



Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) kabuğu kullanılarak elde edilen ahşap plastik kompozitlerin T ve H tipi birleştirme özellikleri

Erkan Avcı 

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri. Mühendisliği Bölümü
48000, Muğla, Türkiye

Sorumlu Yazar: erkanavci@mu.edu.tr

Özet

Odun dışı orman ürünlerinden ağaç kabuğu bulunurluğu, üretim kolaylığı ve genellikle atık olarak görülmesi nedeniyle yeterince değerlendirilememektedir. Kompozit malzeme üretiminde en fazla %10 civarında kullanılırken yapıştırıcı üretimi, boyar madde vb. alanlarda da kullanılmaktadır. Bu çalışmada, dolgu maddesi olarak ülkemizde en fazla yayılım gösteren ve kabuk oranı fazla olan ağaçlardan, karaçam kabuğu, polimer malzeme olarak ise Polivinil Klorür (PVC) kullanılmıştır. Kullanılan karışım oranı %50-50 olacak şekilde ayarlanmıştır. Üretilen ahşap plastik kompozit (APK) malzemelerden ahşap mobilya birleştirmelerini temsil eden T-tipi ve H- tipi birleştirmeler üretilerek teste tabi tutulmuştur. APK malzemeden zıvanalı, kavelalı ve yekpare birleştirmeler üretilmiş olup bunlar üzerinde mukavemet testleri yapılmıştır. Elde edilen APK malzemenin, çalışmanın tüm testlerinde iyi bir performans göstermesi, çevreye duyarlı bir ürün olması ve ekonomik değerinin yüksek olması önem arz etmektedir. Bununla beraber ağaç kabuğu kullanılan APK malzemenin hem plastik sektörüne hem ahşap sektörüne hitap etmesinden dolayı geniş bir pazar sahası bulabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ahşap Plastik Kompozit, Atık, Kabuk, Mukavemet, Birleştirme.

T and H type joining properties of wood plastic composites obtained using black pine (*Pinus nigra* Arnold.) bark

Abstract

Tree bark, which is a non-wood forest product, cannot be utilized sufficiently due to its availability, easy production and generally seen as waste. While it is used at most 10% in the production of composite materials, it is also used in adhesive production, dyestuff etc. In this study, larch bark, which is the most spreading tree in our country and has a high crust rate, was used as a filler, and Polyvinyl Chloride (PVC) was used as a polymer material. The mixing ratio used was adjusted to be 50-50%. T-type and H-type joints representing wooden furniture joints were produced and tested from the produced wood plastic composite (WPC) materials. From WPC material, mortise and tenon, dowel and solid joints were produced and strength tests were carried out on them. It is important that the produced WPC material performs well in all tests of the study, is an environmentally friendly product and has a high economic value. However, it is thought that the WPC material using tree bark can find a wide market area because it appeals to both the plastic industry and the wood industry.

Key words: Wood Plastic Composites, Waste, Bark, Strength, Joint.

Giriş

Hammadde temininde doğal kaynakların bulunabilirliği önem arz etmektedir. Özellikle birçok alanda kullanılan hammaddeler hızla tükenmekte ve bulunması zorlaşmaktadır. Hammadde ihtiyacının sürekli arttığı görülmekte ve daha verimli kullanılması açısından birçok AR-GE çalışması yapılmaktadır.

Odun hammaddesi yenilenebilir, doğal ve sağlıklı olması açısından birçok sektörde aranan ve özellikle ülkemizde arz talep dikkate alındığında hammadde temini sıkıntısı yaşanan bir maddedir. Bu kadar geniş kullanım yeri bulabilen ağaç malzemenin değeri, tüketimi ve dünya nüfus artışına bağlı olarak orman varlığının çeşitli sebeplerle azalması göz önüne alındığında sürekli artmaktadır. Bu nedenle, ağaç malzemenin en ekonomik ve rasyonel şekilde değerlendirilmesi zorunlu hale gelmiştir (Çehreli, 1981).

Küresel ısınma, karbon emisyonu ve diğer bazı çevresel önemli konular açısından, ormanlar ve yeşil alanlar gün geçtikçe büyük önem kazanmaktadır. Kısacası ormanlar, orman endüstriye hammadde sağlamaktan daha çok, çevresel fonksiyonlar ve işlevleri açısından daha da artan bir önem kazanmışlardır. Bu nedenlerden dolayı alternatif yeni hammadde kaynaklarının bulunması son derece önemli ve kritiktir.

Orman tali atıklarını ağaç kesimi sonrasında doğada bırakılan tepe ve dal artıkları, kabuk, kök, yonga, kozalak vs. asli ürün üretimi esnasında açığa çıkan fıstık çamı kozalak atığı, fındikkabuğu, fındık cürufu, kestane kabuğu vs. ve lignoselülozik atıklar çalı, sap-saman vs. gibi sınıflara ayırabiliriz. Orman tali atıkları çoğunlukla ya kesildiği ortamda bırakılmakta ya da yakacak olarak kullanılmaktadır (Avcı, 2015).

Odun dışında ağaç malzemedeki kabuk, kozalak, reçine vb. birçok yan hammadde temini yapılabilmektedir. Kabuk kullanımı özellikleri nedeni ile kompozit malzeme, mobilya, doğramalık malzeme vb. yerlerde tercih edilmemekte çok kısıtlı bir alanda kullanılmakta veya yakacak olarak kullanılmaktadır.

Oduna talebin artması nedeni ile birçok alternatif malzeme geliştirilmiştir. Bunlardan bir tanesi de ahşap plastik kompozit (APK) malzemedir. Günümüzde ve gelecekte yaşam döngüsü açısından önem arz eden ormanlarımızı ve lignoselülozik esaslı hammadde kaynaklarını daha verimli kullanmak gerekmektedir. Bu nedenle ağaç malzemenin en ufak atıklarına kadar değerlendirerek ve diğer yandan bir petrol ürünü olan plastiklerin kullanım oranını azaltarak hem maliyeti düşürmek hem de doğada kaybolma sürecini hızlandırmak amacıyla geliştirilen APK'ler iki ayrı sektörün tek çatı altında toplanmasıyla yeni bir ekonomik pazar oluşturmuştur (Avcı, 2012).

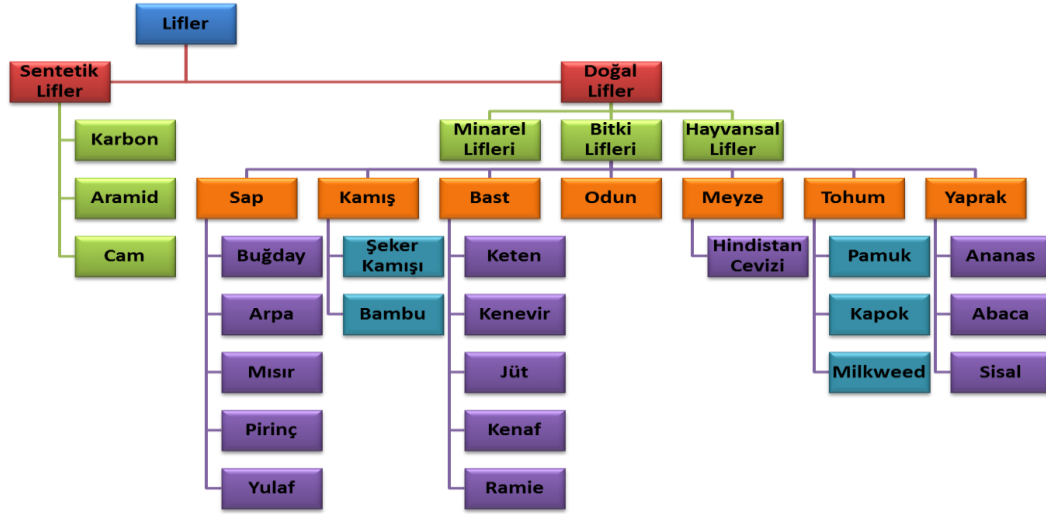
APK lignoselülozik malzeme ile plastiklerin karıştırılması sonucunda oluşan kompozitlere verilen genel bir isimdir. İki veya daha fazla sayıdaki aynı ya da farklı gruptaki malzemelerin, en iyi özelliklerini bir araya toplamak veya ortaya yeni bir özellik çıkarmak amacıyla, bu malzemelerin makro seviyede birleştirilmesiyle oluşan malzemelere "kompozit malzeme" denir (Mengeloğlu ve Karakuş, 2008).

APK yapısal keresteler, piknik masaları, oyun alanı ekipmanları, sıra, çit, çöp kutuları inşaatlarda, yüzey kaplaması, deck, siding otomotiv, endüstriyel alt yapı gibi birçok alanda kullanılabilir.

APK üretiminde odun unu, dolgu maddesi ya da güçlendirici malzeme olarak görev yapmaktadır. APK üretiminde uygulama yerine bağlı olarak odun unu, bıçkı tozu, küçük yonga, lif ya da özel işlem görmüş atık kâğıt % 10 ile %70 oranları arasında kullanılabilir. APK üretimi ekstrüzyon, enjeksiyonlu kalıp, sıcaklıkla şekillendirme ve sıcak pres gibi plastik işleme endüstrisinde kullanılan plastik teknolojisiyle yapılabilmektedir (Avcı, 2012).

Doğal liflerden APK üretiminde genellikle bitki lifleri kullanılmaktadır. Bitki lifleri sentetik liflere göre özgül ağırlığının, fiyatının ve işleme sırasındaki enerji sarfiyatının düşük olması, yenilenebilir

ve biyolojik olarak bozunabilir olması, aşındırıcı olmaması gibi avantajlara sahiptir (Ray ve Rout, 2005).



Şekil 1. APK üretiminde kullanılan liflerin sınıflandırılması (Avcı, 2012)

APK'in diğer dünya ülkelerinde ve ülkemizde nispeten yeni bir sektör olması nedeniyle yapılan çalışmalar, ağırlıklı olarak hammadde ve üretim prosesini iyileştirmeye yönelik olmaktadır. Hammadde olarak, farklı odun unu veya lif boyutları, ağaç türleri, kullanım ömrünü tamamlamış ağaç malzemeler, lignoselülozik yıllık bitkiler, farklı plastik tipleri ve karışım oranları çalışmalara örnek verilebilir. Üretim prosesini iyileştirmeye yönelik olarak ise ekstruder vida çapı, boyu, ekstruder ısıtma sıcaklığı gibi birçok farklı üretim parametreleri çalışılmış ve çalışılmaya devam etmektedir (Mengeloğlu ve Karakuş 2008b).

Bu nedenlerle çalışmada karaçam kabuğu ve Polivinil Klorür (PVC) malzeme kullanılmıştır. Böylece APK üretimi için daha az ağaç kesilmesi ve kesilen ağaçlarında en verimli şekilde kullanılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada %50 kabuk unu ve %50 oranında plastik hammaddesi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan kabuk unu hammaddesi mobilya sektöründe yaygın olarak kullanılan karaçam (*Pinus nigra*) ağacı atıklarının değerlendirilmesinden elde edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan plastik seçiminde; hem endüstride yaygın olarak kullanılan hem de literatürde yer alan, sağlık ve bulunabilirlik dikkate alınarak polivinil klorür (PVC) seçilmiştir.

Türkiye 21.678.134,5 hektarlık orman varlığına sahiptir. Karaçam ülkemiz asli ağaç türlerindedir. Toplam ormanlık alanımızın yaklaşık %21,7'sini (4.693.059,6 hektar) karaçam ormanları oluşturmaktadır. Kızılcıktan sonra en fazla yayılış gösteren ikinci ibrelili türdür. Genel olarak meşeden sonra en fazla yayılış gösteren üçüncü ağaç türümüzdür (Anonim 1). Kızılcıktan sonra en çok ağaçlandırılması yapılan türdür (Acar ve ark., 2012).

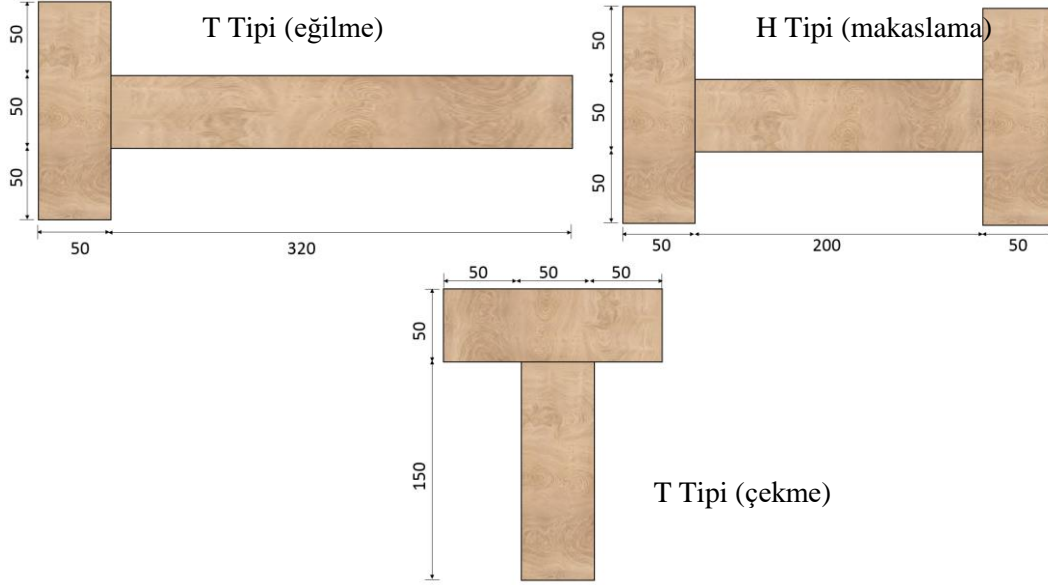
PVC yaygın olarak kullanılan termoplastiklerden biri olup, işlenebilirliğinin kolay olması ve iyi derecede mekanik özelliklere sahip olmasından dolayı PVC'den üretilen malzemeler günlük hayatımızda değişik alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır kapı, pencere, mobilya, inşaat malzemeleri, su boruları, zemin ve çatı kaplamaları vb. çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. (Aslankılıç, 2008).

Normal PVC yaklaşık olarak %55 oranında klor içerir. PVC'yi 60 °C sıcaklığa kadar kullanmak mümkündür. Bu dereceden daha fazla sıcaklıklarda ısıtıldığında, klorlanmış hidrokarbonlar tarafından

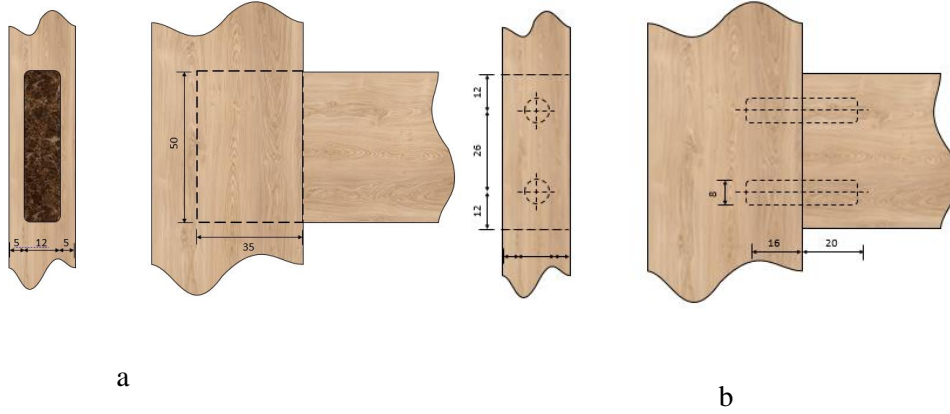
Deneme Yöntemleri

T-tipi ve H-tipi birleştirmelerin moment taşıma kapasiteleri

Test örnekleri, çalışmalar için kabul edilmiş bir standart ölçü bulunmamakla birlikte literatür çalışmalarında kullanılan ölçülere uygun olarak hazırlanmıştır. Birleştirmeler, kavelalı, zıvanalı ve yekpare birleştirme şeklinde yapılmış olup, birleştirmelerde poliüretan tutkal kullanılmıştır.

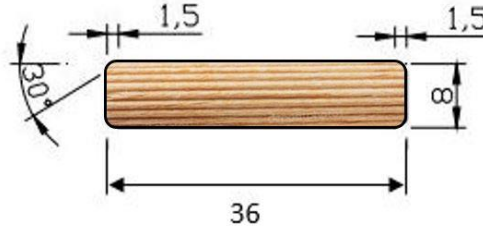


Şekil 4. H ve T tipi birleştirme örnekleri



Şekil 5. a) T-tipi zıvanalı birleştirme örneğine b) T-tipi kavelalı birleştirme örneği

Deneylerde TS 4539'daki esaslara uyulmuş, 8 mm çapında, 36 mm boyundaki, düz yivli kayın odunundan elde edilmiş kavelalar kullanılmıştır. Kavela örneğine ait resim Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Deneylerde kullanılan kavela örneği

Deney metodları ve düzenekleri

Çekme, eğilme ve kesme denemeleri üniversal test cihazında, gerekli kalıpları ve eklentileri takılarak, artan statik yüklemeye yapılmak suretiyle deneyler uygulanmıştır. T-tipi çekme deneylerinde bağlantı elamanlarının taşıdığı kuvvet, T-tipi eğilme deneylerinde bağlantı elamanlarının taşıdığı moment ve kesme (makaslama) deneylerinde bağlantı elamanlarından bir tanesine gelen kuvvet veri olarak alınmıştır.

Bunun için eğilme deneylerinde;

$$M = F_{\max}e \times L(\text{N.m})$$

M: Moment (N.m),

ve kesme deneylerinde;

F_{max}e: Eğilme deneyinde en büyük kuvvet (N),

L: Moment kolu (m),

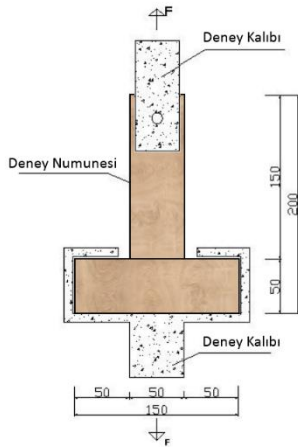
$$F = \frac{F_{\max}m}{2(N)}$$

F_{max}m: Makaslama deneyinde taşınan en büyük kuvvet (N),

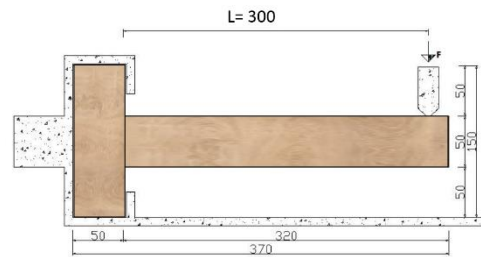
2: Kesme örneğindeki birleştirme âdetidir.

Eşitliklerinden yararlanılmıştır.

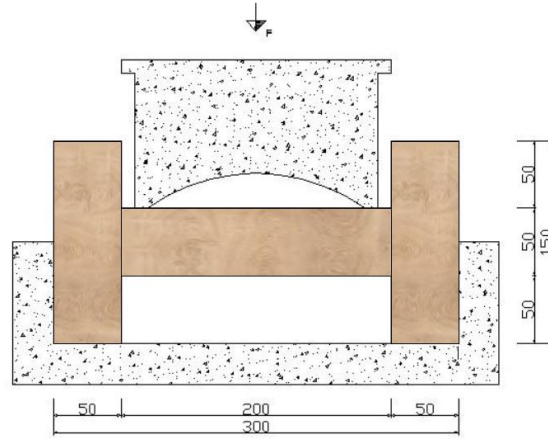
Deneylerde kullanılan çekme deney düzeneği Şekil 7’de, eğilme deney düzeneği Şekil 8’de ve kesme deney düzeneği Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 7. Çekme deney düzeneği (ölçüler mm’dir)



Şekil 8. Eğilme deney düzeneği (ölçüler mm’dir)



Şekil 9. Kesme deney düzeneği (ölçüler mm'dir)

Bulgular

T-tipi çekme elemanlarının çekme kuvveti taşıma kapasiteleri

APK çerçeve konstrüksiyonlu mobilya birleştirmelerinde T-tipi çekme elemanlarının çekme kuvveti taşıma kapasitesi ortalama değerleri Tablo 1' de varyasyon katsayıları ile birlikte verilmiştir.

Tablo 1. T-Tipi Çekme Elemanlarının Çekme Kuvveti

Birleştirme Tipi	Ortalama (N)	Standart Sapma	Varyasyon katsayısı (%)
Kavelalı	2784,8	236,211	8,482
Zıvanalı	2096,4	399,286	19,046
Yekpare	3033	130,040	4,288

Birleştirme türüne göre yekpare birleştirmeler en yüksek dayanıma sahip çıkmış olup ortalama 3033 N olarak bulunmuştur. Kavelalı birleştirmelerde yekpare birleştirmelere yakın değerler (2784,8 N) vermesinden dolayı yekpare örnekler yerine de kullanılabilir. Zıvanalı birleştirmelerde değerler düşük çıkmıştır (2096,4 N).

T-tipi eğilme elemanlarının moment taşıma kapasiteleri

APK çerçeve konstrüksiyonlu mobilya birleştirmelerinde T-tipi eğilme elemanlarının moment taşıma kapasitesi ortalama değerleri Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. T-tipi eğilme elemanlarının moment taşıma kapasitesi

Birleştirme Tipi	Ortalama (N)	Standart Sapma	Varyasyon katsayısı (%)
Kavelalı	122,98	16,988	13,813
Zıvanalı	87,4	16,095	18,415
Yekpare	155,4	19,500	12,548

T-tipi çekme testinde olduğu gibi yekpare birleştirmeler en yüksek çıkmış olup ortalama 155,4 N

olarak bulunmuştur. Kavelalı birleştirmeler ise (122,98 N) vermesinden dolayı yekpare örnekler yerine de kullanılabilirlerdir.

H-tipi birleştirme elamanlarının kesme kuvveti taşıma kapasiteleri

APK çerçeve konstrüksiyonlu mobilya birleştirmelerinde H-tipi kesme elemanlarının kesme kuvveti taşıma kapasitesi ortalama değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. H-tipi birleştirme elemanları kesme kuvveti

<i>Birleştirme Tipi</i>	<i>Ortalama (N)</i>	<i>Standart Sapma</i>	<i>Varyasyon katsayısı (%)</i>
<i>Kavelalı</i>	7861,34	1403,733	17,856
<i>Zıvanalı</i>	7552,58	1441,691	19,089
<i>Yekpare</i>	8394,27	865,047	10,306

Kesme kuvveti taşıma kapasitesi yekpare birleştirmeler ortalama (8394,27 N) , kavelalı birleştirmeler (7861,34 N) zıvanalı birleştirmeler (7552,58 N) olarak bulunmuştur.

Sonuçlar ve Öneriler

Yapılan çalışmada tüm test guruplarında zıvanalı birleştirmenin düşük çıkmasının sebebinin üretimde kullanılan pres sıcaklığının levhanın iç kısımlarına yeterli ısı şartlarını ulaştıramamasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Kalınlığı ince olan ön deneme üretimlerinde iç kısımlarda homojen bir yoğunluk ve homojen bir bağlanma görülürken üretilen levhaların 22 mm kalınlığa sahip olması nedeni ile plastik malzemede yeterince erime gerçekleşmemiş ve gerekli bağlanma sağlanamamıştır. Sonraki yapılacak bilimsel çalışmalarda bu sorun, pres süresinin veya sıcaklığın bir miktar artırılması ile çözülebileceği tahmin edilmektedir. Yekpare birleştirmede örnek bütünlüğü ve homojenliğinin sağlanması ve tek parça olması nedeni ile test değerlerin yüksek çıktığı görülmüştür. Bala'nın çam odununu ve PVC kullanarak yapmış olduğu tez çalışmasında değerlerin bir miktar düşük olduğu bunun nedeninin ise yapılan bu çalışmada levha yoğunluğunun (1,4 g/cm³) Bala'nın üretmiş olduğu levha yoğunluğundan (1,22 g/cm³) daha yüksek tutulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapılan testler göstermiştir ki kabuk kullanılan APK'lar odununu kullanılan APK'lar ile kıyaslandığında yakın değerler vermiştir. Bu veriler ışığında odununu yerine kabuk kullanılabilirliği görülmüş olup yekpare birleştirme veya kavelalı birleştirmelerinde mukavemet değerleri yakın çıkması nedeni ile birbirinin yerine tercih edilebileceği görülmüştür.

Kaynaklar

Acar, F.C., Altun, Z.G., Boza, A., (2012). Ege Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arn. Subsp. nigra var. caramanica) Orijini Denemesi: On Beşinci Yıl Sonuçları. *Teknik Bülten* Yayın No: 50.

Avcı, E. (2012). Ahşap Plastik Kompozitlerin Kullanım Performansları Üzerine Araştırmalar, *Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 298s.

Avcı, E., (2015). Orman Tali Atıkları Kullanılarak Elde Edilen Ahşap Plastik Kompozitlerin Dış Mekân Mobilyalarında Kullanımı, *Selçuk Teknik Dergisi*, 14(2), 577-589.

Aslankılıç, Z., (2008), Alev Geciktirici Katkı Maddelerinin PVC Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, *YL Tezi, İstanbul Üniversitesi FBE*, İstanbul..

Bala, E., (2017). Ahşap Plastik Kompozit Malzemelerden Üretilen Bazı Birleştirme Elemanlarının Mekanik Performans Özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi*, Muğla, TÜRKİYE

Çehreli, T. H., (1981). Yönlendirilmiş Yongalı Levhaların Üretimi, teknolojik özellikleri ve kullanma Yerleri, *K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 4(1), 98-120.

Gökalp, E., (2006). Odunsu Materyal Kullanımının Polyester Esaslı (Mermerit) Levhaların Bazı Teknolojik Özelliklerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, 116s.

Mengelöglü, F., Karakus, K., (2008a). Polymer-Composites from Recycled High-Density Polyethylene and Waste Lignocellulosic Materials, *Fresenius Environmental Bulletin*, 17(2), 211-217.

Mengelöglü, F., Karakus, K., (2008b). Thermal Degradation, Mechanical Properties and Morphology of Wheat Straw Flour Filled Recycled Thermoplastic Composites. *Sensors*, 8, 500-519.

Ray, D., Rout, J., (2005). Thermoset Biocomposites, in: Natural Fibers, *Biopolymers, and Biocomposites Mohanty*, 291-345, Boca Raton.

Dergiye başvuru tarihi: 11.02.2021 : Yayınlanmaya kabul edilme tarihi: 26.02.2021