

AHŞAP ESASLI TABAKALI KOMPOZİT PANELLERDE ÇEKİRDEK GEOMETRİSİNİN LEVHA YÜZEYİNE DİK ÇEKME DİRENCİNE OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, çekirdek katmanını farklı geometrik formlarda şekillenen ahşap esaslı kompozit panellerin levha yüzeyine dik çekme dirençleri incelenmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre; panellerin levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin azaldığı görülmüştür. Elde edilen verilere göre, geometrik oluklu panellerde; levha yüzeyine dik çekme direnci en yüksek 0,26 N/mm² ile trapez oluklu panellerde iken levha yüzeyine dik çekme direncinde en düşük değer ise 0,20 N/mm² ile liflevha yüzeyli dairesel ve dikdörtgen oluklu panellerde tespit edilmiştir. Elde edilen bu direnç değerlerinin TS EN 622-5 standardında belirtilen minimum değerlerin üzerinde oldukları için bu panellerin yapısal uygulamalarda ve ağaçışleri endüstrisinde kullanılabilir yeterliliğe sahip oldukları tespit edilmiştir. Deney numunelerinin kontrol numunelerine göre levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin düşük olması; kullanılan tutkalın kalitesi, yapışma yüzey alanı ve lif boyutlarına bağlı olarak gerçekleştiği söylenilebilir. Bu çalışmada incelenen ahşap esaslı kompozit panellerin mekanik dirençlerinin artırılması için; tutkal kalitesinin iyileştirilmesi, farklı geometrik formların araştırılması, matris yapıyı oluşturan liflerin boyutlarının küçültülüp; tutkal ile homojen bir şekilde karıştırılması, çekirdek katmanına uygulanan geometrik formların; yardımcı kalıplar vasıtası ile sıcaklık ve yüksek basınç altında preslenerek elde edilmesi gibi işlemlerin yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ahşap Esaslı Kompozit Panel, İç Yapışma Direnci, Geometrik Çekirdek, Oluklu Paneller

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF CORE GEOMETRY ON TENSILE RESISTANCE PERPENDICULAR TO THE PLATE SURFACE IN WOOD-BASED LAYERED COMPOSITE PANELS

ABSTRACT

In this study, the tensile strengths perpendicular to the plate surface of wood-based composite panels, whose core layer is shaped in different geometric forms, were investigated. According to the test results; it was observed that the tensile strength of the panels perpendicular to the plate surface decreased. According to the data obtained, in geometric corrugated panels; the highest tensile strength perpendicular to the sheet surface was found in the trapezoidal corrugated panels with 0.26 N/mm², while the lowest tensile strength perpendicular to the sheet surface was found in the circular and rectangular corrugated panels with the fiberboard surface with 0.20 N/mm². Since these obtained resistance values are above the minimum values specified in the TS EN 622-5 standard, it has been determined that these panels have the ability to be used in structural applications and woodworking industry. The low tensile strength of the test samples perpendicular to the plate surface compared to the control samples; it can be said that the quality of the glue used depends on the adhesion surface area and fiber dimensions. In order to increase the mechanical resistance of the wood-based composite panels examined in this study; improving the quality of glue, investigating different geometric forms, reducing the size of the fibers forming the matrix structure; homogeneously mixing with glue, geometric forms applied to the core layer; it is necessary to carry out processes such as obtaining by pressing under temperature and high pressure by means of auxiliary molds.

Keywords: Wood Based Composite Panel, Internal Adhesion Resistance, Geometric Core, Corrugated Panels

1. GİRİŞ

Kompozit; belirli bir amacı gerçekleştirmek için en az iki farklı malzemenin bir araya getirilmesidir. Meydana gelen bu yeni malzemedeki amaç; bileşenlerin hiçbirinde tek başına mevcut olmayan bir özelliğin elde edilmesidir. Diğer bir ifadeyle, hedeflenen doğrultuda malzemeyi meydana getiren bileşenlerin her birinden daha üstün niteliklere sahip yeni bir malzeme kompozisyonudur (Ersoy 2001).

Ahşap esaslı kompozit malzeme ise ahşap esaslı bir malzeme ile başka bir malzemenin farklı bağlayıcılar vasıtasıyla çeşitli yöntem ve teknikler kullanılarak bir araya getirilmesi sonucu oluşan yeni malzemedir.

Dünyadaki orman varlıkları; dünya nüfusunun artması sonucu hızlı bir şekilde tüketilmektedir. Bu da ağaç malzemenin gün geçtikçe azalmasına sebep olmaktadır. Bundan dolayı ağaçları sektöründe, ağaç malzemenin yerine ikame edilecek alternatif malzeme arayışı başlamıştır. Bu arayışlar doğrultusunda ahşap esaslı ürünler farklı şekillerde işlenerek ahşap esaslı farklı malzeme üretim sistemleri tercih edilmiştir. (Rowell, 2005). Farklı üretim teknikleri sonucunda elde edilen ahşap esaslı kompozit malzemeler farklı çeşitlerde üretilmektedirler.

Yongalevha ve liflevha gibi ahşap esaslı kompozit levhalara olan talep; son yıllarda gittikçe artmaktadır (Ayrılmış ve diğerleri, 2015). Mobilya ve ahşap yapı endüstrisine yoğun kullanım alanına sahip olan bu malzemelerin ahşap esaslı kompozit malzemelerin hammadde ihtiyacının sürdürülebilir biçimde karşılanabilmesi için hammadde kaynaklarının tekniğine uygun olacak düzeyde işletilmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle farklı materyallerin bir araya getirilmesi ile elde edilen hafif yapıdaki kompozit malzemeler günümüzde önem kazanmıştır (Güler ve Ulay, 2009). Dolayısıyla ağaçları endüstrisinde malzeme üretim teknolojisinin gelişmesiyle; ahşap esaslı kompozit malzemelerin hammadde kaynaklarının daha verimli kullanılmaları daha da önemli hale gelmiştir.

Ağaç malzeme; selüloz, hemiselüloz, lignin ve çeşitli ekstraktiflerin oluşturduğu kimyasal yapının meydana getirdiği doğal bir kompozit malzemedir (Saka, 1993). Ağaç malzemenin heterojen, higroskopik, anizotrop ve polimerik bir yapıda olması, mekanik direnç özelliklerini de etkilemektedir. Bu durum, her ağaç türünün farklı dayanım özellikleri göstermesine neden olmaktadır. Ahşap esaslı kompozit paneller ise ne kadar farklı üretim süreçlerinden geçirilerek elde edilmiş ise de, esas itibarı ile ağaç malzemeye ait yapısal özellikleri bünyelerinde barındırmaktadırlar. Bu nedenle, bu tür kompozit panellerin, kullanım yerindeki performanslarına ilişkin değerlendirmelerde kullanılmak üzere mekanik ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, liflevha'lara alternatif olarak, çekirdek tabakası farklı geometrik formlarda olan ahşap esaslı yeni bir kompozit malzeme üretilerek yüzeye dik yönde çekme direnci belirlenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Malzeme

Ahşap esaslı kompozit paneller, çekirdek (orta) katman ve yüzey katmanları olmak üzere üç katmandan meydana gelmektedir. Çekirdek katmanı; dairesel, dikdörtgen ve trapez olmak üzere 3 farklı geometrik formda tasarlanmış ve çekirdek katmanını oluşturan 10 mm kalınlığındaki liflevhalar CNC ağaç işleme makinesinde, tasarıma uygun olarak işlenmiştir. Hazırlanan çekirdek katmanların her iki yüzeyine 4 mm kalınlığında liflevha ve huş kontrplak yapıştırılarak Çizelge 1'de verilen kombinasyonlarda yeni kompozit panel hazırlanmıştır.

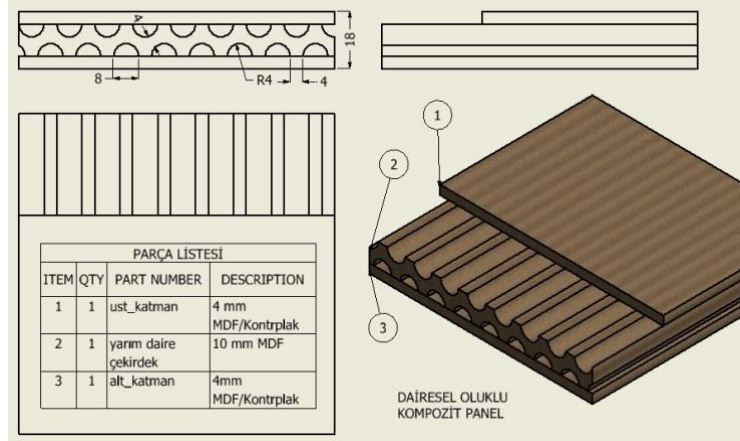
Çizelge 1. Ahşap esaslı kompozit paneli oluşturan bileşenler

Malzemenin adı	Cinsi	Kalınlığı	Yoğunluğu (gr/cm ³)	Kullanıldığı yer
Kontrplak	Huş	4 mm	0,69	Alt ve üst yüzeyler
Liflevha (MDF)	Odun Lifi	10 mm	0,77	Çekirdek katmanı
Liflevha (HDF)	Odun Lifi	4 mm	0,93	Alt ve üst yüzeyler

2.2. Yöntem

Bu çalışmada, kullanılan ahşap esaslı kompozit paneller aşağıdaki işlem basamakları takip edilerek üretilmiştir.

Ahşap esaslı kompozit panellerin çekirdek (orta) katman geometrisinin iki ve üç boyutlu tasarımı ve detay çözümlenmeleri Autodesk Inventor 2022 programında gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Tabakalı ahşap esaslı kompozit panelin net resmi ve izometrik görünüşü

Tasarım süreçleri tamamlanan ahşap esaslı kompozit panelin çekirdek katmanı, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaççileri Endüstri Mühendisliği Bölümü makine laboratuvarında bulunan SCM tech Z1 CNC ahşap işleme makinesinde işlenerek elde edilmiştir (Resim 1).



Resim 1. CNC ağaç işleme makinesinde çekirdek katmanının işlenmesi

CNC Ahşap işleme makinesinde elde edilen çekirdek katmanının her iki yüzeyine 4 mm kalınlığında lif levha (HDF) ve huş kontrplak panellerin yüzeylerine 110 ile 120 gr/m² hesabıyla üre formaldehit tutkalı sürülerek 110 °C sıcaklık ve 200 bar basınç altında yaklaşık 10 dakika preslenerek 105 x 140 cm ebadında ve 1,8 cm kalınlığında ahşap esaslı kompozit paneller elde edilmiştir (Şekil 2). Presleme işlemi, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaççileri Endüstri Mühendisliği Bölümü yapıştırma laboratuvarında bulunan hidrolik sıcak pres makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan presleme işlemi sonucunda elde edilen ahşap esaslı kompozit panellerin geometrik oluklarında Resim 2'de görüldüğü gibi herhangi bir deformasyon meydana gelmemiştir.

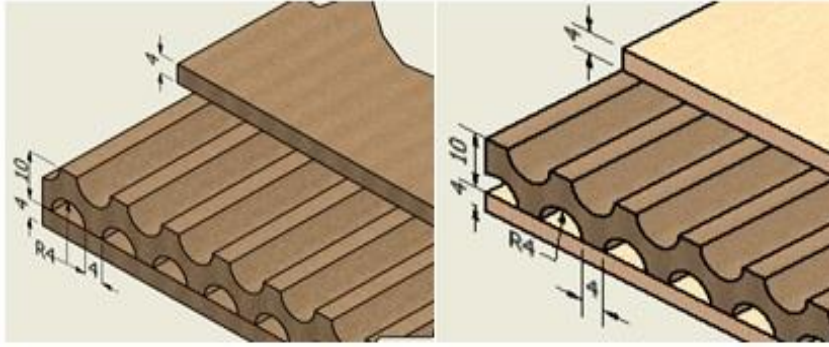


Resim 2. Çalışma kapsamında elde edilen geometrik oluklu paneller

Elde edilen panellerin şekilleri ve çekirdek katmanında bulunan oluk geometrisine göre yapılan isimlendirme işlemi maddeler halinde verilmiştir. Bu çalışma kapsamında üretilen paneller, 'Geometrik Oluklu Paneller' olarak isimlendirilmiştir.

2.3. Geometrik Oluklu Paneller

2.3.1. Dairesel oluklu panel

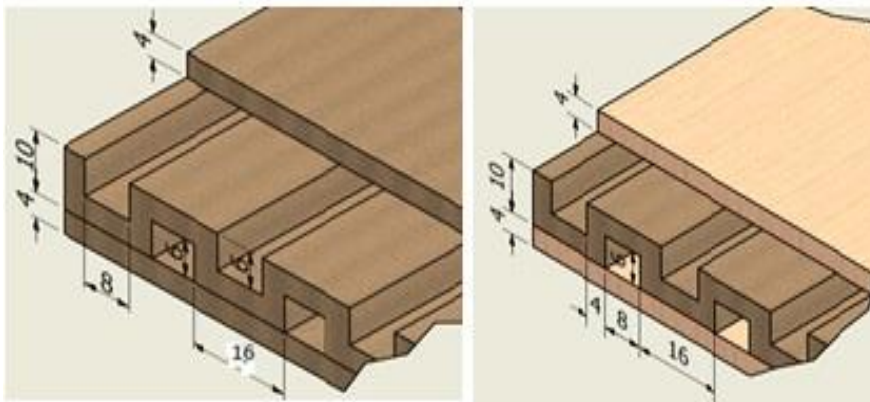


a)

b)

Şekil 2. Çekirdek katmanı dairesel oluklu panel; a) Liflevha (HDF) yüzeyli, b) Kontrplak (Huş) yüzeyli panel

2.3.2. Dikdörtgen oluklu panel

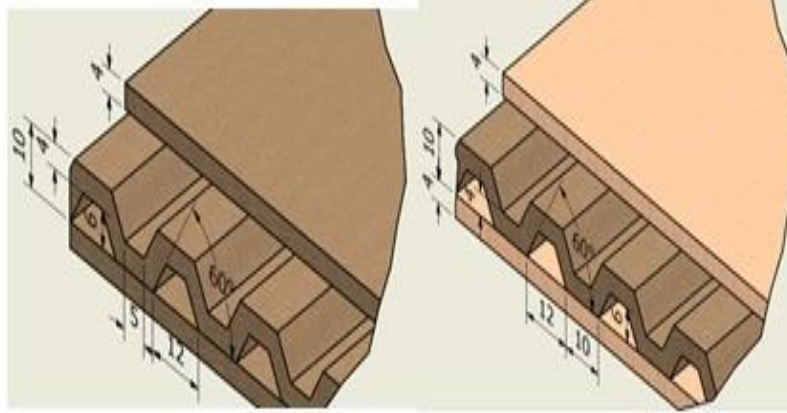


a)

b)

Şekil 3. Çekirdek katmanı dikdörtgen oluklu panel; a) Liflevha (HDF) yüzeyli, b) Kontrplak (Huş) yüzeyli panel

2.3.3. Trapez oluklu panel

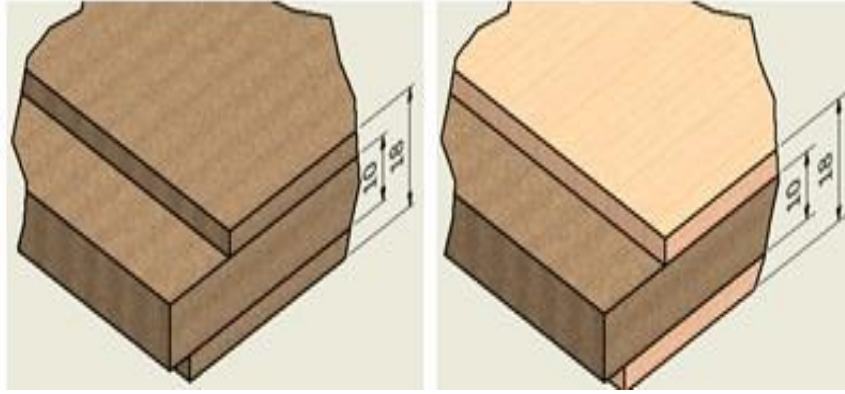


a)

b)

Şekil 4. Çekirdek katmanı trapez oluklu panel; a) Liflevha (HDF) yüzeyli, b) Kontrplak (Huş) yüzeyli panel

2.3.4. Kontrol grubu paneli



a)

b)

Şekil 5. Çekirdek katmanı düz liflevha olan kontrol grubu numunesi; a) Liflevha (HDF) yüzeyli, b) Kontrplak (Huş) yüzeyli panel

2.3. Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnç Testinin Yapılışı

Levha yüzeyine dik çekme deneyleri TS EN 319'a göre gerçekleştirilmiştir. Deney numunelerinin ölçüleri; 50 x 50 x 18 mm olup; her grup için 6 adet olmak üzere toplamda 48 adet deney numunesi hazırlanmıştır. Deney numuneleri ve deney blokları, poliüretan tutkalı ile birbirlerine yapıştırılmıştır. Daha sonra deney örnekleri, iklimlendirme dolabında % (65 ± 5) bağıl nem ve (20 ± 2)°C sıcaklıktaki olan bir ortamda değişmez kütleye erişinceye kadar kondisyonlanmıştır. Kondisyonlanan deney örnekleri test cihazına bağlanılarak Resim 2'deki gibi levha yüzeyine dik çekme kuvveti deneyine tabi tutulmuşlardır. Yüze dik çekme kuvveti deneyinde; deney örneklerinde oluşan kopma anındaki en büyük kuvvet kaydedilerek; Eşitlik 1'deki formüle göre hesaplanarak; yüze dik çekme dayanımları tespit edilmiştir.

$$f = \frac{F_{max}}{a \times b} \quad (1)$$

Burada;

F_{max} : Kopma yükü (Newton)

a, b: Deneysel parçanın uzunluk ve genişliği (mm) dir.



Resim 3. Deneysel Numunelerine levha yüzeyine dik çekme kuvvetinin uygulanılması

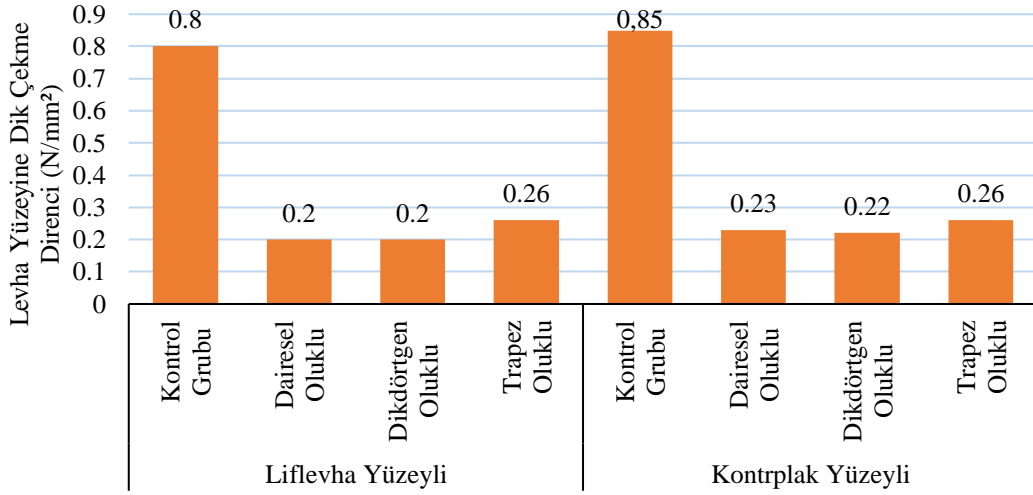
3. BULGULAR

Geometrik oluklu panellerin levha yüzeyine dik çekme direncine ait istatistiksel veriler ile panellerin hava kuruşu yoğunluk değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Geometrik oluklu panellerin levha yüzeyine dik çekme direnci (N/mm^2) ile ilişkin istatistiksel veriler ile hava kuruşu yoğunluk değeri

Yüzey Malzemesi	Çekirdek Geometrisi	N	X_{min}	X_{max}	$X_{ort.}$	Std. Sp.	d (g/cm^3)
Liflevha	Kontrol Grubu	6	0,77	0,84	0,80	0,024	0,82
	Dairesel Oluklu	6	0,17	0,26	0,20	0,016	0,62
	Dikdörtgen Oluklu	6	0,18	0,22	0,20	0,026	0,67
	Trapez Oluklu	6	0,22	0,29	0,26	0,030	0,63
Kontrplak	Kontrol Grubu	6	0,79	0,92	0,85	0,052	0,79
	Dairesel Oluklu	6	0,20	0,26	0,23	0,023	0,53
	Dikdörtgen Oluklu	6	0,19	0,25	0,22	0,023	0,58
	Trapez Oluklu	6	0,21	0,31	0,26	0,040	0,55

Çizelge 2’ye göre geometrik oluklu panellerin levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin ortalama değerlerine bakıldığında; en yüksek ortalama değer; kontrol gruplarında meydana gelmiştir. Çekirdek katmanları farklı geometrik formlarda biçimlendirilmiş olan panellerde ise levha yüzeyine dik çekme direnci, en yüksek liflevha yüzeyli, trapez oluklu panelde $0,26 N/mm^2$ iken en düşük ortalama direnç değeri ise liflevha yüzeyli, dairesele oluklu panelde $0,20 N/mm^2$ olduğu tespit edilmiştir. Şekil 7’ye göre geometrik oluklu çekirdeğe sahip panellerin levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin birbirlerine yakın değerlerde olduğu; ancak trapez oluklu geometrik çekirdeğe sahip panellerin levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin hem liflevha ve hem de kontrplak yüzeyli panellerde daha yüksek olduğu görülmektedir. Geometrik oluklu panellerin levha yüzeyine dik çekme direncine ait sütun grafiği Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 6. Geometrik oluklu panellerin levha yüzeyine dik çekme dirençlerine (N/mm²) ait sütun grafiği

Şekil 7'ye göre geometrik oluklu çekirdeğe sahip kontrplak yüzeyle panellerde levha yüzeyine dik çekme direnci, liflevha yüzeyle dikdörtgen ve dairesel oluklu çekirdeğe sahip panellere göre %10 ile %15 oranında daha fazla olduğu görülmektedir.

Geometrik oluklu ahşap esaslı kompozit panelleri meydana getiren faktörlerin tekli ve ikili etkileşimlerinin levha yüzeyine dik çekme dirençlerine olan etkilerinin anlamlılık düzeylerinin tespiti için yapılan çoklu varyans analiz sonucu Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Geometrik oluklu panellerin levha yüzeyine dik çekme dirençlerine ait çoklu varyans analizi

Varyanslar	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık düzeyi (p<0,05)
Yüzey	,006	1	,006	5,959	0,019
Çekirdek	3,148	3	1,049	1068,439	0,000
Yüzey * Çekirdek	,003	3	,001	1,145	0,343
Hata	,039	40	,001		
Toplam	9,954	48			
Düzeltilmiş Hata	3,196	47			

Çizelge 3'teki çoklu varyans analizine göre geometrik oluklu panellerin levha yüzeyine dik çekme dirençlerine; yüzey malzemesi ve çekirdek geometrisi faktörlerinin tekli etkileri istatistiksel (p<0,05) olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Ancak yüzey malzemesi ve çekirdek geometrisi faktörlerinin ikili etkileşimlerinin levha yüzeyine dik çekme direncine olan etkileri ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca çekirdek geometrisi faktörünün, panellerin levha yüzeyine dik çekme direncine etkisinin yüksek düzeyde (F:1068,439) olduğu görülmektedir. Levha yüzeyine dik çekme direncine istatistiksel olarak anlamlı etkisi bulunan faktörlerin grupları arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4 – 5'te verilmiştir. Yüzey malzemesi faktörüne göre geometrik oluklu panellerin levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin homojenlik grupları Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Yüzey malzemesine göre geometrik oluklu panellerin levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin homojenlik grupları

Geometrik Oluklu			
Yüzey Malzemesi	N	\bar{X} (N/mm ²)	HG
Liflevha	24	0,36	A
Kontrplak	24	0,39	A
LSD: 0,06			

Çizelge 4'e göre geometrik oluklu panellerin levha yüzeyine dik çekme direncine etkisi anlamlı olan yüzey malzemesi faktörünün grupları arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılan Duncan testi sonucunda grupların ortalamaları arasında sayısal olarak fark olmasına rağmen istatistiksel olarak bu farkın anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Geometrik oluklu panellerin çekirdek geometrisi faktörüne göre levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin homojenlik grupları Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Geometrik oluklu panellerin çekirdek geometrisine göre levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin homojenlik grupları

Geometrik Oluklu			
Çekirdek Geometrisi	N	\bar{X} (N/mm ²)	HG
Dairesel Oluklu	12	0,21	C
Dikdörtgen Oluklu	12	0,22	C
Trapez Oluklu	12	0,26	B
Kontrol Grubu	12	0,82	A
LSD:0,03			

Çizelge 5'e göre geometrik oluklu panellerde; çekirdek geometrilerine göre gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre geometrik oluklu çekirdeğe sahip panellerin levha yüzeyine dik çekme direnci değerlerinin kontrol numunelerinden anlamlı düzeyde ($p<0,05$) farklı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca geometrik oluklu panellerden trapez oluklu çekirdeğe sahip panelin levha yüzeyine dik çekme direncinin dairesel oluklu ve dikdörtgen oluklu çekirdeğe sahip panellerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dairesel oluklu ve dikdörtgen oluklu çekirdeğe sahip panellerin levha yüzeyine dik çekme dirençlerinde ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir.

4. SONUÇLAR ve TATIŞMA

Yapılan çalışmada, ahşap esaslı kompozit panellerin çekirdek katmanlarına farklı geometrik olukların işlenmesi ile panel yoğunluklarında kontrol grubu numunelerine göre %23 ile %33 oranında azalma meydana gelmiştir. Geometrik oluklu çekirdeğe sahip panellerin yoğunluklarında meydana gelen azalmaya oranla levha yüzeyine dik çekme dirençlerinde tespit edilen düşüşün daha fazla olduğu (Kontrol grupları için ortalama 0,83 N/mm², geometrik oluklu paneller için, ortalama 0,23 N/mm²) tespit edilmiştir. Bu azalmanın nedeni ise çekirdek katmanında işlenen geometrik formlardan dolayı yapışmanın gerçekleştiği yüzey alanının azalmasından kaynaklandığı söylenilebilir. Tosello ve Hansen, yapışma direnci, yüzey pürüzlüğünün yanında yüzey alanı ile de oransal olarak ilişkili olduğunu belirtmişlerdir (Tosello ve Hansen, 2006). Çizelge 5'teki ortalama sonuçlar bu ifadeyi doğrulamaktadır. Ahşap esaslı kompozit panellerin yapışma yüzey alanlarına bakıldığında; kontrol grubu numunelerine göre kare ve daire oluklu çekirdek katmana sahip panellerin yapışma yüzey alanı %68 oranında azalmış iken trapez oluklu çekirdek katmana sahip panelin yapışma yüzey alanı ise %54 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Çoklu varyans analizine göre istatistiksel olarak anlamlı çıkan faktörlerin grupları arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçlarına göre panellerin yüzeylerinin farklı olması; levha yüzeyine dik çekme direnci açısından önemli olmadığı tespit edilmiştir. Fakat çekirdek geometrisinin levha yüzeyine dik çekme direncine olan etkisinin anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Yapılan testler sonucunda geometrik oluklu çekirdeğe sahip panellerde, levha yüzeyinde dik çekme direnci; en yüksek 0,26 N/mm² ile trapez oluklu panelde meydana gelmiştir. Bunun sebebi ise trapez oluklu çekirdek katmanına sahip panelin yapışma yüzey alanının diğer geometrik oluklu çekirdeklere sahip panellerdeki yapışma yüzey alanından daha fazla olmasına bağlı olarak gerçekleştiği söylenilebilir.

TS EN 622-5 (2011)'e göre, kuru şartlarda kullanılacak ve yük taşıma amaçlı olmayan genel kullanım amaçlı levhalarda levha yüzeyine dik çekme direnci; 12 mm ile 19 mm kalınlıkları arasındaki levhalar için alt değer 0,45 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada, geometrik oluklu çekirdeğe sahip ahşap esaslı kompozit panellerin levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin ilgili standard'da belirtilen alt limit değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

TS EN 312 (2005)' ye göre, kuru şartlarda kullanılacak yük taşıma amaçlı olmayan genel kullanım amaçlı levhalarda levha yüzeyine dik çekme direnci ise 13 mm ile 20 mm kalınlıkları arasında bulunan levhalarda

minimum 0,24 N/mm² olarak belirtilmiştir. Yürütülen çalışmada ise geometrik oluklu çekirdeğe sahip ahşap esaslı kompozit panellerden, sadece trapez oluklu çekirdeğe sahip panelin levha yüzeyine dik çekme direncinin ilgili standard'da belirtilen minimum direnç değerinden fazla olduğu tespit edilmiştir. Fakat ilgili standard yongalevha'ların iç yapışma dirençleri için geçerli olsa da; çalışmada elde edilen ahşap esaslı kompozit panellerin söz konusu yongalevha'ların kullanıldıkları yerlerde kullanılabilme özelliğine sahip olmaları bakımından önemli olduğu belirtilmektedir.

TS EN 622-5 (2011)'e göre kuru şartlarda kullanılan ultra hafif liflevhalar için levha yüzeyine dik çekme direnci en az 0,15 N/mm² olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen bütün ahşap esaslı kompozit panellerin levha yüzeyine dik çekme dirençleri ise standard'da belirtilen minimum değer üstünde olduğu tespit edilmiştir. Ayrılmış, standard MDF (Orta yoğunluktaki liflevha)'nin yoğunluğu 0,65 gr/cm³ ile 0,80 gr/cm³, hafif MDF'nin yoğunluğu 0,55 gr/cm³ ile 0,65 gr/cm³ ve ultra hafif MDF'nin yoğunluğu ise 0,45 gr/cm³ ile 0,55 gr/cm³ aralığında olduğunu belirtmiştir (Ayrılmış, 2000). Yapılan çalışmada elde edilen ahşap esaslı kompozit panellerin yoğunlukları ise 0,53 gr/cm³ ile 0,67 gr/cm³ aralığında oldukları tespit edilmiştir.

Yaptığı çalışmada tüm gruplar için elde ettiği levha yüzeyine dik çekme direnci değerlerinin; yukarıda belirlenen standard değerlerden daha düşük olduklarını tespit etmiştir. Bunun nedeni ise matris malzemedeki iç yapışmadan kaynaklandığını belirtmiştir (Kaya, 2015).

Türkiye'de yonga levha üreten 16 farklı işletmeden tedarik ettikleri levhaların yüzeye dik çekme direnç değerlerinin 0,15 N/mm² ile 0,76 N/mm² arasında değiştiğini belirtmişlerdir (Gündüz ve Yılmaz, 2005).

Yapılan çalışmada elde edilen geometrik oluklu çekirdek katmanına sahip ahşap esaslı kompozit panellerin levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin yukarıda belirtilen standartlardaki minimum değerlere uygun olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan deneyler sonucunda tespit edilen levha yüzeyine dik çekme direnci değerlerinin; daha önce yapılmış olan benzer çalışmalardaki levha yüzeyine dik çekme dirençlerine benzer oranlarda olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak yapılan bu çalışmada; levha yüzeyine dik çekme direnci değerlerinin kontrol grubu numunelerinin levha yüzeyine dik çekme dirençlerinden daha düşük çıkmasının nedeni;

- Levha üretiminde kullanılan tutkal türü, kullanılan tutkal oranı, pres aşamasında kullanılan basınç miktarı, uygulanan sıcaklık değeri ve pres sürelerinden kaynaklandığı söylenebilir.

- Levha yüzeyine dik çekme direnci deneyinde meydana gelen kopmalar en büyük kuvvet anında çekirdek katmanında gerçekleşmiştir. Özellikle çekirdek katmanının her iki yüzeyine işlenen geometrik biçimlendirmelerin etkisiyle, yapışma yüzey alanının azaldığına bağlı olarak gerçekleştiği söylenilebilir.

- Çekirdek katmanında kullanılan lif boyutlarının, yüzey katmanlarında kullanılan lif boyutlarından daha büyük oldukları düşünüldüğünde direnç değerlerinin düşük çıkması beklenilebilir.

Levha yüzeyine dik çekme kuvveti direncinin artırılması için şunlar önerilebilir.

- Farklı geometrik formlu çekirdek katmanına sahip paneller üretilebilir.

- Çekirdek katmanındaki lif boyutları daha küçük ve homojen hale getirilebilir,

- Çekirdek katmanının oluşturulmasında kullanılan tutkalın kalitesi artırılabilir.

- Tutkal oranı, pres basıncı, pres sıcaklığı ve pres süresi ile ilgili optimum değerlerin tespiti için araştırmalar yapılabilir.

- Farklı üretim şekilleri (Kalıpla üretim gibi) geliştirilebilir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışmada kullanılan malzemelerin tedarik edilmesi ve deneylerin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan finansal giderler; Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma projeleri Koordinasyon Birimi tarafından kabul edilen **FDK-2021-7201** Kod No'lu BAP projesi ile sağlanmıştır.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve yasal özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Bu çalışmada yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

YAZARLARIN KATKILARI

Hasan Özgür İMİRZİ: Kavramsallaştırma, metodoloji, doğrulama, analiz, yazma-inceleme ve düzenleme, gözetim ve liderlik sorumluluğu. Musa KAYA: Yazma-orijinal taslak hazırlama, veri toplama, verinin düzenlenmesi, görselleştirme sorumluluğunu üstlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Ayrılmış, N. 2000. MDF'nin teknolojik özellikleri üzerine ağaç türünün etkisi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ayrılmış, N., Ulay, G., Bağlı, F. E. ve Özkan, İ. (2015). Ahşap Sandviç Kompozit Levhaların Yapısı ve Mobilya Endüstrisinde Kullanımı. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15(1), 37-48.
- Güler C., Ulay G. 2010. Köpüklü kompozit (sandviç) levhaların bazı teknolojik özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A(2)*, 88- 96.
- Gündüz, G., Yılmaz, A.Z., 2005. Türkiye'de 16 Farklı Tesiste Üretilen Yonga Levhaların Teknolojik Özellikleri, *ZKÜ, Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 7(8).
- H. Y. Ersoy, Kompozit malzeme, 1. Baskı, İstanbul, Türkiye: Literatür Yayınları, 2001.
- Kaya, A. İ. 2015. Atık kâğıtlardan geri kazanılmış liflerden kompozit malzeme üretim olanaklarının araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi.
- Rowell, R.M., (2005), Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, Taylor and Francis Group, Boca Raton.
- Saka, S. (1993). Structure and chemical composition of wood as a natural composite material. In Recent Research on Wood and Wood-Based Materials, *Elsevier*, pp. 1-20.
- Tosello, G., Hansen, H.N., 2006. In-process assembly of micro metal inserts in a polymer matrix, in 4M 2006 - Second International Conference on Multi-Material Micro Manufacture.
- TS EN 312, 2005. Yonga Levhalar – Özellikler, TSE, Ankara.*
- TS EN 319, 1999. Yonga Levhalar ve Lif Levhalar - Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini, TSE, Ankara.*
- TS EN 622-5, 2011. Lif Levhalar - Özellikler - Bölüm 5: Kuru İşlemli Levhalar (MDF) İçin Gereker, TSE, Ankara.*