

## Orman ve Tarım Atıklarından Sürdürülebilir Bitkisel Lifli Düşük Yoğunluklu Kompozit İzolasyon Levhası Üretimi

Mehmet YAŞAR<sup>1\*</sup>, Mustafa ALTUNOK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Endüstriyel Tasarım Bölümü, Dinar UBYO, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye

<sup>2</sup> Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

\*1 myasar@aku.edu.tr, <sup>2</sup> altinok@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 21/06/2023;

Kabul/Accepted: 28/07/2023)

**Öz:** Orman ve tarım atıklarının kaynak oluşturma seviyesini iyileştirmek amacıyla fidan dikiminde kullanılmak üzere tohumları alınmış çam kozalakları ile hasat süreci tamamlanmış ayçiçeğinin sonraki ürün ekilebilmesi için tarladan uzaklaştırılması gereken ayçiçeği saplarının tercihiyle lifli organik izolasyon bileşenleri kullanılması amaçlanmıştır. Kompozit panel ürünlerinin hammaddesi olma potansiyeli fikrinden yararlanmak için birçok araştırmalar yapılmaktadır. Bu makalede, orman ve tarım atıklarından olan çam kozalağı ile ayçiçeği sapı, sürdürülebilir bitkisel lifli geri dönüştürerek yapısal faaliyetlerde uygulanabilir çevre dostu kompozit düşük yoğunluklu izolasyon levhası üretimi amaçlanmıştır. En yüksek, ısı iletkenlik katsayısı çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı katkılı 40 mm kalınlığındaki örneklerde 147,67 W/mK; ısı geçirgenlik katsayısı çam kozalağı 50 mm kalınlığındaki örneklerde 2,94 W/m<sup>2</sup>K tespit edilmiştir. En yüksek eğilme direnci çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı katkılı 40 mm kalınlığındaki örneklerde 162,21 N/mm<sup>2</sup>; elastikiyet modülü çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı katkılı 40 mm kalınlığındaki örneklerde 292,05 MPa; yüzeye dik çekme direnci çam kozalağı 50 mm kalınlığındaki örneklerde 81,89 N/mm<sup>2</sup>; vida tutma direnci çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı katkılı 50 mm kalınlığındaki örneklerde 68,89 N/mm<sup>2</sup> tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Sürdürülebilirlik, kompozit, atık, çam kozalağı, ayçiçeği sapı

## The Production of Sustainable Low Density Composite Insulation Boards with Vegetable Fibre from Forestry and Agricultural Wastes

**Abstract:** In order to improve the resource generation level of forest and agricultural wastes, it was aimed to use fibrous organic isolation components by choosing pinecones whose seeds have been removed to be used in planting saplings and sunflower stems which need to be removed from the field in order to plant the next crop of sunflower after completing harvesting process. A lot of research is carried out to take advantage of the raw material potential of composite panel products. This study aims to produce an environmentally friendly composite low-density insulation board which can be utilized in structural activities by recycling pinecones and sunflower stems with sustainable vegetable fiber from forestry and agricultural wastes. The highest coefficient of thermal conductivity was found as 147,67 W/mK in samples with a thickness of 40 mm in pinecones with added sunflower stems; the thermal conductivity coefficient was determined as 2,94 W/m<sup>2</sup>K in samples with a thickness of 50 mm in pinecone. The highest adhesive strength was determined as 162,21 N/mm<sup>2</sup> in samples with a thickness of 40 mm in the pinecone with added sunflower stems. The modulus of elasticity was found as 292,05 MPa in samples with a thickness of 40 mm in the pinecone with added sunflower; vertical adhesive strength of the pinecone was determined as 81.89 N/mm<sup>2</sup> in samples with a thickness of 50 mm; screw withdrawal resistance was determined as 68,89 N/mm<sup>2</sup> in samples with a thickness of 50 mm in pinecones with added sunflower stems.

**Key words:** Sustainability, composite, waste, pine cone, sunflower stalk.

### 1. Giriş

Günümüzde izolasyon malzemelerinin üretimine yönelik teknolojik çözümler, çoğunlukla silis kaynaklarından elde edilen cam elyafına veya petrolden elde edilen diğer sentetik elyaflara dayalı, büyük miktarda yenilenemeyen doğal kaynakları kullanır. İzolasyon levhası üretiminde enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> salınımı doğal hammaddelerin kompozit yapı malzemesi olarak tercihlerinde önemli etkenlerdendir [1,2]. 21. yüzyılın en önemli zorluklarından biri, her düzeyde enerji kaynağı ve çevresel bağlamda sürdürülebilirliği sağlamaktır [3].

Yeni Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi, döngüsel bir ekonomi stratejisi ile yaşam döngüsünün sonundaki bir ürünün üretim sürecine geri döndürülerek, malzeme girdisini azaltmayı, atık oluşumunu ve enerji kullanımını en aza indirilerek bir ürünün uzun süreli değerini korumayı amaçlar. Bitkisel hammaddelerden üretilen ekolojik

\* Sorumlu yazar: [myasar@aku.edu.tr](mailto:myasar@aku.edu.tr). Yazarların ORCID Numarası: <sup>1</sup> 0000-0002-7699-6663, <sup>2</sup> 0000-0002-2048-1994

yalıtım panellerinin yapı sektöründe kullanımının giderek artmasıyla doğada ciddi bir sorun olan bertaraf edilme problemi de olmaktan kalkmaktadır [4]. Tarımsal atıklar olarak vasıflandırılan ürünlerin yeniden değerlendirilmelerine ve atıktan ikincil ham maddeye dönüştürülmeleri sağlanmaya imkan verir. İnşaat sektöründe, bu malzemelerin hammadde olarak kolay kullanılabilirliği, basitliği, uygulanabilirliği, düşük maliyeti, termal ve akustik özellikleri sayesinde sürdürülebilir atık değerlendirme amaçlarına ulaşılmaktadır [5-6]. Doğal maddelerden buğday samanı kil ve su bazlı boya kullanılarak doğa dostu yalıtım malzemeleri geliştirilmiştir [7]. Termal, higrometrik ve biyolojik özelliklerini değerlendirmek sıkıştırılmış saman balyası için ham koyunyünü, ağaç lifi, kenevir, keten ve gibi bazı doğal malzemelerle çeşitli testler yapılmıştır. Buğday samanı esaslı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenliğinin test sonuçlarında mineral yüne göre %25 daha yüksek olduğu görülmüştür. Özellikle keten ve kenevir lifleri çok düşük bir termal iletkenliğe (0,052 W/mK) ulaşmıştır [8]. Sürdürülebilir bir bina yapımında saman balyasının, sıva uygulaması ile potansiyel kullanımına ilişkin niceliksel bir değerlendirmesini veren çok katmanlı bir yapı malzemesi geliştirilmiştir [9]. Saman balyası ve toprak gibi doğal malzemeler, işlenmiş malzemelerden daha az somutlaşmış enerjiye sahiptir. Bunların binalarda kullanılmasıyla sürdürülebilirliğe değerli bir katkı sağlanabilir [10-12]. Soğuk iklimin hakim olduğu yerleşim alanlarında çevre dostu ısı yalıtımı sağlamak amacıyla atmosfere salınan CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması dikkate alınarak, saman-keten nimet levhalarının kullanılıp kullanılmayacağı test edilmiştir. En iyi termofiziksel ve mekanik performans, optimum yapısını sağlamaya olanak tanıyan, farklı boyut ve şekle sahip liflerden oluşan termal kompozit yapıya sahip yalıtım malzemelerde elde edilmiştir [13]. Agregata olarak geri dönüştürülmüş cam ve çimentonun kısmi ikamesi olarak yakılmış lağım çamuru külü (ISSA) kullanarak yeşil bir beton bölme duvar bloğu oluşturulmuştur. Bölme duvar bloklarının inşası için atık cam ve ISSA uygulamaları, yalnızca atıkların yeniden kullanılması için alternatif bir yaklaşım sağlamakla kalmayıp aynı zamanda iyi bir termal performans sağladığı tespit edilmiştir [14]. Kilden çok hafif tuğla üretiminden kaynaklanan toz kalıntısı, asetilen üretiminden sönmüş kireç atığı ve atölyelerden gelen atık alüminyum tozları karıştırılarak elde edilen levhalarda 0,26 W/mK den daha düşük bir termal iletkenlik katsayısı elde ediliyor [15]. Ahşap malzemenin yapışma kalitesi ve mukavemeti, yapısal ve dış mekan uygulamaları için önemlidir [16]. Günümüzde ahşap plastik kompozitlerin birbirinden farklı ortamlarda kullanıldığı belirtilmiştir. Ahşap plastik kompozitlerin imalatında talaş tozu ile bir polimer belirli oranlarda karıştırılarak ekstruder makinesinden geçirilip son haline dönüştürülmüştür [17].

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Çalışmada Afyon ve Dinar orman fidanlık şefliklerinden tohumları alınmış karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) kozalağı ile Afyonkarahisar ili Sandıklı ilçesi Sorkun köyünde hasat işlemi tamamlanmış ayçiçeğinin (*Helianthus annuus* L.) sapı kullanılmıştır. Ülkemizdeki ibreli orman varlığı 10.969.246 ha. [18] ve ayçiçeği üretimi 2 milyon ton ve ekim alanı 728 bin ha. [19] olarak tarım ve orman bakanlığı verilerinde tespit edilmiştir. Üre formaldehit tutkalı, tutkalın sertleştirilmesinde katalizör olarak amonyum sülfat ve parafin Gentaş AŞ bayisinden temin edilmiştir. İzolasyon levhası üretiminde kullanılan çam kozalağı ve ayçiçeği sapının kimyasal özelliklerine ilişkin bilgiler Tablo 1 de verilmiştir.

**Tablo 1.** Çam kozalağı [20] ve ayçiçeği sapının [21-22] kimyasal bileşimi

Çam kozalağı kimyasal özellikleri	İçerik	Ayçiçeği sapı kimyasal özellikleri	İçerik
Glikoz (%)	46,2	Holoselüloz (%)	66,9
Mannoz (%)	24,6	%1 NaOH çözümleri (%)	50,4
Klason lignin (%)	23,8	$\alpha$ -selüloz (%)	37,6
Etanol/toluen ekstraktifleri (%)	6,4	Sıcak suda çözümler (%)	22,1
Galaktoz (%)	4,0	Lignin (%)	10,8
Ksiloz (%)	3,5		
Asitte çözümler lignin (%)	0,7		
Kül (%)	0,4		
Arabinoz (%)	0,01		

İzolasyon levhalarının üretiminde kullanılan tutkal türünün kimyasal özellikleri, parafinin kimyasal özellikleri ve sertleştiricini kimyasal özellikleri ilişkin veriler Tablo 2 de verilmiştir.

**Tablo 2.** İzolasyon levhasının üretiminde kullanılan kimyasalların özellikleri

Özellikler	1,12 mol ÜF	Parafin	Sertleştirici
Yoğunluk (20 °C g/cm <sup>3</sup> )	1.205	0,92	0,90
Katı madde	60±1	55	20
pH değeri	7-8,5	8-9	7
Vizkosite (25 °C cps) (sn)	15-45	15-30	-
Raf ömrü (gün)	75	45	-
Metilol grups (%)	12-15	-	-
Jel zamanı (100°C) (20% (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) (sn)	20-55	-	-
Serbest formaldehit (%) (max)	0,18	-	-

## 2.2. Metot

Kompozit izolasyon 0,4 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluklu levhaların üretimi için boyu 1000 mm eni 500 mm kalınlıkları 30 mm, 40 mm ve 50 mm olan kalıplar hazırlanmıştır. Firmanın önerileri doğrultusunda PH değeri 5 olan su ile (formaldehit ile aynı oranda) üre ve formaldehit 1/2 mol oranında karıştırılmak suretiyle tutkal çözeltisi elde edilmiştir. Öğütülmüş çam kozalaklarına ağırlıkça %11 oranın tutkal eklenerek 5 dakika süre ile kısıtlanmak koşuluyla homojen bir karışım elde edilene kadar karıştırılmıştır. Cemil Usta firmasına ait SSP 80 model sıcak preste 100 °C sıcaklık ve 100 ton baskı gücü altında 30 dakika süre ile hazırlanan karışım kalıp içerisine serilip dozajlama yapıldıktan sonra presleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çam kozalağına %6 oranında ayçiçeği sapı ilaveli olarak basılacak levhalarda hazırlanan çam kozalağı tutkal karışımının yarısı kalıba serilmiş ve üzerine ayçiçeği sapları levhanın tek sıralı olma şartıyla boyuna ve enine yönde aralarında 3 cm boşluk olacak şekilde sıralanmıştır. 2,5-3 cm çapındaki ayçiçeği sapları sıralandıktan sonra üzerine çam kozalağı tutkal karışımının kalan yarısı serilip dozajlama işlemi gerçekleştirildi. Levhaların hava kurusu yoğunluk, rutubet oranı, ısı iletkenlik katsayısı, ısı geçirgenlik katsayısı, eğilme direnci, elastikiyet modülü, basınç direnci, yüzeye dik çekme direnci ve yüzeye dik vida tutma direnci değerleri tespit edilmiştir.

**Şekil 1.** Kompozit levhaların hazırlık aşamaları

### 2.2.1. Fiziksel ve Mekanik özelliklerin belirlenmesi

Çalışmada yapılan fiziksel, termal ve mekanik özellikler ile standartları Tablo 3 de yer almaktadır.

**Tablo 3.** Fiziksel, termal ve mekanik özellikler ile standartlar

Özellikler	Standartlar
Hava Kuru Yoğunluk	TS EN 323, 1999 [23]
Rutubet Belirleme	TS EN 322, 1999 [24]
Isı İletkenlik Katsayısı	TS EN 12667, 2003 [25]
Isı Geçirgenlik (Yalıtım) Katsayısı	TS EN 12667, 2003 [25]
Eğilme Direnci	TS EN 310, 1999 [26]
Elastikiyet Modülü	TS EN 310, 1999 [26]
Yüze Dik Çekme Direnci	TS EN 319, 1999 [27]
Yüze Dik Vida Tutma Direnci	TS EN 13446, 2005 [28]

### 2.2.2. İstatistik hesaplarının yapılması

Yapılan testler sonucunda elde edilen veriler Excel programında kaydedilip her test için aritmetik ortalamalar, standart sapmalar ile varyasyon katsayıları hesaplanmış ve ilgili tablolara aktarılmıştır. İstatistik hesaplamalar MSTAT-C paket programında yapılmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkların incelenmesinde LSD ve Duncan testleri, tek faktörlü ve çok faktörlü varyans analizi yapılmıştır.

### 3. Bulgular

Çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli levhaların fiziksel ve termal özelliklerin ortalama değerleri Tablo 4 de ve ilgili görseller Şekil 2' de verilmiştir.

**Tablo 4.** Fiziksel ve termal özelliklerin ortalama değerleri

Levha Türü	Levha Kalınlığı	x	Sx	v		
Hava Kuru Yoğunluk	Çam Kozalağı	30 mm	0,41	0,02	0,06	
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli	40 mm	0,41	0,02	0,04	
		50 mm	0,43	0,02	0,04	
		30 mm	0,41	0,01	0,03	
	Rutubet Miktarı	Çam Kozalağı	40 mm	0,42	0,01	0,03
			50 mm	0,43	0,02	0,04
30 mm			12,02	0,03	0,002	
Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli		40 mm	12,17	0,05	0,004	
		50 mm	12,43	0,08	0,01	
		30 mm	12,02	0,01	0,001	
Isı İletkenlik Katsayısı	Çam Kozalağı	40 mm	12,17	0,02	0,001	
		50 mm	12,42	0,02	0,002	
		30 mm	83,27	8,66	0,10	
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli	40 mm	86,58	8,24	0,10	
		50 mm	146,94	14,52	0,10	
		30 mm	84,67	5,39	0,06	
Isı Geçirgenlik Katsayısı	Çam Kozalağı	40 mm	147,67	62,67	0,42	
		50 mm	127,50	25,08	0,20	
		30 mm	2,50	0,64	0,26	
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli	40 mm	2,38	0,63	0,27	
		50 mm	2,94	0,29	0,10	
		30 mm	2,59	0,50	0,19	
Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli	40 mm	2,49	0,22	0,09		
	50 mm	2,60	0,15	0,06		

Hava kurusu haldeki (%12) ortalama yoğunluk miktarları en yüksek 0,43 gr/cm<sup>3</sup> ile çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli 50 mm kalınlığındaki örneklerde saptanmıştır. En düşük ise çam kozalağı 30 mm ile 40 mm kalınlığındaki örnekler ile çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli 30 mm kalınlığındaki örneklerde 0,41 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Rutubet miktarı en yüksek %12,02 ile çam kozalağından 50 mm kalınlığındaki örneklerde en düşük ise %12,02 olarak çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli 30 mm kalınlığındaki örneklerde tespit edilmiştir. Isı iletkenlik katsayısı en yüksek çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli 40 mm kalınlığındaki örneklerde 147,67 W/mK iken en düşük çam kozalağı 30 mm kalınlığındaki örneklerde 83,27 W/mK bulunmuştur. Ayçiçeği sapı ve 4 mm mdf kullanılarak yapılan çalışmada hava kurusu yoğunluk 0,22–0,33 gr/cm<sup>3</sup>, rutubet miktarı ise %4,47-%15,07, ısı iletkenlik katsayısı 0,036-0,076 W/mK olarak verilmiştir [29]. Isı geçirgenlik katsayısı çam kozalağından 50 mm kalınlığındaki örneklerde 2,94 W/m<sup>2</sup>K tespit edilirken en düşük çam kozalağından 40 mm kalınlığındaki örneklerde 2,38 W/m<sup>2</sup>K saptanmıştır. Doğan 2021, ısı iletkenlik katsayısı 104,9–130,9 W/mK ve ısı geçirgenlik katsayısını 5,84–7,21 W/m<sup>2</sup>K arasında bulunmuştur [30]. Karton ve ahşap esaslı yapmış olduğu levhalardan elde etmiş olduğu örneklerde hava kurusu yoğunluğu 0,65–0,70 gr/cm<sup>3</sup>, rutubet miktarı %6-%7, ısı iletkenlik katsayısı 0,078 - 0,094 W/mK, ısı geçirgenlik katsayısı değerleri ise ortalama 4,170-5,530 W/m<sup>2</sup>K arasında hesaplanmıştır [31].



**Şekil 2.** Fiziksel ve termal özelliklerin belirlenmesi

Yapılan varyans analizi sonucunda; çam kozalağı ve %6 ayçiçek sapı ilaveli levhalardan hazırlanan deney numunelerinin, levha türü, levha kalınlığı ve etkileşimleri ile hava kurusu yoğunluk miktarları arasında önemli (0,05) farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 5).

**Tablo 5.** Hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	Pr>F
Levha Türü (A)	1	0,065	0,065	8,6970	0,0086*
Levha Kalınlığı (B)	2	0,089	0,044	13,6123	0,0000*
Etkileşim (AB)	2	0,063	0,031	9,6271	0,0004*
Hata	36	0,118	0,003		
Toplam	59	0,470			

\*: Fark, 0,05' e göre anlamlı Ns: Önemsiz

Tablo 5'e göre; levha türü ve kalınlığı ile ikili etkileşimleri istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ( $P \leq 0,05$ ). Farklılığın hangi şartlarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 6'de verilmiştir.

Levha türü bakımından hava kurusu yoğunluk değeri en yüksek 0,57 gr/cm<sup>3</sup> ile çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli örneklerde tespit edilmiştir. Levha kalınlığı bakımından hava kurusu yoğunluk değeri en yüksek 0,59 gr/cm<sup>3</sup> ile 50 mm kalınlıktaki örneklerde saptanmıştır. İkili etkileşimde hava kurusu yoğunluk değeri en yüksek 0,62 gr/cm<sup>3</sup> ile çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli 50 mm kalınlıktaki örneklerde belirlenmiştir (Tablo 6).

Yapılan varyans analizi sonucunda; çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli levhalardan hazırlanan deney numunelerinin, levha türü, levha kalınlığı ve etkileşimleri ile rutubet miktarları arasında önemli (0,05) farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 7).

Tablo 7'ye göre; levha türü, levha kalınlığı ve ikili etkileşimleri istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ( $P \leq 0,05$ ), Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 8'de verilmiştir.

**Tablo 6.** Hava kurusu yoğunluk değerleri Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları

Faktör		Xort	HG
Levha Türü	Çam Kozalağı	0,51	B
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli	0,57	A
LSD:± 0,02830			
Levha Kalınlığı	30 mm	0,50	B
	40 mm	0,53	B
	50 mm	0,59	A
LSD:± 0,3466			
Levha Türü + Levha Kalınlığı	Çam Kozalağı + 30 mm	0,51	C
	Çam Kozalağı + 40 mm	0,45	D
	Çam Kozalağı + 50 mm	0,56	B
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli + 30 mm	0,50	CD
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli + 40 mm	0,60	AB
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli + 50 mm	0,62	A
LSD:± 0,04901			

**Tablo 7.** Rutubet miktarı değerlerine ilişkin varyans analizi

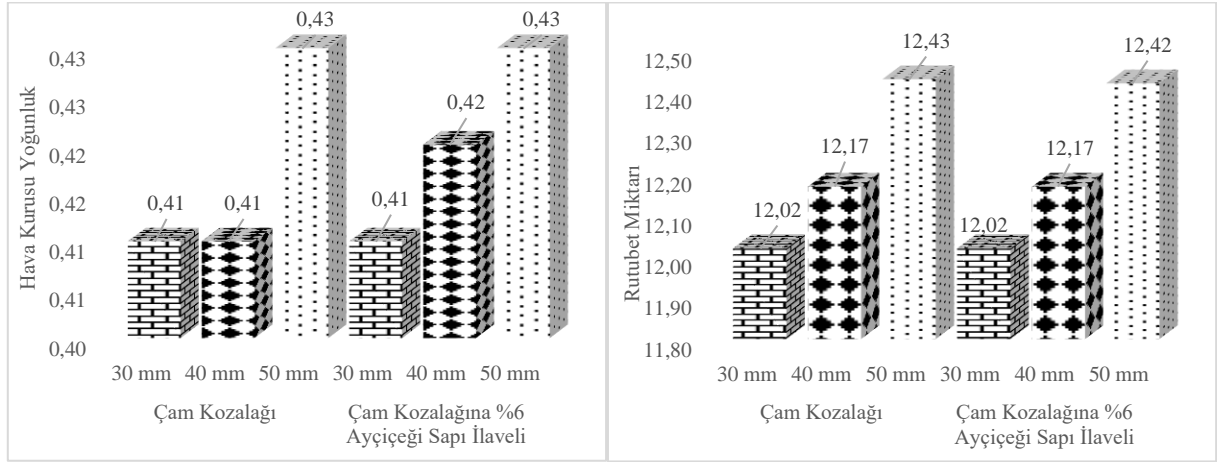
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	Pr>F
Levha Türü (A)	1	2,368	2,368	11,2690	0,0035*
Levha Kalınlığı (B)	2	10,166	5,083	31,0238	0,0000*
Etkileşim (AB)	2	2,816	1,408	8,5939	0,0009*
Hata	36	5,898	0,164		
Toplam	59	25,032			

\*: Fark, 0,05' e göre anlamlı Ns: Önemsiz

**Tablo 8.** Rutubet miktarı değerleri Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları

Faktör		Xort	HG
Levha Türü	Çam Kozalağı	12,83	B
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli	13,22	A
LSD:± 0,2092			
Levha Kalınlığı	30 mm	13,26	A
	40 mm	12,45	B
	50 mm	13,37	A
LSD:± 0,2563			
Levha Türü + Levha Kalınlığı	Çam Kozalağı + 30 mm	12,81	C
	Çam Kozalağı + 40 mm	12,22	D
	Çam Kozalağı + 50 mm	13,45	AB
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli + 30 mm	13,71	A
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli + 40 mm	12,67	C
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli + 50 mm	13,29	B
LSD:± 0,3624			

Levha türü bakımından rutubet miktarı değeri en yüksek %13,83 ile çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli örneklerde tespit edilmiştir. Levha kalınlığı bakımından rutubet miktarı değeri en yüksek %13,37 ile 50 mm kalınlıktaki örneklerde saptanmıştır. İkili etkileşimde rutubet miktarı değeri en yüksek %13,71 ile çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli 30 mm kalınlıktaki örneklerde belirlenmiştir (Tablo 8). Çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli levhaların hava kurusu (%12) yoğunluk ve rutubet miktarı ortalama değerleri Şekil 3' de verilmiştir.



Şekil 3. Hava kuruğu (%12) yoğunluk ve rutubet miktarı ortalama değeri

Yapılan varyans analizi sonucunda; çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli levhalardan hazırlanan deney numunelerinin, levha türü, kalınlığı ve ikili etkileşimleri ile ısı iletkenlik katsayısı arasında önemli (0,05) farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Isı iletkenlik katsayısı değerlerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	Pr>F
Levha Türü (A)	1	3089,986	3089,986	9,3815	0,0067*
Levha Kalınlığı (B)	2	28922,703	14461,351	26,1126	0,0000*
Etkileşim (AB)	2	17476,001	8738,000	15,7781	0,0000*
Hata	36	19937,053	553,807		
Toplam	59	75354,426			

\*: Fark, 0,05' e göre anlamlı Ns: Önemsiz

Tablo 9'ya göre; levha türü, levha kalınlığı ve ikili etkileşimleri istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ( $P \leq 0,05$ ), Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Isı iletkenlik katsayısı değerleri Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları

Faktör		X <sub>ort</sub>	HG
Levha Türü	Çam Kozalağı	105,6	B
	Çam Kozalağına Ayçiçeği Sapı İlaveli	119,9	A
LSD:± 12,16			
Levha Kalınlığı	30 mm	83,97	C
	40 mm	117,1	B
	50 mm	137,2	A
LSD:± 14,89			
Levha Türü + Levha Kalınlığı	Çam Kozalağı + 30 mm	83,27	B
	Çam Kozalağı + 40 mm	86,57	B
	Çam Kozalağı + 50 mm	146,9	A
	Çam Kozalağına Ayçiçeği Sapı İlaveli + 30 mm	84,67	B
	Çam Kozalağına Ayçiçeği Sapı İlaveli + 40 mm	147,7	A
	Çam Kozalağına Ayçiçeği Sapı İlaveli + 50 mm	127,5	A
LSD:± 21,06			

Levha türü bakımından ısı iletkenlik katsayısı değeri en yüksek 119,9 W/mK ile çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli örneklerde tespit edilmiştir. Levha kalınlığı bakımından ısı iletkenlik katsayısı değeri en yüksek 137,2 W/mK ile 50 mm kalınlıktaki örneklerde saptanmıştır. İkili etkileşimde ısı iletkenlik katsayısı değeri en yüksek 147,7 W/mK ile çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli 40 mm kalınlıktaki örneklerde belirlenmiştir (Tablo 10).

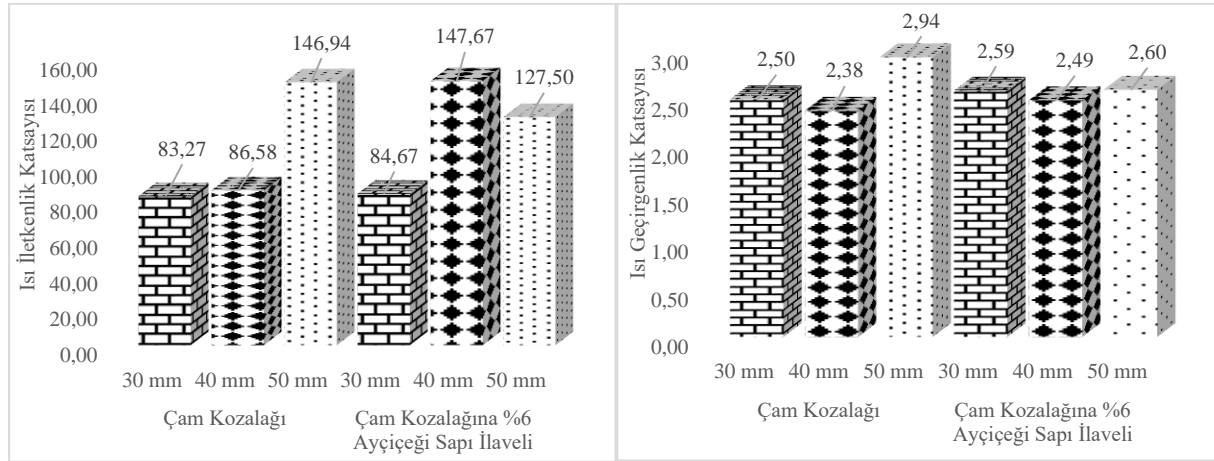
Yapılan varyans analizi sonucunda; çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli levhalardan hazırlanan deney numunelerinin, levha türü, levha kalınlığı ve etkileşimleri ile ısı geçirgenlik katsayısı değerleri arasında önemsiz (0,05) farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 11).

**Tablo 11.** Isı geçirgenlik katsayısı değerlerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	Pr>F
Levha Türü (A)	1	0,038	0,038	0,9958	-----
Levha Kalınlığı (B)	2	1,111	0,555	2,3120	0,1136ns
Etkileşim (AB)	2	0,683	0,341	1,4209	0,2547ns
Hata	36	8,647	0,240		
Toplam	59	11,165			

\*: Fark, 0,05' e göre anlamlı ns: Önemsiz

Tablo 11'a göre; levha türü, levha kalınlığı ve ikili etkileşimleri istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır ( $P \leq 0,05$ ). Çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli levhaların ısı iletkenlik katsayısı ve ısı geçirgenlik katsayısı ortalama değerleri Şekil 4' te verilmiştir.



**Şekil 4.** Isı iletkenlik katsayısı ve ısı geçirgenlik katsayısı ortalama değerleri

Çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli levhaların mekanik özelliklere ilgili görseller Şekil 5'de ve ortalama değerler Tablo 12'de verilmiştir.

Eğilme direnci ortalama değerleri en yüksek, 162,21 N/mm<sup>2</sup> ile çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli 40 mm kalınlığındaki örneklerde, en düşük ise çam kozalağı 40 mm kalınlığındaki örneklerde 55,20 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Elastikiyet modülü ortalama değerleri en yüksek çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli 40 mm kalınlığındaki örneklerde 292,05 MPa ile en düşük ise çam kozalağı 40 mm kalınlığındaki örneklerde 94,40 MPa ile bulunmuştur. Yüzeye dik çekme direnci çam kozalağı ortalama değerleri en yüksek 81,89 N/mm<sup>2</sup> ile 50 mm kalınlığındaki örneklerde, en düşük ise 17,47 N/mm<sup>2</sup> ile çam kozalağı 30 mm kalınlığındaki örneklerde saptanmıştır. Yüzeye dik vida tutma direnci ortalama değerleri en yüksek çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli 50 mm kalınlığındaki örneklerde 68,89 N/mm<sup>2</sup> ile en düşük ise çam kozalağı 30 mm kalınlığındaki örneklerde 28,41 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Tarımsal atıklar ile odun artıkları çeşitli oranlarda kompozit levha üretimi yaptığı çalışmada eğilme direnci 13,11-18,01 N/mm<sup>2</sup>, elastikiyet modülü 2819-4620,8 N/mm<sup>2</sup>, yüzeye dik çekme direnci 0,55-0,97 N/mm<sup>2</sup> ve yüzeye dik vida tutma direnci 908-1089,4 N/mm<sup>2</sup> değerleri arasında bulunmuştur [32]. Selülozik esaslı hammaddelere alçı katılarak üretimini gerçekleştiren kompozit levhalarda eğilme direnci 0,97-6,98 N/mm<sup>2</sup>, elastikiyet modülü 113-6117 N/mm<sup>2</sup>, yüzeye dik çekme direnci 0,11-0,60 N/mm<sup>2</sup> değerleri



arasında saptanmıştır [33]. Levha üzerine rulo kaplama yapılan çalışmada eğilme direncini  $12,63 \text{ N/mm}^2$ , yüzeye dik çekme direncini  $3,73 \text{ N/mm}^2$  ve yüzeye dik vida tutma direncini  $50,50 \text{ N/mm}^2$  olarak tespit etmiştir [34].



Şekil 5. Mekanik özelliklerin belirlenmesi

Tablo 12. Mekanik özelliklerin ortalama değerleri

Levha Türü	Levha Kalınlığı	x	Sx	v	
Eğilme direnci	Çam Kozalağı	30 mm	117,14	27,05	0,23
		40 mm	55,20	0,39	0,01
		50 mm	100,87	39,53	0,39
	Çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli	30 mm	106,18	40,51	0,38
		40 mm	162,21	51,59	0,32
		50 mm	138,57	22,69	0,16
Elastikiyet modülü	Çam Kozalağı	30 mm	270,53	112,73	0,42
		40 mm	94,40	0,67	0,01
		50 mm	153,27	68,18	0,45
	Çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli	30 mm	95,62	43,32	0,45
		40 mm	292,05	131,71	0,45
		50 mm	248,64	101,03	0,41
Yüzeye dik çekme direnci	Çam Kozalağı	30 mm	17,47	4,58	0,26
		40 mm	26,71	5,23	0,20
		50 mm	81,89	20,42	0,25
	Çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli	30 mm	46,46	16,34	0,35
		40 mm	33,39	24,45	0,73
		50 mm	30,59	7,02	0,23
Yüzeye dik vida tutma direnci	Çam Kozalağı	30 mm	28,41	5,87	0,21
		40 mm	39,20	6,01	0,15
		50 mm	49,34	11,99	0,24
	Çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli	30 mm	38,46	10,56	0,28
		40 mm	63,68	16,12	0,25
		50 mm	68,89	17,64	0,26

Yapılan varyans analizi sonucunda; çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli levhalardan hazırlanan deney numunelerinin, levha türü, kalınlığı ve ikili etkileşimleri ile eğilme direnci arasında önemli (0,05) farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 13).

**Tablo 13.** Eğilme direnci değerlerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	Pr>F
Levha Türü (A)	1	29810.646	29810.646	54.1420	0.0000*
Levha Kalınlığı (B)	2	1300.104	650.052	1.0851	0.3487ns
Etkileşim (AB)	2	35150.289	17575.145	29.3382	0.0000*
Hata	36	21565.928	599.054		
Toplam	59	97737.788			

\*: Fark, 0,05' e göre anlamlı Ns: Önemsiz

Tablo 13'ya göre; levha türü ve ikili etkileşimleri istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ( $P \leq 0,05$ ). Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 14'de verilmiştir.

**Tablo 14.** Eğilme direnci değerleri Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları

	Faktör	Xort	HG
Levha Türü	Çam Kozalağı	91,07	B
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli	135,7	A
LSD:± 12,65			
Levha Türü + Levha Kalınlığı	Çam Kozalağı + 30 mm	117,1	BC
	Çam Kozalağı + 40 mm	55,20	D
	Çam Kozalağı + 50 mm	100,9	C
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli + 30 mm	106,2	C
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli + 40 mm	162,2	A
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli + 50 mm	138,6	B
LSD:± 21,90			

Levha türü bakımından eğilme direnci değeri en yüksek 135,7 N/mm<sup>2</sup> ile çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli örneklerde tespit edilmiştir. İkili etkileşimde eğilme direnci değeri en yüksek 162,2 N/mm<sup>2</sup> ile çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli 40 mm kalınlıktaki örneklerde belirlenmiştir (Tablo 14).

Yapılan varyans analizi sonucunda; çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli levhalardan hazırlanan deney numunelerinin, levha türü, levha kalınlığı ve ikili etkileşimleri ile elastikiyet modülü arasında önemli (0,05) farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 15).

**Tablo 15.** Elastikiyet modülü değerlerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	Pr>F
Levha Türü (A)	1	23250,348	23250,348	5,8317	0,0266*
Levha Kalınlığı (B)	2	3217,603	1608,801	0,3732	-----
Etkileşim (AB)	2	370523,963	185261,982	42,9759	0,0000*
Hata	36	155189,909	4310,831		
Toplam	59	623945,674			

\*: Fark, 0,05' e göre anlamlı Ns: Önemsiz

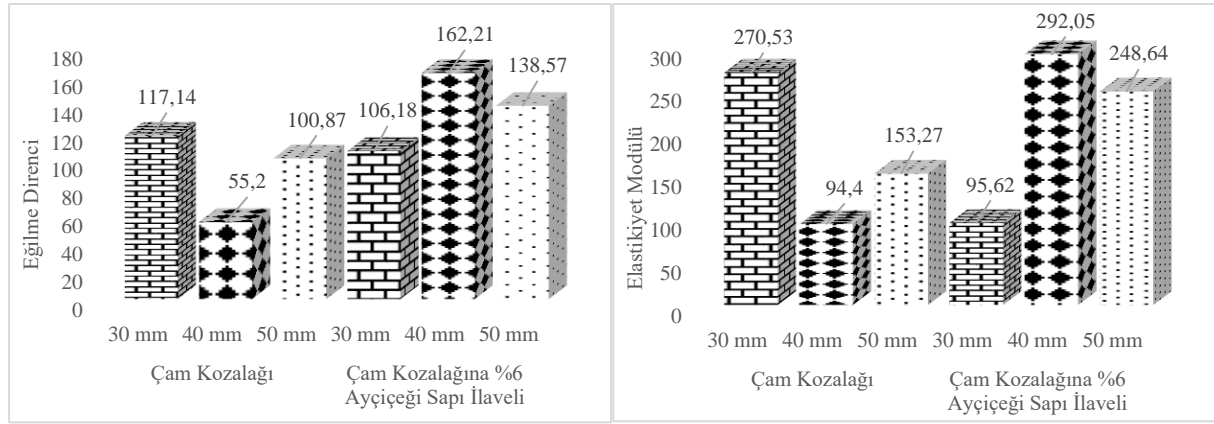
Tablo 15'e göre; levha türü ve ikili etkileşimleri istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ( $P \leq 0,05$ ). Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 16'da verilmiştir.

Levha türü bakımından elastikiyet modülü en yüksek 212,1 MPa ile çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli örneklerde tespit edilmiştir. İkili etkileşimde elastikiyet modülü en yüksek 292,1 MPa ile çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli 40 mm kalınlıktaki örneklerde belirlenmiştir (Tablo 16). Çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli levhaların eğilme direnci ve elastikiyet modülü ortalama değerleri Şekil 6' de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda; çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli levhalardan hazırlanan deney numunelerinin, levha türü, levha kalınlığı ve ikili etkileşimleri ile yüzeye dik çekme direnci arasında önemli (0,05) farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 17).

**Tablo 16.** Elastikiyet modülü değerleri Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları

	Faktör	Xort	HG
Levha Türü	Çam Kozalağı	172,7	B
	Çam Kozalağına Ayçiçeği Sapı İlaveli	212,1	A
LSD:± 33,92			
Levha Türü + Levha Kalınlığı	Çam Kozalağı + 30 mm	270,5	A
	Çam Kozalağı + 40 mm	94,40	C
	Çam Kozalağı + 50 mm	153,3	B
	Çam Kozalağına Ayçiçeği Sapı İlaveli + 30 mm	95,62	BC
	Çam Kozalağına Ayçiçeği Sapı İlaveli + 40 mm	292,1	A
	Çam Kozalağına Ayçiçeği Sapı İlaveli + 50 mm	248,6	A
LSD:± 58,75			

**Şekil 6.** Eğilme direnci ve elastikiyet modülü ortalama değerleri**Tablo 17.** Yüze dik çekme direnci değerlerine ilişkin varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	Pr>F
Levha Türü (A)	1	407,109	407,109	3,6940	0,0706
Levha Kalınlığı (B)	2	8527,106	4263,553	29,8727	0,0000*
Etkileşim (AB)	2	17173,676	8586,838	60,1639	0,0000*
Hata	36	5138,066	142,724		
Toplam	59	33229,697			

\*: Fark, 0,05' e göre anlamlı

Tablo 17'ye göre; levha kalınlığı ve ikili etkileşimleri istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ( $P \leq 0,05$ ). Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 18'de verilmiştir.

Levha kalınlığı bakımından yüze dik çekme direnci en yüksek 56,24 N/mm<sup>2</sup> ile 50 mm kalınlıktaki örneklerde saptanmıştır. İkili etkileşimde yüze dik çekme direnci en yüksek 81,89 N/mm<sup>2</sup> ile çam kozalağı 50 mm kalınlıktaki örneklerde belirlenmiştir (Tablo 18).

Yapılan varyans analizi sonucunda; çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli levhalardan hazırlanan deney numunelerinin, levha türü, levha kalınlığı ve ikili etkileşimleri ile yüze dik vida tutma direnci arasında önemli (0,05) farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 19).

Tablo 19'e göre; levha türü, levha kalınlığı ve ikili etkileşimleri istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ( $P \leq 0,05$ ). Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 20'ye verilmiştir.

**Tablo 18.** Yüzeyle dik çekme direnci değerleri Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları

	Faktör	Xort	HG
Levha Kalınlığı	30 mm	31,96	B
	40 mm	30,05	B
	50 mm	56,24	A
LSD:± 7,560			
Levha Türü + Levha Kalınlığı	Çam Kozalağı + 30 mm	17,47	D
	Çam Kozalağı + 40 mm	26,71	CD
	Çam Kozalağı + 50 mm	81,89	A
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli + 30 mm	46,45	B
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli + 40 mm	33,39	C
	Çam Kozalağına %6 Ayçiçeği Sapı İlaveli + 50 mm	30,59	C
LSD:± 10,69			

**Tablo 19.** Yüzeyle dik vida tutma direnci değerlerine ilişkin varyans analizi

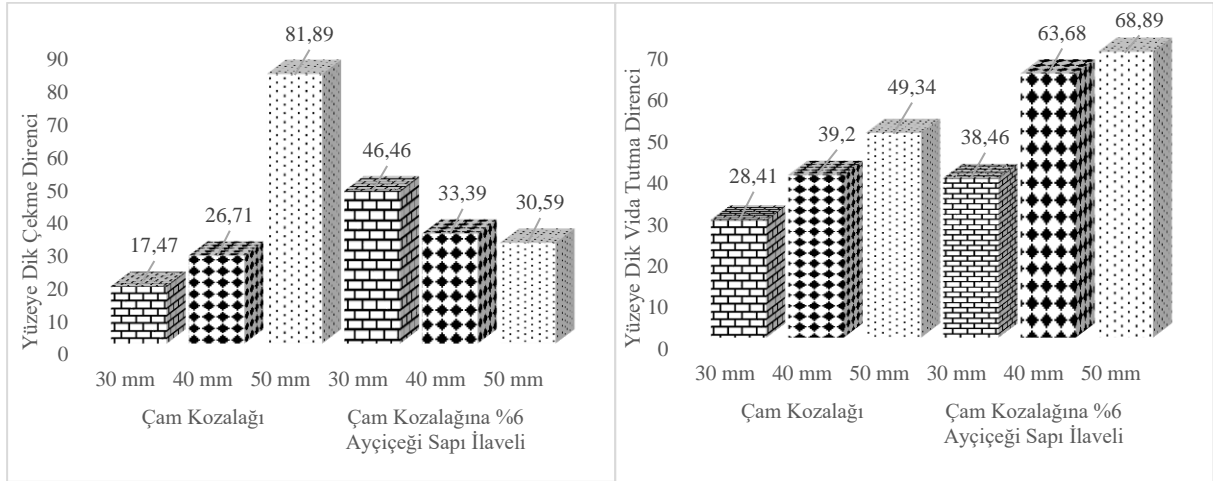
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	Pr>F
Levha Türü (A)	1	4873,509	4873,509	37,9899	0,0000*
Levha Kalınlığı (B)	2	6950,029	3475,015	47,3131	0,0000*
Etkileşim (AB)	2	538,555	269,278	3,6663	0,0355*
Hata	36	2644,096	73,447		
Toplam	59	17315,308			

\*: Fark, 0,05' e göre anlamlı Ns: Önemsiz

**Tablo 20.** Yüzeyle dik vida tutma direnci değerleri Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları

	Faktör	Xort	HG
Levha Türü	Çam Kozalağı	38,98	B
	Çam Kozalağına Ayçiçeği Sapı İlaveli	57,01	A
LSD:± 4,428			
Levha Kalınlığı	30 mm	33,44	C
	40 mm	51,44	B
	50 mm	59,11	A
LSD:± 5,423			
Levha Türü + Levha Kalınlığı	Çam Kozalağı + 30 mm	28,41	D
	Çam Kozalağı + 40 mm	39,20	C
	Çam Kozalağı + 50 mm	49,34	B
	Çam Kozalağına Ayçiçeği Sapı İlaveli + 30 mm	38,46	C
	Çam Kozalağına Ayçiçeği Sapı İlaveli + 40 mm	63,68	A
	Çam Kozalağına Ayçiçeği Sapı İlaveli + 50 mm	68,89	A
LSD:± 7,669			

Levha türü bakımından yüzeyle dik vida tutma direnci en yüksek 119,9 N/mm<sup>2</sup> ile çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli örneklerde tespit edilmiştir. Levha kalınlığı bakımından yüzeyle dik vida tutma direnci en yüksek 137,2 N/mm<sup>2</sup> ile 50 mm kalınlıktaki örneklerde saptanmıştır. Levha türü + levha kalınlığı bakımından yüzeyle dik vida tutma direnci en yüksek 147,7 N/mm<sup>2</sup> ile çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli 40 mm kalınlıktaki örneklerde belirlenmiştir (Tablo 20). Çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçeği sapı ilaveli levhaların yüzeyle dik çekme direnci ve yüzeyle dik vida tutma direnci ortalama değerleri Şekil 7' de verilmiştir.



Şekil 7. Yüze dik çekme direnci ve yüze dik vida tutma direnci ortalama değeri

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Çam kozalağı ve çam kozalağına %6 ayçiçek sapı ilaveli levhalarda kalınlık miktarı artıka levhaların mekanik özelliklerinin gözlemlenmiştir. Tohumları alınmış çam kozalakları genellikle yakacak malzemesi olarak değerlendirilmektedir. Hasadı yapılan ayçiçeklerin saplarının sonraki hasat için tarladan kökleriyle sökülmesi aynı zamanda maliyetli bir süreçtir. Atık olarak adlandırılabilen bu ürünlerin izolasyon levhası üretimiyle ekonomiye katkı sağlanması amaçlanmıştır. Ayçiçeği saplarının mekanik özelliklerini iyileştirmeler yaptığı gözlenmektedir. Çam kozalağı ve ayçiçeği sapının birlikte muhtelif oranlarda katılmak sureti ile hammadde olarak kullanılabilceğini göstermiştir. Çam kozalağı ve ayçiçeği sapının izolasyon levhası endüstrisi için bir alternatif olarak değerlendirilmesi önerilebilir. Çam kozalağı ve ayçiçeği sapından üretilen levhaların ahşap kökenli levhalardan mekanik özelliklerinin düşük olması ve piyasa yaygın kullanılan izolasyon levhalarına görsel özellikte olmamasından dolayı bu levhaların çatı altlarında, iç mekânlarda duvar ve taban ara bölümlerinde, prefabrik evlerde vb. yapılarda ses ve ısı izolasyonunda izolasyon levhası şeklinde kullanımı tavsiye edilebilir.

#### Teşekkür

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK danışmanlığında Mehmet YAŞAR tarafından hazırlanmış doktora tezinden üretilmiştir. MY, deney tasarımının yapılması, hammadde temini, levhaların basılması, verilerin elde edilmesi, verilerin analiz edilmesi ile sonuçların yorumlanması ve makalenin yazılması. MA, çalışma konusunun belirlenmesi, fikir sahibi, kontrol ve tez danışmanı.

#### Kaynaklar

- [1] Perez-Lombard L, Ortiz J, Pout C, A review on buildings energy consumption information. Energy Building. 2008, 40, 394–398
- [2] Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council. Indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by energy-related products. Off. J. Eur. Union 2010, 153, 1–2.
- [3] International Energy Agency, Key World Energy Statistics; International Energy Agency: Strasbourg, France, 2006.
- [4] Gaspar F, Bakatovich, A, Davydenko N, Joshi A, Building insulation materials based on agricultural wastes. In Bio-Based Materials and Biotechnologies for Eco-Efficient Construction; Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering; Woodhead Publishing: Duxford, UK.,2020, pp. 149–170.
- [5] Islam S, Bhat G, Environmentally-friendly thermal and acoustic insulation materials from recycled textiles. J. Environ. Manag.,2019, 251, 109536.
- [6] Ricciardi P, Belloni E, Cotana F, Innovative panels with recycled materials: Thermal and acoustic performance and life cycle assessment. Appl. Energy, 2014, 134, 150–162.

- [7] Erkmen J, Yavuz, HI, Kavci E, Sari M, A new environmentally friendly insulating material designed from natural materials. *Constr. Build. Mater.*, 2020, 255, 119357.
- [8] Volf M, Diviš J, Havlík F, Thermal, moisture and biological behaviour of natural insulating materials. *Energy Procedia*, 2015, 78, 1599–1604.
- [9] Cornaro C, Zanella V, Robazza P, Belloni E, Buratti C, An innovative straw bale wall package for sustainable buildings: Experimental characterization, energy and environmental performance assessment. *Energy Build.*, 2020, 208, 109636. Directive, C. (2010).
- [10] Mamo S, Skaar C, Gradeci K, Labonnote N, Assessment of greenhouse gas emissions of ventilated timber wall constructions based on parametric LCA. *J. Clean. Prod.*, 2018, 197, 34–46.
- [11] Yepes V, Martí V, Pons JJ, Penad V, Life cycle assessment of earth-retaining walls: An environmental comparison. *J. Clean. Prod.*, 2018, 192, 411–420.
- [12] Ricciardi P, Torchia F, Belloni E, Lascaro E, Buratti C, Environmental characterisation of coffee chaff, a new recycled material for building applications. *Constr. Build. Mater.*, 2017, 147, 185–193.
- [13] Bakatovich A, Davydenko N, Gaspar F, Thermal insulating plates produced on the basis of vegetable agricultural waste. *Energy Build.*, 2018, 180, 72–82.
- [14] Lu J, Zhou Y, He P, Wang S, Shen P, Poon, CS, Sustainable reuse of waste glass and incinerated sewage sludge ash in insulating building products: Functional and durability assessment. *J. Clean. Prod.*, 2019, 236, 117635.
- [15] El-Naggar KAM, Amin SK, El-Sherbiny SA, Abadir MF, Preparation of geopolymer insulating bricks from waste raw materials. *Constr. Build. Mater.*, 2019, 222, 699–705.
- [16] Perçin O, Cam elyaf file ile güçlendirilen tabakalı kaplama kerestenin (TKK) bazı mekanik özellikleri üzerine bir araştırma, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 2022, 5 (1), 17-28.
- [17] Bal BC, Lineer düşük yoğunluklu polietilen (LDYPE) ve odun unu ile üretilen kompozit malzemenin bazı mekanik özellikleri üzerine bir araştırma, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 2022, 5 (1), 40-49.
- [18] Türkiye Orman Varlığı 2020, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, 2021, ISBN 978-605-7599-68-1.
- [19] Ayçiçeği Tarım Ürünleri Piyasaları Raporu 2022, Hazırlayan / Prepared By: P. BOZER, F. Tuğba ÇÖTELİ, Nihal GÜLAÇ, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü / TEPGE, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>, 2022.
- [20] Micales JA, Han JS, Davis JL, Young RA, Chemical composition and fungitoxic activities of pine cone extractives, *Biodeterioration Research* 4, Edited by G.C. LLEWELLYN et al., Plenum Pres, 1994, 317-332.
- [21] Kaymakçı A, Ayrılmış N, Güleç T, (2013), Sunflower filled PP, *BioResources*, 2013, 8(1), 592-602.
- [22] López F, Eugenio ME, Díaz MJ, Nacimiento, JA, García, MM, and Jiménez L, Soda pulping of sunflower stalks: Influence of process variables on the resulting pulp,” *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2005, 11, 387-394.
- [23] TS EN 323, Ahşap esaslı levhalar, Birim hacim ağırlık tayini, TSE, 1999.
- [24] TS EN 322, Ahşap esaslı levhalar, Rutubet tayini, TSE, 1999.
- [25] TS EN 12667, Yapı malzemeleri ve mamullerinin ısı performansları-Mahfazalı sıcak plaka ve ısı akış sayacı metodlarıyla ısı direnci tayini Yüksek ve orta ısı dirençli mamuller, TSE 2003.
- [26] TS EN 310, Ahşap esaslı levhalar, Eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini, TSE, 1999.
- [27] TS EN 319, Levha yüzeyine dik çekme dayanımı tayini, TSE, 1999.
- [28] TS EN 13446, Ahşap esaslı levhalar bağlayıcıların geri çıkma kapasitesinin tayin, TSE, 2005.
- [29] Efe FT, Ayçiçeği bitkisi (*Helianthus Annuus L.*) saplarının izolasyon levha üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, ss 201, 2011.
- [30] Doğan NN, Doğal ağaç taneni ile modifiye edilmiş bazı ağaç türlerinde ısı geçirgenliğinin incelenmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, ss 85, 2021.
- [31] Şen Hİ, Karton ve ahşap esaslı malzemeler ile üretilen panellerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, ss 74, 2023.
- [32] Uğur C, Endüstriyel lignoselülozik artıklardan çevreye duyarlı kompozit malzeme üretiminin araştırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, ss 147, 2021.
- [33] Demir İ, Bazı selülozik esaslı sekonder lifsel hammaddeler katılarak üretilmiş alçı esaslı kompozitlerin teknolojik özelliklerinin araştırılması, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, ss 113, 2019.
- [34] Altınok M, Kılıç A, Rulo laminatı (Continue press lamimate) ile kaplanmış yonga levhanın bazı mekanik performanslarının belirlenmesi, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 16(3): 559-566, 2003.