sonuç eğrisi

#### Isı iletim katsayısı

Odun unu (OU), polipropilen (PP) ve farklı oranlarda sepiolit minerali ile üretilen odun plastik levhaların ısı iletim katsayısı ortalama değerleri Çizelge 5’ de verilmiştir.

Isı iletim katsayısı değerleri 0.3628-0.4293 W/m<sup>2</sup>K arasında değişmektedir. Isı iletim katsayısı kontrol örneğinde 0.3628 W/m<sup>2</sup>K iken en yüksek sepiolit (%20) içeren E grubu test numune değerlerinde 0.4293 W/m<sup>2</sup>K olarak bulunmuştur. Sepiolit oranı arttıkça ısı iletkenliği katsayısında artış tespit edilmiştir. Uyumsuzluk giderici olarak kullanılan MAPP ilave edilmiş örneklerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. MAPP ilave edilmiş kontrol örneğinde ısı iletim katsayısı 0.3504W/m<sup>2</sup>K iken MAPP ve sepiolit minerali kullanımının en yüksek olduğu

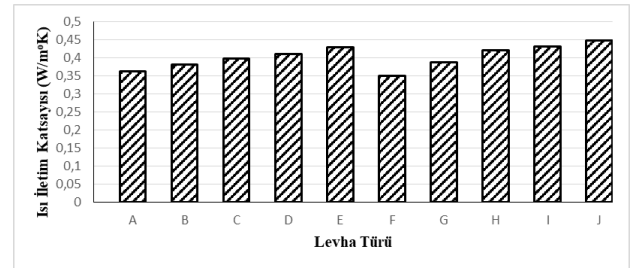
numunelerde ısı iletim katsayısı değeri 0.4490 W/m<sup>2</sup>K’dir. Isı iletim katsayısı üzerine sepiolit mineralinin etkili olmasının temel sebebi; sepiolit mineralinin dokusu, kristal yapısı, geniş ve oluklu bir yapıya sahip olmasıdır.

Isı iletim katsayısının belirlenmesi malzemeler için önemlidir. Isı iletim katsayısı yalıtkan özelliklerinin belirlenmesinde, kurutma modellerini geliştirmede, tutkal sertleşme hızının belirlenmesinde ve ısı transfer hızını belirleme ile endüstriyel işlemlerde de önemli bir faktördür. (Gu ve Zınc-Sharp, 2005; Sanyal vd., 1991). Kullanılan sepiolit minerali gibi dolgu maddelerinin özelliklerinin yanı sıra üretilen ahşap levhalarda ısı iletim katsayısını etkileyen faktörler arasında ağaç türü, liflerin gidiş yönü, kullanılan bağlayıcı madde türü, dolgu maddeleri gibi birçok faktör bulunmaktadır (Lewis, 1967; Kamke ve Zylkowski, 1989). Sepiolit mineralinin polipropilen arasındaki dağılımını gösteren odun plastik kompozit levhalara ait SEM fotoları Şekil 4’ de verilmiştir.

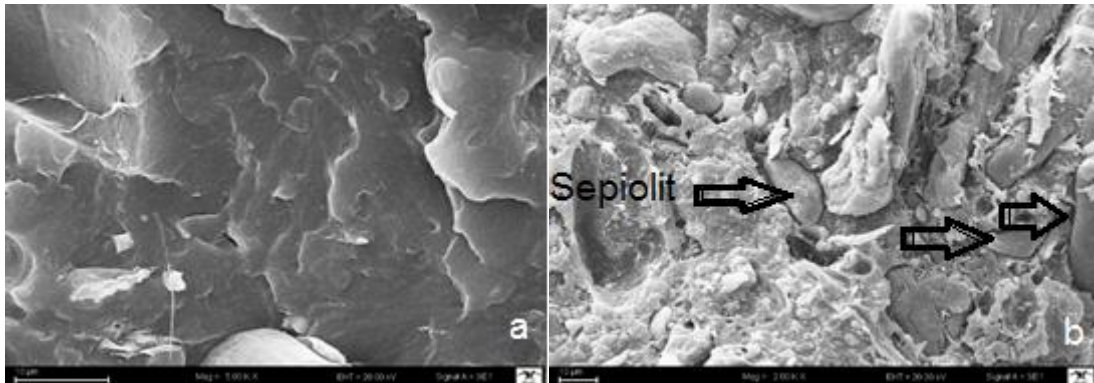
Odun unu, sepiolit minerali, PP ve MAPP ile üretilen levhaların ısı iletim katsayısı ölçüm değerleri Şekil 3’de verilmiştir.

Çizelge 5. Isı iletim katsayısı sonuçları

| Levha Kodu | Isı İletim Katsayısı (W/m <sup>2</sup> K) |
|------------|---|
| A          | 0.3628                                    |
| B          | 0.3814                                    |
| C          | 0.3975                                    |
| D          | 0.4110                                    |
| E          | 0.4293                                    |
| F          | 0.3504                                    |
| G          | 0.3875                                    |
| H          | 0.4224                                    |
| I          | 0.4311                                    |
| J          | 0.4490                                    |



Şekil 3. Isı iletim katsayısı ölçüm değerleri



Şekil 4. Kontrol örneği (a) ve sepiolit minerali eklenen numunelere (b) ait SEM fotoları

#### 4. Sonuçlar

- Sepiolit minerali, üretilen OPK levhaların ısı değerlerini iyileştirmiştir. Sepiolit minerali eklenme oranının artması ve PP oranının düşmesine bağlı olarak, OPK levhalardaki inorganik madde oranının artması malzemenin ısı iletim katsayısı ve termal özelliklerini iyileştirdiği tespit edilmiştir.
- Üretilen OPK levhalarda sepiolit mineralinin bozunma başlangıç süreleri üzerinde geciktirici bir etkisi olduğu, sepiolit kullanım miktarının artmasına bağlı olarak kütle kaybının azaldığı ve kül miktarının arttığı belirlenmiştir.
- Üretilen OPK levhalarda sepiolit kullanım oranı arttıkça ısı iletim katsayısında artış olduğu tespit edilmiştir. Uyumsuzluk giderici olarak kullanılan MAPP ilave edilmiş örneklerde ki artışların, MAPP kullanılmayan örneklerle göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.

#### Kaynaklar

- Altuntaş, E., Salan, T., Alma, M.H., 2016. Farklı bor bileşik kullanılarak mdf-aype odun plastik kompozitlerin yangına dayanıklılığının araştırılması. Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences 19(3): 19-23.
- Alvarez, A., 1984. Sepiolite: properties and uses. *Developments in sedimentology*, 37, 253-287.
- Ashori, A., 2008. Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries. *Bioresource Technology*, 99: 4661-4667.
- ASTM C 1113-09, 2004. Standard Test Method for Thermal Conductivity of Refractories by Hot Wire (Platinum resistance thermometer technique), Annual Book of ASTM Standards; Vol. 15.01, American Society for Testing Materials, West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM D 3418-08, 2008. ASTM International, Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry, West Conshohocken, PA.
- ASTM D 618, 2008. ASTM International, Standard Practice for Conditioning Plastics for Testing, West Conshohocken, PA.
- Birinci, E., 2011. Asitlendirilmiş Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) odunu ile yeni odun plastik kompozitlerinin üretimi. Yüksek Lisans Tezi, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Gu, H.M., Zink-Sharp, A., 2005. Geometric model for softwood transverse thermal conductivity. Part 1. *Wood and Fiber Science*, 37(4): 699-711.
- Işık, E.C., Beyarslan, M., 2016. Türkmentokat-Karatepe (Eskişehir) Bölgesi yumrulu sepiyolitlerinin (Lületaşı) mineralojik özellikleri ve karakterizasyonu. *Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi*, 28(2): 73-82.
- Jones, B. F, Galan, E., 1988. Hydrous phyllosilicates (exclusive of micas). In: S.W.Bailey (Ed.), *Sepiolite and palygorskite, reviews in mineralogy*. Mineralogical Society of America, pp.631-667.
- Kamke, A.F., Zylkowski, S.C., 1989. Effects of wood-based panel characteristics on thermal conductivity. *Forest Products Journal*, 39(5): 39-24.
- Karakuş, K., 2008. Üniversitemizdeki polietilen ve polipropilen atıkların polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Lewis, W. C., 1967. Thermal conductivity of wood-base fiber and particle panel materials' research paper FBL 77, USDA. Forest Service Forest Products Lab., Madison, Wis.
- Nagy, B., Bradley, W.F., 1955. The structural scheme of sepiolite. *American Mineralogist*, 40(9-10): 885-892.
- Rodriguez, V., Lopez, M.A, Gonzales, J.D., Banares Munoz, M.A., 1994. Acid activation of a Spanish sepiolite, Physicochemical karakterizatio, free silica content and surface area of the solids obtained. *Clay Minerals*, 29, 361-367.
- Sabah, E., Sağlam, H., Kara, M., Celik, M.S., 1997. Uptake of cationic surfactants by a clay absorbent: sepiolite. *Proceedings of Fifth Southern Hemisphere Meeting on Mineral Technology, Argentina*, 6-9 May, pp.277-280.
- Sain, M., Park, S.H., Suhara, F., Law, S., 2004. Flame retardent and mechanical properties of natural fibre-PP composites containing magnesium hydroxide. *Polymer Degradation and Stability*, 83, 363-367.
- Sanyal, S.N., Jain, V.K., Dubey, Y.M., Verma, P.C., 1991. A preliminary note on relationship between dielectric properties and thermal conductivity of wood. *Journal of Indian Academy of Wood Science*, 22(2), 45-49.
- Simonsen, J., 1995. The mechanical properties of wood fiber plastic composites: theoretical vs. experimental. In: *Proceedings of wood fiber plastic composites*, Forest Products Society, Proceedings, 1-3 May, No. 7293, pp. 47-55.
- Tutuş, A., Kurt, R., Alma, M.H., Meriç, H., 2010. Sarıçam odununun kimyasal analizi ve termal özellikleri. Artvin Çoruh Üniversitesi, III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin s. 1845-1851.
- Xu, F.J., Sun, R., Sun, P., Fowler, M.S., 2006. Baird comparative study of organosolv lignin's from wheat straw. *Ind. Crops Prod.*, 23,180-193.